

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da
Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região
Marinha e Costeira Adjacente**

RELATÓRIO ANUAL:

Anexo 5 – Manguezal

RT-21 RRDM/NOV19

Coordenação Geral

Adalto Bianchini

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius de Castro

Jorge Abdala Dergam dos Santos

Vitória,

Novembro de 2019

COORDENAÇÕES

Anexo 1

Adalto Bianchini (FURG)

Anexo 3

Edmilson Costa Teixeira (UFES)

Fabian Sá (UFES)

Jorge Dergam (UFV)

Subprojetos

Alessandra Delazari Barroso (FAESA)

Alex Cardoso Bastos (UFES)

Ana Cristina Teixeira Bonecker (UFRJ)

Anderson Geyson Alves de Araújo (UFES)

Björn Gücker (UFSJ)

Camilo Dias Júnior (UFES)

Daniel Rigo (UFES)

Eneida Maria Eskinazi Sant'Anna (UFOP)

Gilberto Amado Filho (IPJB) *in memoriam*

Gilberto Fonseca Barroso (UFES)

Iola Gonçalves Boechat (UFSJ)

Leila Lourdes Longo (UFRB)

Leonardo Tavares Salgado (IPJB)

Luís Fernando Loureiro (UFES)

Marco Aurélio Caiado (UFES)

Renato David Ghisolfi (UFES)

Renato Rodrigues Neto (UFES)

Rodrigo Leão de Moura (UFRJ)

Valéria da Silva Quaresma (UFES)

Valéria de Oliveira Fernandes (UFES)

Vanya Marcia Duarte Pasa (UFMG)

Anexo 4

Jacqueline Albino (UFES)

Subprojetos

Karla Costa (UFES)

Maria Tereza Carneiro (UFES)

Anexo 5

Diolina Moura Silva (UFES)

Mônica Tognella (UFES)

Anexo 6

Agnaldo Silva Martins (UFES)

Subprojetos

Ana Paula Cazerta Farro (UFES)

Leandro Bugoni (FURG)

Sarah Vargas (UFES)

Anexo 7

Maurício Hostim (UFES)

Jorge Dergam (UFV)

Subprojetos

Carlos W. Hackradt (UFSB)

Fabiana Felix Hackradt (UFSB)

Jean-Christophe Joyeux (UFES)

Luis Fernando Duboc (UFV)

Anexo 8

Heitor Evangelista (UERJ)

Coordenação Técnica (CTEC)

Alex Cardoso Bastos

Lara Gabriela Magioni Santos

Laura Silveira Vieira Salles

Tarcila Franco Menandro

Coordenação Escritório de Projetos

Eustáquio Vinicius Ribeiro de Castro

Patrícia Bourguignon Soares

Paulo Roberto Filgueiras

Valdemar Lacerda Junior

Walter Luiz Alda Junior

Coordenação Núcleo de Atuação Integrada em Rede (NAIR)

Edmilson Costa Teixeira

Karla Libardi Gallina

Andressa Christiane Pereira

Anna Paula Lage Ribeiro

Caroline De Marchi Pignaton

Paulo Eduardo Marques

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	57
2	METODOLOGIA.....	61
2.1	DINÂMICA ESTUARINA.....	61
2.2	INUNDAÇÃO FLORESTAS DE MANGUEZAL.....	61
2.3	SEDIMENTOLOGIA	62
2.3.1	Granulometria	62
2.3.2	Matéria orgânica total.....	63
2.3.3	Carbonato de cálcio.....	63
2.3.4	Metais.....	63
2.3.5	Geoestatística Rio Doce	64
2.4	CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE MANGUEZAIS	66
2.5	MAPEAMENTO FLORA E LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS	67
2.6	ANÁLISE FOLIAR DE MACRO E MICRO NUTRIENTES	73
2.6.1	Coleta e processamento de amostras foliares	73
2.7	ATIVIDADE ANTIRRADICALAR	73
2.7.1	Amostragem em campo	73
2.7.2	Análises em laboratório	74
2.8	PIGMENTOS.....	76
2.8.1	Coleta de folhas	76
2.8.2	Extração dos pigmentos	76
2.8.3	Análise estatística.....	78
2.9	ANÁLISES FOTOSSÍNTÉTICAS.....	78
2.9.1	Material vegetal e condições de amostragem	78
2.9.2	Fluorescência da Clorofila a	80
2.9.3	Assimilação de CO₂ e trocas gasosas	80

2.9.4	Dados climáticos e salinidade	80
2.9.5	Análise estatística.....	81
2.10	CULTIVO EX SITU DE PLÂNTULAS DE R. MANGLE	82
2.10.1	Coleta e desinfestação de propágulos.....	82
2.10.2	Desenho experimental e meio de cultivo.....	83
2.10.3	Desenvolvimento das plântulas.....	84
2.10.4	Parâmetros fisiológicos	85
2.10.5	Análises anatômicas.....	86
2.11	FAUNA DECAPODA.....	87
2.11.1	Desenho amostral.....	87
2.11.2	Procedimentos em laboratório	92
2.11.3	Análise estatística.....	93
2.11.4	Mapeamento dos habitats de Ucides cordatus e Cardisoma guanhumi.....	96
3	RESULTADOS	97
3.1	DINÂMICA ESTUARINA.....	97
3.1.1	Estuário do rio São Mateus (Cricaré)	97
3.1.2	Estuário do rio Mariricu (Barra Nova)	108
3.1.3	Estuário do rio Piraquê (Santa Cruz).....	117
3.2	INUNDAÇÃO FLORESTAS DE MANGUEZAL.....	128
3.3	SEDIMENTOLOGIA	144
3.3.1	Granulometria	144
3.3.2	Matéria Orgânica Total	148
3.3.3	Carbonato de Cálcio	150
3.3.4	Metais.....	152
3.3.5	Geoestatística do Rio Doce.....	162
3.4	CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA VEGETAL.....	175
3.4.1	Piraquê–Açu (PA).....	175

3.4.2	Piraquê- Mirim	189
3.4.3	Costa das Algas - RVS.....	201
3.4.4	Barra do Riacho	205
3.4.5	Rio Doce	210
3.4.6	Urussuquara.....	213
3.4.7	Barra Nova.....	218
3.4.8	São Mateus	225
3.4.9	Caravelas	234
3.5	MAPEAMENTO ESTRUTURA	245
3.6	ANÁLISE FOLIAR DE MACRO E MICRONUTRIENTES	255
3.6.1	Concentração foliar de macro e micronutrientes	255
3.6.2	Sequência de absorção de macro e micronutrientes	257
3.6.3	Análise por componentes principais (PCA)	258
3.6.4	Teste de média para locais, espécies e ponto de coleta	267
3.7	ATIVIDADE ANTIRRADICALAR	277
3.8	PIGMENTOS	281
3.8.1	Perfil cromatográfico dos pigmentos fotossintetizantes, teste de médias e índice de área foliar	281
3.8.2	Análise dos Componentes Principais (PCA)	301
3.9	ANÁLISES FOTOSSÍNTÉTICAS.....	306
3.9.1	Piraquê-Açú.....	308
3.9.2	Piraquê-Mirim	318
3.9.3	Costa das Algas	327
3.9.4	Barra do Riacho (BR).....	334
3.9.5	Rio Doce	341
3.9.6	Urussuquara.....	348
3.9.7	Barra Nova.....	360

3.9.8	São Mateus	375
3.9.9	Caravelas	391
3.10	CULTIVO EX SITU DE PLÂNTULAS DE <i>R. MANGLE</i>	409
3.11	FAUNA DECAPODA.....	415
3.11.1	Densidade populacional.....	416
3.11.2	Largura do cefalotórax e distribuição de classes de tamanho.....	432
3.11.3	Razão Sexual.....	458
3.11.4	Fecundidade.....	459
3.11.5	Variáveis ambientais e parâmetros populacionais	466
3.11.6	Análises multivariadas	481
3.11.7	Mapeamento Decápodes	494
3.11.8	Integração dos resultados – <i>Ucides cordatus</i> e <i>Cardisoma guanhumi</i>	496
4	DISCUSSÃO INTEGRADA.....	506
4.1	DINÂMICA ESTUARINA E SENSORES.	506
4.2	SEDIMENTOS.....	509
4.3	FLORA.....	512
4.4	FAUNA	515
4.5	INTEGRAÇÃO ECOSSISTÊMICA	517
5	RESUMO DO ANEXO	520
6	REFERENCIAS	527
7	APÊNCIDE.....	546
7.1	RESUMO DE EVIDÊNCIAS DE CONTAMINAÇÕES POR METAIS.....	546
7.2	CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE PARÂMETROS E METAIS	553
7.3	LIMITES DE COMPARAÇÃO ENTRE METAIS NOS ESTUÁRIOS.	556
7.4	MAPA DE CONCENTRAÇÕES DE METAIS	561
7.5	MARCOS GEODÉSICOS DE TODAS AS ESTAÇÕES	564
7.6	APÊNDICE 3 (OVERLAYS).....	574

7.7	APENDICE – ANÁLISES ANTIRRADICALAR.....	577
7.8	APÊNDICE – FAUNA DECAPODA	591
7.9	MAPAS DINÂMICA ESTUÁRINA	599

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação digital do terreno com a distribuição espacial dos pontos de amostragem. .	65
Figura 2: Descrição da forma dos Marcos geodésicos.....	68
Figura 3: Implantação dos marcos geodésicos com a referência.....	69
Figura 4: Medição dos marcos geodésicos com RTK no interior das parcelas.	70
Figura 5: Levantamento de vértices das parcelas (polígonos)	71
Figura 6: Mapa geral da área de estudo	72
Figura 7: Foz natural do rio Itaúnas, Conceição da Barra (ES).	82
Figura 8: Esquema com a distribuição dos propágulos de <i>R. mangle</i> nos vasos para cultivo e sua disposição na casa de vegetação	83
Figura 9: Aferição dos parâmetros de crescimento de plântulas de <i>R. mangle</i> cultivadas sob diferentes doses de Fe. (A) comprimento do epicótilo e (B) comprimento e largura das folhas.	85
Figura 10: Leitura dos parâmetros fisiológicos de plântulas de <i>R. mangle</i> cultivadas sob diferentes doses de Fe. (A) fluorescência clorofila a com fluorômetro modulado; (B) Fluorescência da clorofila a com auxílio do HANDY PEA; (C) Trocas gasosas com o LCI.	86
Figura 11: Paquímetro de aço da marca Digimess adaptado pela soldagem de prolongamentos em forma de espátula de 10,5 cm de comprimento, 2 cm de largura e 3 a 4 mm de espessura.	88
Figura 12: Paquímetro digital utilizado para medição dos indivíduos capturados.	91
Figura 13: Massa ovígera da fêmea de caranguejo uçá, <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763), presa por filamentos em formato de cacho de uva.....	92
Figura 14: Vazões médias mensais do rio São Mateus – Estação Boca da Vala, localizada em São Mateus/ES (a 75 km da foz). QM (vazão média mensal), QMLT (vazão média de longo termo).....	98
Figura 15: Mapa de localização dos pontos de monitoramento do PMBA, no estuário do rio São Mateus (Cricaré).	98
Figura 16: Fluxos d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.	100
Figura 17: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, na campanha de 23/04/2019 (maré intermediária)	104
Figura 18: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, na campanha de 21/05/2019 (maré intermediária)	105

Figura 19: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, na campanha de 18/06/2019 (maré de sizígia).....	106
Figura 20: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, na campanha de 23/07/2019 (maré de quadratura).....	107
Figura 21: Mapa de localização dos pontos de monitoramento do PMBA, no estuário do rio Mariricu (Barra Nova).....	109
Figura 22: Fluxos d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.	110
Figura 23: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu, na campanha de 24/04/2019 (maré de quadratura).....	113
Figura 24: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu, na campanha de 22/05/2019 (maré intermediária)	114
Figura 25: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu, na campanha de 19/06/2019 (maré de sizígia).....	115
Figura 26: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu, na campanha de 24/07/2019 (maré de quadratura).....	116
Figura 27: Mapa de localização dos pontos de monitoramento do PMBA, no estuário do Piraquê-Açu-Mirim (Santa Cruz)	117
Figura 28: Fluxos d'água medidos no sistema estuarino Piraquê-Açu-Mirim (Santa Cruz) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.....	119
Figura 29: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, na campanha de 25/04/2019 (maré de quadratura).....	124
Figura 30: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, na campanha de 23/05/2019 (maré de quadratura).....	125
Figura 31: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, na campanha de 20/06/2019 (maré intermediária)	126
Figura 32: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, na campanha de 25/07/2019 (maré de quadratura).....	127

Figura 33: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Açú: A) PA1FD; B) PA1BD; C) PA1FE; D) PA1BE; E) PA2FD; F) PA2BD; G) PA2FE; H) PA2BE; I) PA3FD; J) PA3BD; K) PA3FE; e L) PA3BE. Continua.....131

Figura 34: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Açú: A) PA1FD; B) PA1BD; C) PA1FE; D) PA1BE; E) PA2FD; F) PA2BD; G) PA2FE; H) PA2BE; I) PA3FD; J) PA3BD; K) PA3FE; e L) PA3BE. Continua.....132

Figura 35: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Açú: A) PA1FD; B) PA1BD; C) PA1FE; D) PA1BE; E) PA2FD; F) PA2BD; G) PA2FE; H) PA2BE; I) PA3FD; J) PA3BD; K) PA3FE; e L) PA3BE.133

Figura 36: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Mirim: A) PM1FD; B) PM1BD; C) PM1FE; D) PM1BE; E) PM2FD; F) PM2BD; G) PM2FE; H) PM2BE; I) PM3FD; J) PM3BD; K) PM3FE; e L) PM3BE. Continua.134

Figura 37: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Mirim: A) PM1FD; B) PM1BD; C) PM1FE; D) PM1BE; E) PM2FD; F) PM2BD; G) PM2FE; H) PM2BE; I) PM3FD; J) PM3BD; K) PM3FE; e L) PM3BE. Continua.135

Figura 38: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Mirim: A) PM1FD; B) PM1BD; C) PM1FE; D) PM1BE; E) PM2FD; F) PM2BD; G) PM2FE; H) PM2BE; I) PM3FD; J) PM3BD; K) PM3FE; e L) PM3BE.136

Figura 39: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Riacho na localidade de Barra do Riacho: A) BR1FD; B) BR2FD; C) BR3FD.137

Figura 40: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Mariricu na localidade de Barra Nova em São Mateus: A) BN1FE; B) BN2FD; C) BN3FD.139

Figura 41: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio São Mateus: A) SM1FD; B) SM1FE; C) SM2FD; D) SM2FE.140

Figura 42: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Caravelas: A) CR1FD; B) CR1BD; C) CR1FE; D) CR2FD; E) CR2BD; F) CR2FE; G) CR2BE; H) CR3FD; I) CR3BD J) CR3FE; K) CR3BE; L) CR1BE.141

Figura 43: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Caravelas: A) CR1FD; B) CR1BD; C) CR1FE; D) CR2FD; E) CR2BD; F) CR2FE; G) CR2BE; H) CR3FD; I) CR3BD J) CR3FE; K) CR3BE; L) CR1BE.142

Figura 44: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Carevelas: A) CR1FD; B) CR1BD; C) CR1FE; D) CR2FD; E) CR2BD; F) CR2FE; G) CR2BE; H) CR3FD; I) CR3BD J) CR3FE; K) CR3BE; L) CR1BE.143

- Figura 45: Percentual de areia e argila nos estuários estudados. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade.144
- Figura 46: Percentual de cascalho, areia, silte e argila nas áreas de franja e bacia nos diferentes pontos de amostragem em relação à distância da foz dos rios estudados. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Ponto 1, Ponto 2 e Ponto 3 - Distância da foz do estuário ao ponto e coleta. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre os pontos em cada estuário. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre os estuários em cada ponto. Teste de Tukey 5% de probabilidade.145
- Figura 47: Percentual de cascalho, areia, silte e argila nas áreas de franja e bacia nos diferentes estuários amostrados. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....146
- Figura 48: Percentual de areia quanto às margens estudadas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.146
- Figura 49: Percentual de cascalho, areia, silte e argila nos dados direito e esquerdo dos rios estudados. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre os lados em cada estuário Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre os estuários em cada margem. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.....147
- Figura 50: Teor de Matéria orgânica total nas duas épocas de amostragem, primeiro e segundo semestres de 2019. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.....148
- Figura 51: Teor de Matéria orgânica total nos estuários considerando os dois campos nos semestres de 2019. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu.....148
- Figura 52: Teor de Matéria orgânica total entre diferentes pontos de coleta de acordo com a distância da foz dos rios estudados. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Médias seguidas da mesma letra minúscula entre os estuários e seguidas de mesmas letras maiúsculas entre os pontos em cada estuário não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey a 5% de probabilidade.149
- Figura 53: Matéria orgânica total no solo entre diferentes estuários nos bosques franja, bacia e na comparação entre os bosques de cada estuário. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Médias seguidas da mesma letra maiúscula entre os estuários dentro de cada margem não diferem entre si e médias seguidas de mesmas letras minúsculas entre as margens não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.150

Figura 54: Teor de carbonato de cálcio dentro de cada estuário, nas profundidades 0-5 e 5-15 cm, nos pontos de coleta e nas margens. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu; D - Direita; E - Esquerda. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 151

Figura 55: Teor de carbonato de cálcio entre bosques em cada estuário e entre os estuários em cada bosque. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os bosques (franja e bacia) em cada estuário e médias seguidas de mesma letra maiúscula nos estuários, dentro de cada bosque, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 152

Figura 56: Análise de componentes principais (PCA) considerando-se os dados de matéria orgânica, granulometria e carbonato de cálcio nos estuários estudados..... 153

Figura 57: Análise de Cluster (dendogramas) considerando-se os dados de matéria orgânica, granulometria e carbonato de cálcio nos estuários estudados..... 154

Figura 58: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Piraquê-Mirim. 157

Figura 59: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Piraquê-Açu..... 158

Figura 60: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr em mg kg^{-1} por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr em mg kg^{-1} abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Urussuquara..... 159

Figura 61: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr em mg kg^{-1} por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr em mg kg^{-1} abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Barra Nova..... 160

Figura 62: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de São Mateus. 161

Figura 63: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de

Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg ⁻¹ , abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Caravelas.	162
Figura 64: Distribuição espacial do Ferro (Fe) nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm.	165
Figura 65: Distribuição espacial do Manganês (Mn) nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm.	166
Figura 66: Seminariogramas ajustados para os metais ferro e manganês nas profundidades 0-5 e 5-15 cm. Os valores entre parênteses representam o efeito de efeito pepita (Co), o patamar (Co + C) e o alcance (A), respectivamente. Esf.- modelo esférico.	168
Figura 67: Semivariogramas ajustados para as variáveis granulometria areia, silte e argila. Os valores entre parênteses representam o efeito de efeito pepita (Co), o patamar (Co + C) e o alcance (A), respectivamente. Esf. - modelo esférico.	169
Figura 68: Semivariogramas ajustados para as variáveis matéria orgânica total nas profundidades 0-5 e 5-15 cm e carbonato de cálcio. Os valores entre parênteses representam o efeito de efeito pepita (Co), o patamar (Co + C) e o alcance (A), respectivamente. Esf.- modelo esférico. Gau - modelo gaussiano.	170
Figura 69: Distribuição espacial do teor de Areia Total nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm.	171
Figura 70: Distribuição espacial do teor de Silte na profundidade de 0-5 cm.	172
Figura 71: Distribuição espacial do teor de Argila na profundidade de 0-5 cm.	172
Figura 72: Distribuição espacial do teor de CaCO ₃ na profundidade de 0-5 cm.	173
Figura 73: Distribuição espacial do teor de Matéria orgânica total em duas profundidades.	174
Figura 74: Estação PA3aBE, é possível observar a presença de <i>Acrostichum sp.</i> entre as árvores de mangue.	179
Figura 75: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem direita (D).	183
Figura 76: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem direita (D).	184
Figura 77: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem direita (D).	185

Figura 78: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem esquerda (E).....	186
Figura 79: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem esquerda (E).....	187
Figura 80: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem esquerda.	188
Figura 81: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para o Rio Piraquê – Açú.....	189
Figura 82: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 margem direita (D).....	195
Figura 83: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 margem direita (D).....	196
Figura 84: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 margem direita (D).....	197
Figura 85: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem esquerda (E).....	198
Figura 86: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja e bacia do ponto 2 d margem esquerda.	199
Figura 87: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 margem esquerda (E).....	200
Figura 88: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para o Rio Piraquê – Mirim.	201
Figura 89: Estações de franja em Costa das Algas. A) Manguezais lateríticos com dominância de A. schaueriana. B) Manguezais no Rio Guaxindiba com dominância de L. racemosa.	203

Figura 90: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações da Costa das Algas (CA), Aracruz, do tipofisiográfico de franja (F) do ponto 1, 2 e 3.	204
Figura 91: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Costa das Algas.	205
Figura 92: Indivíduo de <i>L. racemosa</i> com as raízes e parte do tronco cobertos por sedimento avermelhado.....	207
Figura 93: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações da Barra do Riacho (BR), Aracruz, do tipo fisiográfico de franja (F) dos pontos 1 e 2 da margem direita (D).	208
Figura 94: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações da Barra do Riacho (BR), Aracruz, do tipo fisiográfico de franja (F) do ponto 3 da margem direita (D).	209
Figura 95: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Barra do Riacho.....	210
Figura 96: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) da espécie <i>Talipariti pernambucense</i> por classes de Dap (cm) para as estações (Pontos 1, 2 e 3) da foz do Rio Doce (RD).	212
Figura 97: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Rio Doce.....	213
Figura 98: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Urussuquara (UR) do tipos fisiográfico de franja (F) do ponto 2 da margem direita (D) e do pon to 1 da margem esquerda (E).	216
Figura 99: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Urussuquara (UR) dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem esquerda (E).	217
Figura 100: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Urussuquara.	218
Figura 101: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Barra Nova (BN), São Mateus, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem direita (D).....	222

Figura 102: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Barra Nova (BN), São Mateus, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem direita (D).....	223
Figura 103: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Barra Nova (BN), São Mateus, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem direita (D).....	224
Figura 104: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Barra Nova.	225
Figura 105: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem direita (D).	229
Figura 106: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem direita (D).	230
Figura 107: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem esquerda (E).	231
Figura 108: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem esquerda (E).	232
Figura 109: : Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem esquerda (E).	233
Figura 110: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para São Mateus.	234
Figura 111: Estações em Caravelas/BA com dominância de R. mangle. A) Franja e B) Bacia.	238
Figura 112: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR) dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem direita (D).	239
Figura 113: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem direita (D).....	240

Figura 114: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem direita (D).....	241
Figura 115: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem esquerda (E).....	242
Figura 116: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem esquerda (E).....	243
Figura 117: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem esquerda (E).....	244
Figura 118: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Caravelas.	245
Figura 119: Mapa das áreas amostradas em Aracruz/Coqueiral.	246
Figura 120: Mapa das áreas amostradas em Regência.....	247
Figura 121: Mapa das áreas amostradas em Urussuquara.	248
Figura 122: Mapa das áreas amostradas em Barra Nova.....	249
Figura 123: Mapa das áreas amostradas em São Mateus.....	250
Figura 124: Mapa das áreas amostradas em Caravelas.....	251
Figura 125: Mapa das áreas amostradas em Barra do Riacho.....	252
Figura 126: Dominância por Estuário.....	253
Figura 127: Análise dos Metais e salinidade nos primeiros 5 cm da camada de sedimento.....	254
Figura 128: Análise dos Metais e salinidade entre 5 a 15 cm da camada de sedimento.	255
Figura 129: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) nas folhas com ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento considerando os diferentes estuários de coletas. Legenda: PA: Piraquê-Açú, PM: Piraquê-Mirim, UR: Urussuquara, BN: Barra Nova, SM: São Mateus e CR: Caravelas.	259
Figura 130: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) nas folhas com ferro no sedimento na superfície (FeS), manganês nos primeiros 5 cm de sedimento (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para <i>Rhizophora mangle</i>	

no manguezal do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.....260

Figura 131: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro no sedimento superficial (FeS), manganês na superfície do sedimento (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra. Legenda: P1/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.....261

Figura 132: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro (FeS) no sedimento, manganês (MnS) no sedimento e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Piraque-Açú, Aracruz. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.....262

Figura 133: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha e entre ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Piraque-Mirim, Aracruz. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.263

Figura 134: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no manguezal de Barra Nova, São Mateus. Legenda: P1/P2: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.264

Figura 135: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Laguncularia racemosa* no manguezal de Barra Nova, São Mateus. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.265

Figura 136: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no ponto 1 (P1) e *Laguncularia racemosa* nos pontos 2 (P2) e 3 (P3) no manguezal de Urussuquara, São Mateus.....266

Figura 137: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha e entre ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Caravelas, Caravelas. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.....267

Figura 138: Comparação entre médias da concentração foliar de ferro (Fe) de *Avicennia schaueriana* (Av); *Laguncularia racemosa* (Lg); *Rhizophora mangle* (Rh) e *Talipariti* (Tp), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....267

Figura 139: Comparação entre médias da concentração foliar de manganês (Mn) de <i>Avicennia schaueriana</i> (Av); <i>Laguncularia racemosa</i> (Lg); <i>Rhizophora mangle</i> (Rh) e <i>Talipariti</i> (Tp), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	268
Figura 140: Comparação entre médias da concentração foliar de sódio (Na) de <i>Avicennia schaueriana</i> (Av); <i>Laguncularia racemosa</i> (Lg); <i>Rhizophora mangle</i> (Rh) e <i>Talipariti</i> (Tp), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	268
Figura 141: Comparação entre médias da concentração foliar de chumbo (Pb) de <i>Avicennia schaueriana</i> (Av); <i>Laguncularia racemosa</i> (Lg); <i>Rhizophora mangle</i> (Rh) e <i>Talipariti</i> (Tp), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	269
Figura 142: Comparação entre médias da concentração foliar de ferro (Fe) de <i>Rhizophora mangle</i> por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	269
Figura 143: Comparação entre médias da concentração foliar de manganês (Mn) de <i>Rhizophora mangle</i> por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	270
Figura 144: Comparação entre médias da concentração foliar de sódio (Na) para <i>Rhizophora mangle</i> por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	270
Figura 145: Comparação entre médias da concentração foliar de chumbo (Pb) para <i>Rhizophora mangle</i> por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	271
Figura 146: Comparação entre médias da concentração foliar de alumínio (Al) para <i>Rhizophora mangle</i> por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	271
Figura 147: Comparação entre médias da concentração foliar de ferro (Fe) para <i>Rhizophora mangle</i> , por ponto de coleta (1, 2 e 3) considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	272
Figura 148: Comparação entre médias da concentração foliar de manganês (Mn) para <i>Rhizophora mangle</i> , por ponto de coleta (1, 2 e 3) considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	272
Figura 149: Comparação entre médias da concentração foliar de sódio (Na) para <i>Rhizophora mangle</i> , por ponto de coleta (1, 2 e 3) considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	273
Figura 150: Comparação entre médias da concentração foliar de chumbo (Pb) para <i>Rhizophora mangle</i> , por ponto de coleta considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	273

Figura 151- Comparação entre a concentração média de ferro foliar (Fe) em <i>Rhizophora mangle</i> para as estações amostrais no estuário do rio São Mateus pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	274
Figura 152: Comparação entre a concentração média de ferro foliar (Fe) em <i>Rhizophora mangle</i> para as estações amostrais no estuário do rio Piraquê-Açu, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	274
Figura 153: Comparação entre a concentração média de manganês foliar (Mn) em <i>Laguncularia racemosa</i> nas estações amostrais no estuário do rio São Mateus, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	275
Figura 154: Comparação entre a concentração média de chumbo foliar (Pb) das espécies <i>Talipariti pernambucense</i> (Tp), <i>Rhizophora mangle</i> (Rh), <i>Laguncularia racemosa</i> (Lg) e <i>Avicennia schaueriana</i> (Av) considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	276
Figura 155: Comparação entre a concentração média de chumbo foliar (Pb) por estuário de coleta das amostras, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	276
Figura 156: Distribuição estatística (Boxplot) das análises de DPPH para as amostras coletadas das diferentes espécies nos estuários monitorados.	278
Figura 157: Intervalo de confiança para as amostras onde foram analisados o DPPH e considerando a média das amostras.	279
Figura 158: Resultados obtidos para os radicais superóxido, peróxido e hidroxil nas amostras de <i>Avicennia schaueriana</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Rhizophora mangle</i> e <i>Talipariti pernambucense</i> nos estuários monitorados do PMBA.	281
Figura 159: Perfil cromatográfico obtido pela técnica de HPLC (detecção 440 nm) de extrato de <i>Rhizophora mangle</i> nas estações amostrais P3FE (A) e P2FE (B) no estuário do rio Piraquê Açu. Os pigmentos identificados foram clorofila <i>a</i> (Chla) e clorofila <i>b</i> (Chlb).	282
Figura 160: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila <i>a</i> – Chla (A), clorofila <i>b</i> – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> – Chla/ <i>b</i> (D) e índice de área foliar – IAF (E) de <i>Rhizophora mangle</i> nas estações amostrais no estuário do rio Piraquê Açu, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.	283
Figura 161: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de <i>Rhizophora mangle</i> nas estações amostrais P1FD (A) e P1FE (B) no estuário do rio Piraquê Mirim. Os pigmentos identificados foram clorofila <i>a</i> (Chla) e clorofila <i>b</i> (Chlb).	284
Figura 162: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila <i>a</i> – Chla (A), clorofila <i>b</i> – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> – Chl <i>a</i> / <i>b</i> e índice de área foliar – IAF	

- (E) de *Rhizophora mangle* nas estações amostrais no estuário do rio Piraquê Mirim, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.285
- Figura 163: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Avicennia schaueriana* no P1 - Praia (A) e *Rhizophora mangle* no P2- Sahy (B) em Costa das Algas. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chla) e clorofila *b* (Chlb).286
- Figura 164: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla, clorofila *b* – Chlb (A) e carotenoide – Carot (B) e razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chl *a/b* (C) de *Avicennia schaueriana* (P1 - Praia) e *Rhizophora mangle* (P2 - Sahy) em Costa das Algas, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....287
- Figura 165: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Talipariti* nos pontos P3E (A) e P1E (B) no Rio Doce. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chla) e clorofila *b* (Chlb).288
- Figura 166: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla, clorofila *b* – Chlb (A) e carotenoide – Carot (B) e razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chla/*b* (C) de *Talipariti* no Rio Doce, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....289
- Figura 167: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* no P1FD (A) P3FD (B) no estuário Barra do Riacho. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chla) e clorofila *b* (Chlb).290
- Figura 168: Comparação entre pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chla/*b* (D) e índice de área foliar – IAF (E) de *Rhizophora mangle* no estuário Barra do Riacho, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. 291
- Figura 169: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* (A) e *Laguncularia racemosa* (B) em Urussuquara. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chla) e clorofila *b* (Chlb).292
- Figura 170: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C) e razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chla/*b* (D) de *Rhizophora mangle* (estação P1FE) e *Laguncularia racemosa* (estações P2FD, P3FE e P3BE) em Urussuquara, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.293
- Figura 171: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* (A) e *Laguncularia racemosa* (B) em Barra Nova. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chla) e clorofila *b* (Chlb).294
- Figura 172: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chl *a/b* (D) e índice de área foliar – IAF (G) de *Rhizophora mangle* (estações P1FE e P2FD) e *Laguncularia racemosa* (estações P1BE, P2BD, P3FE e P3BE) em Barra Nova, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.295

Figura 173: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de <i>Rhizophora mangle</i> (A) e <i>Laguncularia racemosa</i> (B) no estuário do rio São Mateus. Os pigmentos identificados foram clorofila <i>a</i> (Chla) e clorofila <i>b</i> (Chlb).	296
Figura 174: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila <i>a</i> – Chla (A), clorofila <i>b</i> – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> – Chl <i>a/b</i> (D) e índice de área foliar – IAF (G) de <i>Rhizophora mangle</i> e <i>Laguncularia racemosa</i> (P1BD e P3FD) no estuário do rio São Mateus, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....	297
Figura 175: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de <i>Rhizophora mangle</i> (A), <i>Laguncularia racemosa</i> (B) e <i>Avicennia schaueriana</i> (C) no estuário do rio Caravelas. Os pigmentos identificados foram clorofila <i>a</i> (Chla) e clorofila <i>b</i> (Chlb).	299
Figura 176: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila <i>a</i> – Chla (A), clorofila <i>b</i> – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> – Chl <i>a/b</i> (D) e índice de área foliar – IAF (G) de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> (estações P2BD e P3BE) e <i>Avicennia schaueriana</i> (estação P3FD) no estuário do rio Caravelas, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....	300
Figura 177: Análise de PCA de <i>Rhizophora mangle</i> no estuário do rio Piraquê Açú com integração de clorofila <i>a</i> (Chla), clorofila <i>b</i> (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf)	301
Figura 178: Análise de PCA de <i>Rhizophora mangle</i> e <i>Laguncularia racemosa</i> no estuário do rio Piraquê Mirim, com integração de clorofila <i>a</i> (Chla), clorofila <i>b</i> (Chlb), carotenoides (Carot), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).	302
Figura 179: Análise de PCA de <i>Avicennia schaueriana</i> (P1) e <i>Rhizophora mangle</i> (P2) em Costa das Algas, com integração de clorofila <i>a</i> (Chla), clorofila <i>b</i> (Chlb), carotenoides (Carot), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf)	302
Figura 180: Análise de PCA de <i>Talipariti</i> no Rio Doce, com integração de clorofila <i>a</i> (Chla), clorofila <i>b</i> (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).....	303
Figura 181 Análise de PCA de <i>Rhizophora mangle</i> no estuário Barra do Riacho, com integração de clorofila <i>a</i> (Chla), clorofila <i>b</i> (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf)	304
Figura 182: Análise de PCA de <i>Rhizophora mangle</i> (P1) e <i>Laguncularia racemosa</i> (P2) em Urussuquara, com integração de clorofila <i>a</i> (Chla), clorofila <i>b</i> (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).	304

- Figura 183: Análise de PCA de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*(P1 e P2) e *Laguncularia racemosa* (P3) em Barra Nova, com integração de clorofila *a* (Chla), clorofila *b* (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila *a*/clorofila *b* (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).....305
- Figura 184: Análise de PCA de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* no estuário São Mateus, com integração de clorofila *a* (Chla), clorofila *b* (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila *a*/clorofila *b* (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).305
- Figura 185: Análise de PCA de *Rhizophora mangle* (P1), *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*(P2) e *Avicennia schaueriana*, *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* (P3) no estuário do rio Caravelas, com integração de clorofila *a* (Chla), clorofila *b* (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila *a*/clorofila *b* (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).....306
- Figura 186: Dados de temperatura média (°C) e precipitação (mm) entre os meses de agosto de 2018 e agosto de 2019 para os municípios de Vitória (20°31'56,0" S – 40°31'72,0" W), Linhares (19°35'67,0" S – 40°06'86,0" W) e São Mateus (18°67'60,0" S – 39°86'40,0" W) no Espírito Santo e em Caravelas, Bahia (17°73'94,13" S – 39°25'86,17" W).308
- Figura 187: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê-Açú, Aracruz.. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.....311
- Figura 188: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê-Açú, Aracruz. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).....313
- Figura 189: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê-Açú, Aracruz.. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.315
- Figura 190: Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda:

PA1/PA2/PA3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do rio Piraquê-Açú, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , g_s - condutância estomática, C_i - concentração intercelular de CO_2 , Mnf/Fef/Alf/Cuf – manganês, ferro, alumínio e cobre foliar, Mn/Fe/Cr/Cu/Al – manganês, ferro, cromo, cobre e alumínio do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH - 2,2-difenil-1- picrilhidrazila (atividade antirradicalar).317

Figura 191: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê-Mirim, Aracruz.. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.....321

Figura 192: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê- Mirim, Aracruz. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/ g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).....323

Figura 193: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê- Mirim, Aracruz.. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.325

Figura 194 Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: PM1/PM2/PM3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do rio Piraquê-Mirim, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , g_s - condutância estomática, C_i - concentração intercelular de CO_2 , Mnf/Fef – manganês e ferro foliar, Mn/Fe/Al – manganês, ferro e alumínio do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH - 2,2-difenil-1- picrilhidrazila (atividade antirradicalar).....327

Figura 195: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no

período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (3, 4, 5 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. Letras indicam diferença entre os campos.....329

Figura 196: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (1 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). Letras indicam diferença entre os campos.330

Figura 197: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (2, 4, 5 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas. Letras indicam diferença entre os campos.....331

Figura 198: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (3, 4, 5 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. Letras indicam diferença entre os campos.....332

Figura 199: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (1 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). Letras indicam diferença entre os campos ($p < 0,05$).333

Figura 200: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (2, 4, 5 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas. Letras indicam diferença entre os campos ($p < 0,05$).334

Figura 201: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), franja (F) e margem (D: direita) no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz.. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.336

Figura 202: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), franja (F) e margem (D: direita) no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).338

Figura 203: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), franja (F) e margem (D: direita) no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz.. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.339

Figura 204: Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: BR1/ BR2/ BR3 - Pontos de coleta de dados localizados no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , g_s - condutância estomática, C_i - concentração intercelular de CO_2 , Mnf/Fef – manganês e ferro foliar, MO – matéria orgânica, $Chla$ – clorofila a, $Carot$ – carotenoides, $DPPH$ - 2,2-difenil-1- picrilhidrazila (atividade antirradicalar).340

Figura 205: Dados estatísticos básicos de A) fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), eficiência quântica máxima da fotoquímica primária do FSII (F_v/F_m), fluxo específico de absorção por centro de reação (ABS/RC) e Índice de desempenho total (PI_{total}) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em Talipariti pernambusense no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3) e margem (D: direita, E: esquerda) na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares.343

Figura 206: Dados estatísticos básicos de A) assimilação líquida de carbono (A), B) concentração de carbono interno (C_i), C) transpiração (E), D) condutância estomática (g_s), E) eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s), F) eficiência instantânea do uso da água (A/E) com as Medianas (quadrado

interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Talipariti pernambucense* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), e margem (D: direita, E: esquerda) na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares.345

Figura 207: Dados estatísticos básicos de A) comprimento (C), B) largura (L), C) relação comprimento e largura (C/L) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Talipariti pernambucense* em 2018 e 2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares.....347

Figura 208. Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: RD1/RD/RD3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do rio Doce, Regência, Linhares, coletados em *Talipariti pernambucense* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , gs - condutância estomática, C_i - concentração intercelular de CO_2 , Mnf/Fef/Alf/Cuf – manganês, ferro, alumínio e cobre foliar, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH - 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (atividade antirradicalar).348

Figura 209: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos campos (1, 3, 4, 5 e 6) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.350

Figura 210: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos campos (1, 4 e 6) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. A – assimilação de CO_2 , gs – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).....351

Figura 211: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos campos (1, 3, 4, 5 e 6) no manguezal do Urussuquara, São Mateus. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.352

Figura 212: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa*

no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.....354

Figura 213: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).....356

Figura 214: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.358

Figura 215: Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: UR1/UR2/UR3 - Pontos de coleta de dados localizados em Urussuquara coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , g_s - condutância estomática, C_i - concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fef/Alf/Cuf/Pbf – manganês, ferro, alumínio, cobre e chumbo foliar, Mn/Fe – manganês e ferro do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH - 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (atividade antirradicalar).360

Figura 216: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Barra Nova, São Mateus. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.....363

Figura 217: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no

manguezal de Barra Nova São Mateus. A – assimilação de CO_2 , gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).....365

Figura 218: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Barra Nova, São Mateus,. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.367

Figura 219: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos campos (1 a 6), no manguezal de Barra Nova, São Mateus. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.....369

Figura 220: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao campos no manguezal de Barra Nova, São Mateus. A – assimilação de CO_2 , gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).....371

Figura 221: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos campos no manguezal de Barra Nova, São Mateus. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.373

Figura 222. Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: BN1/BN2/BN3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo estuário de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , gs - condutância estomática, Ci - concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fe – manganês e ferro foliar, Mn/Fe – manganês e ferro do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, A/Ci – eficiência de carboxilação da Rubisco.375

Figura 223: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus,

Conceição da Barra. F0 – fluorescência inicial, Fm – fluorescência máxima, Fv/Fm – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PITotal – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.378

Figura 224: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).380

Figura 225: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.382

Figura 226. Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019. F0 – fluorescência inicial, Fm – fluorescência máxima, Fv/Fm – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PITotal – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.384

Figura 227. Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).386

Figura 228. Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.388

Figura 229. Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: SM1/SM2/SM3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados em *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , g_s - condutância estomática, C_i - concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fe/Cu – manganês, ferro e cobre foliar, Mn/Fe/Cu – manganês, ferro e cobre do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH - 2,2-difenil-1- picrilhidrazila (atividade antirradicalar).390

Figura 230: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.393

Figura 231: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/ g_s eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).395

Figura 232: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.397

Figura 233: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.399

Figura 234: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).....401

Figura 235: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.403

Figura 236: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. F₀ – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. Letras indicam diferença entre os campos ($p < 0,05$).....405

Figura 237: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). Letras indicam diferença entre os campos ($p < 0,05$).....406

Figura 238: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas. Letras indicam diferença entre os campos.....407

Figura 239: Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda:

CR1/CR2/CR3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do estuário do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , gs - condutância estomática, C_i - concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fef/Cuf/Znf/Pbf/Alf – manganês, ferro, cobre, zinco, chumbo e alumínio foliar, Mn/Fe/Cu/Cd/Pb/Cr/Ni/Al/Zn – manganês, ferro, cobre, cádmio, chumbo, cromo, níquel, alumínio e zinco do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH - 2,2-difenil-1- picrilhidrazila (atividade antirradicalar).

.....408

Figura 240: Comprimento do epicótilo (cm) das plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe.409

Figura 241: Taxa de crescimento médio das plântulas de *R. mangle* cultivadas nos diferentes tratamentos com doses de 45 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe (controle), 135 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, 225 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, 270 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe e 315 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe.410

Figura 242: (A) Produção foliar por tratamento ao longo do cultivo (B) Produção foliar média, das plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe.411

Figura 243: Parâmetros fisiológicos avaliados nas plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe. (A) Assimilação; (B) taxa de transporte de elétrons; (C) FV/FM e (D) quenching não fotoquímico.....412

Figura 244: Secções foliares de plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe (controle (45 $\mu\text{mol/L}$), 135 $\mu\text{mol/L}$, 225 $\mu\text{mol/L}$, 270 $\mu\text{mol/L}$ e 315 $\mu\text{mol/L}$). (A - E): Secções paradérmicas evidenciando os estômatos; (F - J): Secções transversais indicando a organização do sistema vascular; (K - O): Secções transversais destacando a vista geral do limbo foliar; ES = estômato, FL = floema, XL = xilema, HI = hipoderme, PP = parênquima paliçádico; e PL = -parênquima lacunoso. Barra= 100 μm413

Figura 245: Secções transversais de raízes de plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe. (A-B) Vista geral das raízes; (C-D) Detalhe do sistema vascular. EN-endoderme, FL-floema, XL-xilema, ME-medula. Barra= 100 μm (A-E) e barra= 50 μm (F-J).....414

Figura 246: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estuário durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; e CR: Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.417

Figura 247: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), de cada estuário em função dos períodos de amostragens (campos 1, 2, 3, 4, 5 e 6) durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019: a) Piraquê-Açú; b) Piraquê-Mirim; c) Costa das Algas; d) Barra

do Riacho; e) Urussuquara; f) Barra Nova; g) São Mateus e h) Caravelas entre outubro de 2018 e setembro de 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.418

Figura 248: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), dos tipos fisiográficos (franja e bacia) em função dos estuários abrangendo todas as amostragens realizadas durante o PMBA entre outubro de 2018 a setembro de 2019. PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus (SM); CR: Caravelas. “Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade. Letras minúsculas representam “tipos fisiográficos dentro de cada estuário”; letras maiúsculas representam “tipos fisiográficos entre os estuários”421

Figura 249: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em função do gradiente de salinidade (estuário inferior, médio e superior) nos estuários monitorados durante o PMBA: a) Piraquê-Açú, b) Piraquê-Mirim, c) Barra do Riacho, d) Barra Seca, e) Mariricu, f) São Mateus e g) Caravelas entre outubro de 2018 a setembro de 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.422

Figura 250: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada período de amostragem (campos 1 ao 6) no estuário do Piraquê-Açú durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 2,50 indivíduos.m⁻² de acordo com Conti e Nalesso (2010). “Mean” significa a densidade média considerando todas as amostragens do presente estudo.423

Figura 251: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estuário avaliado durante o PMBA durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,67 indivíduos.m⁻² de acordo com Spinassé (2016) no estuário do rio Piraquê-Açú. “Mean” significa a densidade média considerando todas as amostragens do presente estudo. PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; CR: Caravelas.424

Figura 252: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estuário avaliado durante o PMBA durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,84 indivíduos.m⁻² de acordo com Spinassé (2016) no estuário do rio Piraquê-Mirim. “Mean” significa a densidade média considerando todos as amostragens do presente estudo em cada estuário. PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; CR: Caravelas.424

Figura 253: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada amostragem (campos 1 ao 6) no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,99

indivíduos.m⁻² de acordo com Affonso (2014). “Mean” significa a densidade média considerando todos as amostragens realizadas no ponto 1 margem esquerda do estuário.425

Figura 254: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada período de amostragem (Campos 1 ao 6) no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,78 indivíduos.m⁻² de acordo com Porto (2016), densidade referente à 2015. “Mean” significa a densidade média considerando todos as amostragens realizadas no ponto 1 margem esquerda do estuário.426

Figura 255: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada período de amostragem no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerando todos as amostragens no ponto 1 margem esquerda do estuário.....426

Figura 256: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estação amostral no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,99 indivíduos.m⁻² de acordo com Affonso (2014). “Mean” significa a densidade média considerando todos os pontos de amostragens nas margens direita e esquerda do estuário.427

Figura 257: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estação amostral no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,78 indivíduos.m⁻² de acordo com Porto (2016) no estuário do rio São Mateus, densidade referente à 2015. “Mean” significa a densidade média considerando todos os pontos de amostragens nas margens direita e esquerda do estuário.....427

Figura 258: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estação amostral no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,55 indivíduos.m⁻² de acordo com Porto (2016) no estuário do rio São Mateus, densidade referente à 2016. “Mean” significa a densidade média considerando todos os pontos de amostragens nas margens direita e esquerda do estuário.....428

Figura 259: Captura e registro de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no dia 31 de julho de 2019 na foz do rio Doce, Regência, Linhares.....429

Figura 260: Densidade média populacional de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em cada estuário durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. PA: Piraque Açú; PM: Piraque Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; UR: Urussuquara; BN Barra Nova; SM: São

Mateus; e CR: Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.430

Figura 261: Densidade média populacional de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em cada estuário durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. a) Piraque-Açú; b) Piraque-Mirim; c) Costa das Algas; d) Barra do Riacho; e) Urussuqua; f) Barra Nova; g) São Mateus; e h) Caravelas. Anova $p > 0,05$. n.s. = não significativo.....431

Figura 262: Figura 20: Tamanho médio do cefalotórax de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), durante o PMBA entre outubro de 2018 a setembro de 2019 em função dos estuários. PA: Piraquê-Açú, PM: Piraquê-Mirim, CA: Costa das Algas, BR: Barra do Riacho, UR: Urussuquara, BN: Barra Nova, SM: São Mateus, CR: Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: média da largura do cefalotórax em milímetros.432

Figura 263: Tamanho médio do cefalotórax de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em função das amostragens (campos 1 a 6) durante o PMBA entre outubro de 2018 a setembro de 2019. a) Piraquê-Açú, b) Piraquê-Mirim, c) Costa das Algas, d) Barra do Riacho, e) Urussuquara, f) Barra Nova, g) São Mateus e h) Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: média da largura do cefalotórax em milímetros.....434

Figura 264: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia do estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e julho de 2019435

Figura 265: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia do estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e julho de 2019.436

Figura 266: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja na APA Costa das Algas, Aracruz, durante o PMBA entre fevereiro de 2019 e julho de 2019.437

Figura 267: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja em Barra do Riacho, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e maio de 2019.438

Figura 268: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia em Urussuquara, São Mateus, durante o PMBA entre outubro de 2018 e agosto de 2019.439

- Figura 269: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia em Barra Nova, São Mateus, durante o PMBA entre outubro de 2018 e agosto de 2019.440
- Figura 270: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, durante o PMBA entre outubro de 2019441
- Figura 271: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia do estuário de Caravelas, Caravelas, durante o PMBA entre novembro de 2018 e setembro de 2019442
- Figura 272: Análise comparativa do tamanho médio do cefalotórax (LC médio) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em 2015 e durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. a) Piraquê-Açú, b) Piraquê-Mirim. Anova $p > 0,05$. LC médio: largura do cefalotórax em milímetros. n.s.: não significativo.....443
- Figura 273: Análise estatística do tamanho médio (LC médio) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), entre 2013 e 2016 e durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no estuário do rio São Mateus. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: largura do cefalotórax em milímetros.444
- Figura 274: Análise estatística do tamanho médio do cefalotórax (LC) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em função dos estuários, Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, de Barra do Riacho, Rio Doce, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas durante o PMBA entre novembro de 2018 a setembro de 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: largura do cefalotórax em milímetros.444
- Figura 275: Análise estatística do tamanho médio do cefalotórax de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em função das amostragens (campos 1 a 6) em cada estuário durante o PMBA entre novembro de 2018 e setembro de 2019. a) Piraquê-Açú, b) Piraquê-Mirim, c) Costa das Algas, d) Barra do Riacho, e) Urussuquara, f) Barra Nova, g) São Mateus e h) Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: largura do cefalotórax em milímetros.445
- Figura 276: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, durante o PMBA entre novembro de 2018 e julho de 2019.....446
- Figura 277: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, durante o PMBA entre novembro de 2018 e julho de 2019.....447

Figura 278: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), em Barra do Riacho, Aracruz, durante o PMBA entre novembro de 2018 e julho de 2019.	448
Figura 279: : Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), na foz do Rio Doce, Linhares, durante o PMBA entre dezembro de 2018 e julho de 2019.	449
Figura 280: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), em Urussuquara, São Mateus, durante o PMBA entre fevereiro de 2019 e agosto de 2019.	450
Figura 281: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), em Barra Nova, São Mateus, durante o PMBA entre janeiro de 2019 e agosto de 2019.	451
Figura 282: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, durante o PMBA entre dezembro de 2018 e agosto de 2019.	452
Figura 283: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), no estuário de Caravelas, Caravelas, durante o PMBA entre novembro de 2018 e setembro de 2019.	453
Figura 284: Reta de regressão e equação de reta da largura de cefalotórax (LC) em função do comprimento de cefalotórax (CC) de guaiamuns, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), coletados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no norte do Espírito Santo e sul da Bahia (Caravelas). R^2 = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.	454
Figura 285: Reta de regressão e equação de reta do menor diâmetro de galeria corrigido (DG) em função do comprimento de cefalotórax (CC) de guaiamuns, <i>Cardisoma guanhumi</i> , (Latreille, 1825), coletados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no norte do Espírito Santo e sul da Bahia (Caravelas). Considerando-se todos os tamanhos de indivíduos, incluindo dados anômalos (casos em que o maior diâmetro da abertura de galeria foi menor do que o comprimento do indivíduo). R^2 = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.	455
Figura 286: Reta de regressão e equação de reta do menor diâmetro de galeria corrigido (DG) em função do comprimento de cefalotórax (CC) de guaiamuns, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), coletados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no norte do Espírito Santo e sul da Bahia (Caravelas). Considerando-se apenas indivíduos menores do que 50 mm e descartando-se dados anômalos (casos em que o maior diâmetro da abertura de galeria foi menor do que o comprimento do guaiamum). R^2 = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.	457

Figura 287: Reta de regressão e equação de reta do menor diâmetro de galeria corrigido (DG) em função do comprimento de cefalotórax (CC) de guaiamuns, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), coletados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no norte do Espírito Santo e sul da Bahia (Caravelas). Considerando-se apenas indivíduos menores do que 40 mm e descartando-se dados anômalos (casos em que o maior diâmetro da abertura de galeria foi menor do que o comprimento do guaiamum). R^2 = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.....457

Figura 288: Descrição dos dados estruturais para a) Largura média do cefalotórax (LC) em mm; e b) Peso (P) em gramas das fêmeas ovígeras de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraquê-Açú (PA), Ipiranga (UR) e São Mateus (SM), 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade461

Figura 289: Relação dos dados de fecundidade (ovos.fêmea-1) em função de largura do cefalotórax (mm) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraquê-Mirim, Aracruz (a) e Ipiranga, Urussuquara (b), Espírito Santo, ajustado pela função Potencial ($p < 0,05$). F: fecundidade (Y); LC: largura do cefalotórax (X).463

Figura 290: Descrição dos ajustes das funções Potencial ($p < 0,05$) em a) rio Piraquê-Mirim; e Exponencial ($p < 0,05$) em b) Ipiranga (Urussuquara) e em c) São Mateus para a relação entre o peso da massa ovígera (PMO) em gramas e a largura do cefalotórax (LC) em milímetros para o caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no Espírito Santo.....464

Figura 291: Fecundidade de caranguejo uçá (ovos/fêmea), *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraquê-Açú (PA), Ipiranga (UR) e São Mateus (ES) no norte do Espírito Santo na reprodução de 2019 (PMBA). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.464

Figura 292: Fecundidade média de caranguejo uçá (ovos/fêmea), *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio São Mateus em 2015 e 2016 (Porto, 2016), e 2019 (PMBA). A comparação entre os dados foi realizada utilizando a mediana (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$; teste de Dunn, $p < 0,05$), mas utilizou-se as médias na representação gráfica. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.465

Figura 293: Ajuste da função Potencial para a relação fecundidade (ovos.fêmea-1) e largura do cefalotórax (LC) (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), na foz do Rio Doce, Linhares, Espírito Santo.....466

Figura 294: Ajuste da função Potencial para a relação peso da massa ovígera (PMO) e largura do cefalotórax (LC) (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), na foz do Rio Doce, Linhares, Espírito Santo.....466

Figura 295: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), considerando os estuários Piraquê-

Açú, Piraque-Mirim, Urussuquara, Barra nova, São Mateus e Caravelas. . Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio, Al.max.– amplitude de inundação máxima, Al.med – amplitude de inundação média, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.....468

Figura 296: Correlações (Pearson) par a par entre metais no sedimento, nutrientes foliares e parâmetros da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), considerando os estuários Piraquê-Açú, Piraque-Mirim, Urussuquara, Barra nova, São Mateus e Caravelas. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Al – alumínio, Ba – bário, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.469

Figura 297: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Piraquê-Açú. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio, Al.med – amplitude de inundação média, Al.max – amplitude de inundação máxima, IAF – índice de área foliar, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.....470

Figura 298: Correlações (Pearson) par a par entre metais no sedimento, nutrientes foliares e parâmetros da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Piraquê-Açú. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Al – alumínio, Ba – bário, Cd – cádmio, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Hg – mercúrio, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.471

Figura 299: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Piraquê-Mirim. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho

do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio (%), Al.max – amplitude máxima de inundação, Al.med – amplitude média de inundação, IAF – índice de área foliar, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, , dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.472

Figura 300: Correlações (Pearson) par a par entre as concentrações de metais no sedimento (mg.kg⁻¹), nutrientes foliar e as variáveis bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Piraquê-Mirim. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Al – alumínio, Ba – bário, , Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Hg – mercúrio, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.473

Figura 301: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio (%), Al.max – amplitude de inundação máxima, Al.med – amplitude de inundação média, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, , dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.474

Figura 302: Correlações (Pearson) par a par entre as concentrações de metais no sedimento (mg.kg⁻¹), nutrientes foliar e as variáveis bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Ag – prata, Al – alumínio, As – arsênio, Ba – bário, Cd – cádmio, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Hg – mercúrio, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.475

Figura 303: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em Barra Nova, São Mateus. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, , mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria

orgânica período seco, CaCO_3 – carbonato de cálcio (%), IAF – índice de área foliar, Al.max – amplitude de inundação máxima, Al.med – amplitude de inundação média, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.....476

Figura 304: Correlações (Pearson) par a par entre as concentrações de metais (mg.kg^{-1}) no sedimento e as variáveis bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em Barra Nova, São Mateus. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Ag – prata, Al – alumínio, As – arsênio, Ba – bário, Cd – cádmio, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Hg – mercúrio, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.....477

Figura 305: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO_3 – carbonato de cálcio (%), sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, Al.média – amplitude de inundação média, Al.max – amplitude de inundação máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.478

Figura 306: Correlações (Pearson) par a par entre metais no sedimento, nutrientes foliares e parâmetros da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Al – alumínio, Ba – bário, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.....479

Figura 307: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário de Caravelas, Caravelas. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO_3 – carbonato de cálcio (%), , Al.max – amplitude de inundação máxima, Al.med – amplitude de inundação média, dens.med – densidade média,

dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.....480

Figura 308: Correlações (Pearson) par a par entre metais no sedimento, nutrientes foliares e parâmetros da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário de Caravelas, Caravelas. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Ag – prata, Al – alumínio, As – arsênio, Ba – bário, Cd – cádmio, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.....481

Figura 309: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.....482

Figura 310: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.....483

Figura 311: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.....484

Figura 312: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio Mariricu, Barra Nova. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.....485

Figura 313: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais

pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.486

Figura 314: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário de Caravelas. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.487

Figura 315: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), entre os estuários monitorados, Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Costa das Algas, Barra do Riacho, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas.488

Figura 316: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade média, mínima e máxima e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e concentração de metais pesados no sedimento (alumínio, chumbo, cromo, ferro, manganês e zinco) em cada estação amostral no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz.488

Figura 317: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade média, mínima e máxima e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e concentração de metais pesados no sedimento (alumínio, chumbo, cromo, ferro, manganês e zinco) em cada estação amostral no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz.489

Figura 318: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade média, mínima e máxima e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e concentração de metais pesados no sedimento (alumínio, chumbo, cromo, ferro, manganês e zinco) em cada estação amostral no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara, São Mateus.490

Figura 319: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade média, mínima e máxima e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e concentração de metais pesados no sedimento (alumínio, chumbo, cromo, ferro, manganês e zinco) em cada estação amostral em Barra Nova, São Mateus.490

Figura 320: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), concentração de metais pesados (Alumínio, Cromo, Ferro e Manganês) no sedimento e nutrientes foliares (Ferro e Manganês) em cada estação amostral no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra.491

Figura 321: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763), concentração de metais pesados (Alumínio, Cromo, Ferro e Manganês) no sedimento e nutrientes foliares (Ferro e Manganês) em cada estação amostral no estuário de Caravelas.....	492
Figura 322: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais de guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), densidade (mínima, média e máxima) e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos (LC médio) entre os estuários monitorados (Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, APA Costa das Algas, Barra do Riacho, Rio Doce, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas).....	493
Figura 323: Diagrama de ordenação da análise de redundância (RDA) relacionando as variáveis ambientais e os parâmetros populacionais de caranguejo uçá, <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763), nos estuários monitorados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019	494
Figura 324: Distribuição de <i>Ucides cordatus</i> (caranguejo uçá) por estuário.	495
Figura 325: Distribuição de <i>Cardisoma guanhumi</i> (caranguejo guaiamum) por estuário.	496
Figura 326: Fluxograma das interações do Ferro no Manguezal.	520

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas UTM dos locais de monitoramento do PMBA, no estuário do rio São Mateus	99
Tabela 2: Estatística descritiva dos parâmetros salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, entre outubro/2018 e março/2019. Continua	102
Tabela 3: Coordenadas UTM dos locais de monitoramento do PMBA, no estuário do rio Mariricu (Barra Nova).....	109
Tabela 4: Estatística descritiva dos parâmetros salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu, entre outubro/2018 e fevereiro/2019.....	112
Tabela 5: Coordenadas UTM dos locais de monitoramento do PMBA, no estuário do sistema estuarino Piraquê-Açu-Mirim.....	118
Tabela 6: Estatística descritiva dos parâmetros salinidade e temperatura medidos no Sistema Estuarino Piraquê Açu-Mirim, entre outubro/2018 e março/2019 - continua	120
Tabela 7: Descrição das datas de amostragens por estuário, tipos de marés e lua para o levantamento da inundação nas parcelas.	128
Tabela 8: Médias dos parâmetros avaliados por estuários Piraquê-Mirim (PM), Piraquê-Açu (PA), Barra Nova (BN), Urussuquara, São Mateus (SM) e Caravelas (CR).....	153
Tabela 9: Correlação de Pearson dos atributos do sedimento, considerando 6 estuários.....	155
Tabela 10: Tabela de estatística descritiva dos atributos avaliados: matéria orgânica total total (MOT, %) nas profundidades 0-5 e 5-15 cm, carbonato de cálcio (CaCO ₃ , %), frações granulométricas areia, silte e argila (%) e metais ferro (Fe, mg kg ⁻¹) e manganês (.....	163
Tabela 11: Parâmetros estimados de semivariogramas experimentais para matéria orgânica total total (MOT, %) nas profundidades 0-5 e 5-15 cm, carbonato de cálcio (CaCO ₃ , %), frações granulométricas areia, silte e argila (%) e metais ferro (Fe, mg kg ⁻¹) e manganês.....	163
Tabela 12: : Matriz de correlação entre a cota do terreno, frações granulométricas (areia, silte e argila), carbonato de cálcio (CaCO ₃) e Matéria orgânica total (MO) na profundidade de 0-5 cm, em Regência.	167
Tabela 13: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Piraquê-Açu, Aracruz, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.....	179
Tabela 14: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.....	191

Tabela 15: Parâmetros estruturais das florestas de mangue na Reserva Biológica da Vida Silvestre/ Costa das Algas Aracruz, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.....	203
Tabela 16: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Barra do Riacho Aracruz, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.	206
Tabela 17: Parâmetros estruturais da vegetação halófito (<i>T. pernambucense</i>) na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.	211
Tabela 18: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Urussuquara (UR), São Mateus, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.	214
Tabela 19: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Barra Nova.	219
Tabela 20: parâmetros estruturais dos bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.	226
Tabela 21: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Caravelas/BA (CR), Caravelas, obtidos no período de outubro/2018 e setembro/2019.	235
Tabela 22: Concentração foliar de macro e micronutrientes em <i>Rhizophora mangle</i> (Rh) e <i>Laguncularia racemosa</i> (Lg) de acordo com o local de coleta da espécie: São Mateus (SM), Piraquê-Açú (PA), Piraquê-Mirim (PM), Barra Nova (BN), Urussuquara (UR) e Caravelas (CR).	256
Tabela 23: Faixa de absorção de macro e micronutrientes para <i>Rhizophora mangle</i> (Rh) e <i>Laguncularia racemosa</i> (Lg) baseada no trabalho de Cuzzuol e Campos (2001).	257
Tabela 24: Ordem de absorção foliar de macro e micronutrientes por <i>Rhizophora mangle</i> de acordo com o estuário de coleta da espécie.	257
Tabela 25: Ordem de absorção foliar de macro e micronutrientes por <i>Laguncularia racemosa</i> de acordo com o estuário de coleta da espécie.	258
Tabela 26: Ordem de absorção foliar de macro e micronutrientes por <i>Avicennia schaueriana</i> de acordo com o estuário de coleta da espécie.	258
Tabela 27: Ordem de absorção foliar de macro e micronutrientes por <i>Talipariti pernambucense</i> de acordo com o estuário de coleta da espécie.	258
Tabela 28: Concentração necessária para inibir 50% do radical DPPH (IC50 médio) obtido para as espécies coletadas: <i>Avicennia schaueriana</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Rhizophora mangle</i> e <i>Talipariti pernambucense</i> nos estuários monitorados.....	277
Tabela 29: Compilação dos resultados obtidos para a análise antiradicalar das amostras das espécies de mangue avaliadas nos estuários monitorados do PMBA	279

Tabela 30: Salinidade intersticial no manguezal do estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.	309
Tabela 31: Análise estatística da salinidade intersticial para o manguezal do estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	310
Tabela 32: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila <i>a</i> no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, coletados em <i>Rhizophora mangle</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e $PITotal$ – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	312
Tabela 33: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, coletados em <i>Rhizophora mangle</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	314
Tabela 34: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, coletados em <i>Rhizophora mangle</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	315
Tabela 35: Salinidade intersticial no manguezal do estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.	319
Tabela 36: Análise estatística da salinidade intersticial para manguezal do estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	319
Tabela 37: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila <i>a</i> para o estuário do rio Piraquê- Mirim, Aracruz, coletados em <i>Rhizophora mangle</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e $PITotal$ – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	322
Tabela 38: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) coletados em <i>Rhizophora mangle</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019 para o estuário do rio Piraquê- Mirim, Aracruz entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de	

CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.....324

Tabela 39: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.325

Tabela 40: Salinidade coletada no período de outubro/2018 a setembro/2019 em Costa das Algas, Aracruz.....328

Tabela 41: Análise estatística da salinidade em Costa das Algas, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos e campos.328

Tabela 42: Salinidade intersticial no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.334

Tabela 43: Análise estatística da salinidade intersticial para manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos e campos.335

Tabela 44: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para o manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos e campos. F₀ – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.337

Tabela 45: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos e campos. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).338

Tabela 46: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos e campos.....339

Tabela 47: Salinidade na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.341

Tabela 48: Análise estatística da salinidade na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos e margens. D: direita, E: esquerda.341

Tabela 49: Resultado estatístico da comparação entre os pontos, campos, tipos e margens para as variáveis de fluorescência na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados em <i>Talipariti pernambucense</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019. D: direita, E: esquerda.	344
Tabela 50: Resultado estatístico da comparação entre os pontos, campos, tipos e margens para as variáveis de trocas gasosas na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados em <i>Talipariti pernambucense</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019. D: direita, E: esquerda.....	346
Tabela 51: Resultado estatístico da comparação entre os pontos, campos, tipos e margens para biometria foliar na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados em <i>Talipariti pernambucense</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019. D: direita, E: esquerda.	347
Tabela 52: Salinidade intersticial no manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.	349
Tabela 53: Análise estatística da salinidade intersticial para o manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	349
Tabela 54: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila <i>a</i> para o manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados em <i>Laguncularia racemosa</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	355
Tabela 55: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados em <i>Laguncularia racemosa</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	357
Tabela 56: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados em <i>Laguncularia racemosa</i> no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	359
Tabela 57: Salinidade intersticial no manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.	361
Tabela 58: Análise estatística da salinidade intersticial no manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.	361

Tabela 59: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.364

Tabela 60: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.366

Tabela 61: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.368

Tabela 62: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* entre os campos (1 a 6) para o manguezal de Barra Nova, São Mateus coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.370

Tabela 63: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre campos (1 a 6). A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).372

Tabela 64: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre campos (1 a 6).374

Tabela 65: Salinidade intersticial no manguezal do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.376

Tabela 66: Análise estatística da salinidade intersticial para o manguezal do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerdo.376

Tabela 67: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para o manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.379

Tabela 68: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.381

Tabela 69: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas no manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.383

Tabela 70. Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.385

Tabela 71. Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.387

Tabela 72. Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas no manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.389

Tabela 73: Salinidade intersticial no manguezal do estuário do rio Caravelas, Caravelas, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.391

Tabela 74: Análise estatística da salinidade intersticial para manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.....392

Tabela 75: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.394

Tabela 76: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.396

Tabela 77: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas no manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.397

Tabela 78: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.400

Tabela 79: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal do rio Caravelas, Caravelas coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO_2 , g_s – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/g_s – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.....402

Tabela 80. Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas no manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.403

Tabela 81: Médias do comprimento de epicótilo das plântulas de <i>R. mangle</i> cultivadas em diferentes doses de ferro.	409
Tabela 82: Taxa de crescimento médio das plântulas de <i>R. mangle</i> cultivadas em diferentes doses de 45 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe (controle), 135 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, 225 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, 270 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe e 315 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe.....	410
Tabela 83: Número de folhas emitidas pelas plântulas de <i>R. mangle</i> cultivadas em diferentes doses de Ferro.....	411
Tabela 84: Médias das características anatômicas foliares avaliadas nas plântulas de <i>R. mangle</i> cultivadas em diferentes doses de Fe (controle (45 ($\mu\text{mol/L}$), 135 $\mu\text{mol/L}$, 225 $\mu\text{mol/L}$, 270 $\mu\text{mol/L}$ e 315 $\mu\text{mol/L}$).	415
Tabela 85: Médias das características anatômicas de raízes avaliadas nas plântulas de <i>R. mangle</i> cultivadas em diferentes doses de Fe (controle (45 ($\mu\text{mol/L}$), 135 $\mu\text{mol/L}$, 225 $\mu\text{mol/L}$, 270 $\mu\text{mol/L}$ e 315 $\mu\text{mol/L}$).	415
Tabela 86: Número de estações amostrais de caranguejo uçá, <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763), e guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), em cada estuário avaliado durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019.	416
Tabela 87: Densidade média (indivíduos.m ⁻²) de caranguejo uçá, <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763), nos tipos fisiográficos (franja e bacia) nos estuários monitorados durante o PMBA entre os períodos de amostragens (campo 1 ao 6) entre outubro de 2018 a setembro de 2019. * Indica ausência de parcela fixa neste tipo fisiográfico de floresta. ** Problemas de logística.....	419
Tabela 88: Resumo da análise de variância da densidade média de caranguejo uçá, <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763), nos tipos fisiográficos (franja e bacia) em diferentes estuários durante o PMBA entre outubro de 2018 a setembro de 2019.	420
Tabela 89: Densidade média populacional de caranguejo uçá, <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763), verificado ao longo do gradiente de salinidade (estuário inferior, médio e superior) nos estuários avaliados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 (Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Ipiranga, Mariricu, São Mateus e Caravelas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.	421
Tabela 90: Tamanho médio do cefalotórax (LC médio) e densidade média (indivíduos.m ⁻²) de caranguejo uçá, <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763), nos estuários avaliados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. PA: Piraquê-Açú, PM: Piraquê-Mirim, CA: Costa das Algas, BR: Barra do Riacho, UR: Urussuquara, BN: Barra Nova, SM: São Mateus, CR: Caravelas.	433
Tabela 91: Resultados de regressões lineares das relações entre o comprimento de cefalotórax de guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), e as dimensões (menor diâmetro, maior diâmetro	

corrigido, conforme nota de rodapé, e maior diâmetro) da abertura da sua respectiva galeria (DG). Análises foram realizadas considerando-se todos os tamanhos de abertura de galeria e separando-se galerias maiores e menores do que limites de tamanho (60mm, 50mm e 40mm). As regressões realizadas com anomalias incluem casos em que o maior diâmetro da abertura de galeria foi menor do que o comprimento do guaiamum, enquanto naquelas realizadas sem anomalias, tais dados foram suprimidos. R^2 = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.456

Tabela 92: Proporção sexual e valores do teste do Qui-quadrado de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nas amostragens realizadas durante o PMBA entre outubro/2018 a agosto/2019 nos estuários do rio Piraquê-Açú (PA), Piraquê-Mirim (PM), APA Costa das Algas (CA), Barra do Riacho (BR), Urussuquara (UR), Mariricu (BN) e São Mateus (SM). N = 832; M = Macho; F = Fêmea; FE = Frequência esperada; χ^2 teste Qui-Quadrado; $p = 5\%$458

Tabela 93: Proporção sexual e valores do teste do Qui-quadrado de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), nas amostragens realizadas durante o PMBA entre novembro/2018 a setembro/2019 nos estuários do rio Piraquê-Açú (PA), Piraquê-Mirim (PM), APA Costa das Algas (CA), Barra do Riacho (BR), Rio Doce (RD), Ipiranga (UR), Mariricu (BN), São Mateus (SM) e Caravelas (CR). FE: Frequência esperada. N = 1566; M = Macho; F = Fêmea; FE = Frequência esperada; χ^2 teste Qui-Quadrado; $p = 5\%$459

Tabela 94: Dados da estrutura populacional, com os valores médios da fecundidade estimada, largura do cefalotórax e peso das fêmeas ovígeras de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraquê-Açú ($n = 10$), Piraquê-Mirim ($n = 4$), no município de Aracruz, Ipiranga ($n = 10$), em Urussuquara, São Mateus, e rio São Mateus ($n = 10$), Conceição da Barra, Espírito Santo. LC: Largura do cefalotórax (mm); P: Peso (g); F: Fecundidade (ovos.fêmea⁻¹).460

Tabela 95: Modelos de regressão utilizados para avaliar a relação biométrica entre largura do cefalotórax (LC) em milímetros, como variável independente, e fecundidade (F) em número de ovos por fêmea e peso da massa ovígera (PMO) em gramas como variáveis dependentes das fêmeas ovígeras de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraquê Açú (Aracruz), Ipiranga, Urussuquara (São Mateus) e São Mateus (Conceição da Barra) no norte do Espírito Santo, Brasil. n.s. = não significativo; * $p < 0,05$462

Tabela 96: Densidade média de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários avaliados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 e em diferentes áreas no Brasil.498

Tabela 97: Fecundidade (média e desvio padrão) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos manguezais brasileiros. LC: Largura do cefalotórax (mm). F: fecundidade (número de ovos fêmea⁻¹).504

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Espécies amostradas nas análises fotossintéticas por área/estação ao longo do PMBA. ..	78
Quadro 2: Datas referentes aos campos de análises fotossintéticas realizadas no PMBA.....	79
Quadro 3: Macro e micronutrientes com suas concentrações utilizadas na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) para volume de 1000 mL.	84
Quadro 4: Datas de amostragem dos campos nas estações de amostragem de caranguejo uçá, <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus, 1763), monitoradas durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019.	88
Quadro 5: Datas de amostragem dos campos nas estações de amostragem de guaiamum, <i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreille, 1825), monitoradas durante o PMBA entre novembro de 2018 e setembro de 2019.	90
Quadro 6: Dados descritivos da estrutura das florestas de manguezal nos estuários do PMBA de acordo com a espécie dominante.	252
Quadro 7: Integração dos principais resultados do Anexo 5 – Manguezal.....	522

ANEXO 5 – MANGUEZAL

1 INTRODUÇÃO

Este anexo tem como seu objetivo principal monitorar os impactos diretos e indiretos sobre a estrutura e o funcionamento da fauna e flora que sustentam comunidades tradicionais nos manguezais. Para cumprir este objetivo as escalas hierárquicas de análise em relação aos componentes biológicos vão do nível molecular (atividade radicalar e relações carbono, água, nutrientes) até o nível de paisagem com avaliações em diferentes escalas espaciais e temporais de observação. Essas escalas tem como foco principal a floresta de manguezal, uma vez que a mesma é a condicionante principal para caracterizar o ecossistema. Em relação à fauna, destacando-se que não há endemismo, assume-se como espécies para o diagnóstico de alterações ambientais os representantes de interesse econômico e ecológico da Ordem *Decapoda*, Infraordem *Brachyura* e das famílias *Ucididae*, *Gecarcinidae* e *Grapsidae* (MELO, 1996). Os parâmetros abióticos relacionados aos nutrientes no sedimento e em folhas, juntamente com aqueles relativos à inundação da maré como a salinidade, vão contribuir para elaboração do diagnóstico da qualidade dos manguezais nas localidades monitoradas e identificar quais alterações na ecologia e no funcionamento do sistema são função dos rejeitos provenientes do rompimento da Barragem de Fundão no Município de Mariana (MG), ocorrido em 05 de novembro de 2015.

Os dados apresentados neste relatório compreendem o período de setembro de 2018 a agosto de 2019, quando ocorreram campanhas bimestrais avaliando as populações de plantas e animais relacionadas na TR 4, Anexo 5 Manguezal nos municípios costeiros do litoral norte capixaba, isto é, Aracruz (Rios Piraquê-Açú e Mirim, Apa Costa das Algas (lateritos, Rio Sauí), Rio Riacho), Linhares (Rio Doce e Ipiranga), São Mateus (Urussuquara (rio Ipiranga) e Barra Nova (Mariricu)), Conceição da Barra (Rio São Mateus) e Caravelas, este localizado no Estado da Bahia.

Os manguezais, por suas particularidades em termos de localização e pelas forças energéticas que atuam sobre este ecossistema, são considerados como excelentes sumidouros orgânicos e depuradores ambientais, exercendo função ecológica de reservatório de poluentes (ODUM e JOHANNES, 1978) além de apresentar altas taxas de produção primária (ALONGI, 2009, TWILLEY RIVIERA-MOROY, 2009; WOODROFFE, 1992; CLOUGH, 1992). Entretanto, estão sujeitos a alta variabilidade dos fatores ambientais, como sedimentação, inundação causada pelas marés e flutuações na temperatura ambiental (Nagelkerken et. al. 2008). Por outro lado, este papel ecológico de aprisionamento de substâncias tóxicas tem levado a degradação de inúmeras áreas de manguezais no mundo, tendo como consequências elevadas perdas econômicas (POLIDORO et al., 2010), sociais e culturais. Poucos são os estudos centrados na questão do comportamento dos elementos químicos e orgânicos nos manguezais e, conseqüentemente, sua reintrodução no meio ambiente (LEWIS, PRYOR e WILKING, 2011, TAM e WONG, 1996). Menor ainda é o número de estudos envolvendo os processos

de bioacumulação dos poluentes na flora e fauna e também da biomagnificação dos elementos na cadeia trófica (BAYEN, 2012).

Dessa forma, o espaço físico que os manguezais ocupam na transição entre o ambiente terrestre e o bioma costeiro/marinho o tornam sujeito aos mais diferentes tipos de impactos que, ao se sobreporem, comprometem a integridade biológica desse ecossistema. Integridade biológica é definida como sendo a capacidade do sistema em manter de forma integrada e balanceada uma comunidade de organismos, adaptados dentro de uma composição de espécies e organização funcional compatível com o habitat regional (KARR, 1999). A integridade biológica juntamente com a saúde ecológica de um sistema permite a conservação dos bens e serviços ecológicos de forma maximizada. Como saúde ecológica entende-se que um sistema biológico é saudável quando seu potencial inerente é mantido, sua condição é relativamente estável e sua capacidade de auto reparação, quando perturbado, é preservada e um mínimo suporte externo para seu manejo é mantido (KARR, 1999). Dentro desta lógica da manutenção da integridade biológica e saúde ecológica dos manguezais no litoral norte capixaba e sul da Bahia é que a introdução dos rejeitos provenientes da Barragem de Fundão será avaliada.

As Áreas Úmidas, classificação de Bioma que envolve os manguezais e que estão dentro dos ambientes mais sujeitos a degradação por processos antropogênicos, são avaliadas quanto à integridade biológica e saúde ecológica em cinco categorias propostas por Karr e Kerans (1991): qualidade da água; estrutura do habitat; regime do fluxo hídrico; fonte energética; e interações biológicas. A qualidade da água envolve a avaliação de parâmetros: turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, elementos químicos de origem orgânica e inorgânica, metais pesados e substâncias tóxicas entre outras. Estrutura do Habitat requer caracterizar o tipo de substrato, profundidade da água e velocidade de corrente, bem como, a complexidade do habitat físico temporal e espacial. O regime hídrico deve contemplar o volume de água e as distribuições temporais de fluxo. Como fontes de energia para o sistema são computados o tipo, quantidade e tamanho das partículas orgânicas que chegam ao sistema, assim como os padrões sazonais de ingresso de energia. E, finalizando, as interações biológicas que os autores recomendam avaliar são: competição, predação, doenças e parasitismo.

Essas categorias são importantes de serem avaliadas uma vez que vão caracterizar a integridade biológica do ambiente, e além deste enfoque Karr e Kerans (1991) recomendam abordar dentro das cinco categorias acima uma visão em termos de elementos e processos do sistema, isto é, compreendem como elementos - genes dentro da população, populações dentro de espécies, espécies dentro de comunidades/ecossistema, Ecossistemas dentro das paisagens, e paisagens dentro da Biosfera e, como processos - ciclagem de nutrientes, fotossíntese, ciclagem da água, evolução/especialização, competição/predação, e mutualismo. As abordagens desenvolvidas dentro deste Anexo contemplam parte das categorias propostas para análise da integridade biológica e saúde ecológica envolvendo os elementos e processos que vão permitir interpretar as alterações impostas à qualidade ambiental dos manguezais como consequência dos rejeitos e seus metais.

Esta abordagem encontra-se respaldada pela Teoria de Hierarquia baseada no nível de organização proposta por Odum (2001) e de acordo com o proposto por Karr e Kerans (1991) e por Angermeier e Karr (1994) e foi realizada no que diz respeito as espécies do manguezal tratadas neste Anexo. Em relação aos processos envolvendo as espécies, abordou-se avaliações de expansão e contração de habitat que, além da delimitação espacial, estão tendo outros indicadores que são os parâmetros estruturais (tamanho, densidade entre outros). Em nível genético/molecular, muito pouco foi abordado, tratando-se inicialmente das questões reprodutivas (fecundidade e produção de substâncias antioxidante e radicalar, cultivo). Sendo assim há necessidade de maior preocupação com este aspecto na continuidade do monitoramento. Na hierarquia populacional, as abordagens foram realizadas sob o ponto de vista das flutuações populacionais (abundância), processos de colonização e extinção, sendo os indicadores os parâmetros envolvendo distribuição de tamanho das espécies e dominância entre espécies. Avaliações ecossistêmicas visam avaliar o fluxo de energia do sistema, a competição exclusiva e ciclagem de nutrientes tendo como indicadores os parâmetros de produção primária e de análise dos metais nos organismos. Em termos de paisagem, os processos relacionados ao distúrbio têm como indicadores a circulação nos estuários e as análises da paisagem sob o ponto de vista das interações atmosféricas e oceanográficas.

Sob o ponto de vista da saúde ecológica do ecossistema ou de sua integridade ecológica (ANGERMEIER e KARR, 1994), são propostas cinco classes: condições físico-químicas, base trófica, estrutura do habitat, variação temporal e interações biológicas. Dentro das condições físico-químicas propostas pelos autores, neste monitoramento foram avaliados os seguintes fatores: temperatura, salinidade, precipitação, nutrientes e contaminantes. Para análise da base trófica, as abordagens contemplam: produtividade e distribuição da produtividade. Em relação à estrutura do habitat, as análises envolvem complexidade espacial, cobertura e refúgio (dossel), composição do substrato, amplitude da maré, altura das árvores, tamanhos dos caranguejos, velocidade de corrente das marés. Em relação as interações biológicas foram avaliadas os processos de competição entre as espécies e, na escala temporal, as análises implicam em observações na escala diurna, sazonal e anual.

É importante entender o funcionamento do ecossistema com base na teoria de Hierarquias que envolve na realidade a integração entre os diferentes níveis tróficos e que são as conexões que vão capacitar o sistema para responder aos distúrbios. Estes intercâmbios são definidos por Holling (2001) como importantes para compor a capacidade adaptativa dos sistemas aos distúrbios e envolvem as propriedades emergentes, nos diferentes níveis hierárquicos, e que vão responder pela continuidade ou não do sistema. Sob esta perspectiva, eventos que alteram a energia do sistema, sua integridade e saúde ecológica devem levar em consideração as propriedades definidas pelo autor, isto é, saúde, controle interno e capacidade adaptativa. Saúde estabelece limites do que é possível em termos de opções futuras para o sistema, por sua vez, controle interno estabelece o grau no qual o sistema regula seu próprio crescimento/desenvolvimento, isto é, seu destino sem as interferências externas. A capacidade adaptativa ou resiliência determina o quanto o sistema é capaz de se sujeitar a distúrbios externos não previsíveis que podem exceder ou desestabilizar seu controle externo.

Ao executar este monitoramento biológico em longo prazo busca-se estabelecer as mudanças provocadas pelo distúrbio causado pelo aporte dos sedimentos finos e dos metais que aportaram no ambiente costeiro após o rompimento da Barragem de Fundão. Infelizmente, o monitoramento biológico ainda parte do princípio de uma visão utilitária vinculada à procura de uma única fonte e um único efeito (KARR e CHU, 1997), esquecendo-se da multiplicidade de tensores nos quais os manguezais estão sujeitos, sendo difícil estabelecer uma relação de causa e efeito, uma vez que os sistemas possuem mecanismos de feedback (RYKIELL Jr., 1985) que lhes confere a capacidade de auto regulação. A abordagem holística com base na teoria de hierarquias permite compreender quais são os estressores naturais do sistema e como estes podem ser somatizados com um input de energia no sistema de acordo com o ciclo do ecossistema proposto por Holling (2001), que pode ser uma fonte de energia, mas em um evento drástico se torna um sumidouro de energia no sistema.

Portanto, nesse monitoramento foi avaliado a potencialidade de um metal, que é fonte de nutriente para os organismos da fauna e da flora, ser considerado como contaminante e tóxico. Tanto o ferro quanto o manganês não são elementos considerados como nocivos, principalmente quando presente no sedimento, tanto que não existem concentrações consideradas tóxicas ou letais para estes elementos na resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), sendo descritos como AET (Aparent Effect Threshold (Limite de Efeito Aparente)) pela tabela da NOAA (1999). Em geral, dano químico é a combinação destes elementos no ambiente natural com um input acentuado causado pelo homem, sendo os metais pesados e alguns metalóides considerados como de risco para as formas de vida, entre eles: As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sc, Se, Ti, Tl, V and Zn, e outros elementos como Al, Ca, K, Mg, Na, P e Sr que estão presentes em muitas rochas naturais, mas que podem ter na sua forma sólida associações com alguns poluentes (SIEGEL, 2002). Dentre estes, os metais pesados considerados como sendo aqueles que causam maior risco ambiental por uso intenso, toxicidade e ampla distribuição são o mercúrio, chumbo, cádmio e arsênio. Um agravante em relação aos metais pesados em geral é que não são somente poluentes da água ou biomagnificados nos alimentos, a grande maioria deles pode ser transportado de um local para outro via aérea, seja como gases ou como espécies adsorvidas sobre ou absorvidas em material particulado em suspensão (BAIRD, 2002).

Os elementos maiores mais concentrados no ambiente costeiro após a chegada do rejeito foi o Fe, Al e Mn. A química do ferro na água do mar é muito complexa e de difícil entendimento, tanto para a especiação inorgânica quanto os complexos orgânicos. Em geral, o ferro na água do mar (pH 8) está presente predominantemente na forma de oxi-hidróxido de Fe particulado, com baixa solubilidade e termodinamicamente estável (Fe^{3+}) e nas camadas superficiais do mar o ferro dissolvido é rapidamente assimilado pelo fitoplâncton (Kenshi, 2001). As formas iônicas OH^- e CO_3^{2-} na água do mar produzem complexos fortes com metais divalentes e trivalentes (Fe e Al, por exemplo). Entretanto, com a diminuição do pH, como no caso do manguezal, esses complexos vão liberar os metais nas suas formas livres, uma vez que a capacidade de adsorção dos metais às partículas orgânicas diminui (MILLERO et al. 2009).

2 METODOLOGIA

2.1 DINÂMICA ESTUARINA

Com finalidade de monitorar o comportamento hidrodinâmico nas regiões estuarinas dos rios São Mateus (Cricaré), Mariricu (Barra Nova) e Piraquê (Santa Cruz), para caracterização do ambiente estudado, foram executados os monitoramentos descritos a seguir. As áreas de estudo do comportamento hidrodinâmico correspondem aos locais 1 (Piraquê-Açú e Mirim), 5 (Mariricu) e 6 (Rio São Mateus).

As estações amostrais foram distribuídas de forma que uma estivesse localizada na foz do estuário e outra mais a montante, possibilitando inferências sobre a dinâmica estuarina de cada local. Nesses locais foram monitorados fluxos d'água, além dos parâmetros salinidade e temperatura. O acompanhamento de níveis d'água foi feito a partir de marégrafos instalados junto às desembocaduras dos estuários.

As medições de fluxos d'água foram feitas com ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) River Ray e processados no software Winriver II da RD Instruments. As medições foram feitas aproximadamente, durante 12 horas, de forma a monitorar um ciclo de maré, em campanhas mensais, abrangendo as diferentes marés e vazões nos estuários.

Níveis d'água foram medidos com sensor de pressão da marca HOB0. Os parâmetros temperatura e salinidade foram medidos *in situ* com sonda multiparâmetros. Nas seis primeiras campanhas esses parâmetros foram medidos com sonda Quanta, na superfície e fundo, nas demais campanhas foi realizada perfilagem com sonda CTD.

2.2 INUNDAÇÃO FLORESTAS DE MANGUEZAL

Para averiguar a condição de inundação nos diferentes tipos fisiográficos e locais no estuário, em cada área de estudo foi implantado sensor de nível da água (HOB0® U20 Titanium Water Level Logger) que coleta informações sobre a pressão absoluta local e permite a conversão dos resultados em nível de água (m).

Em função do número de equipamentos disponíveis, não houve coleta de informação para todas os locais no estuário no mesmo dia, entretanto, os dados foram obtidos no mesmo tipo de maré. Para processamento dos resultados registrados pelo sensor de inundação foi considerada densidade do fluido para água salobra ($1.010,000 \text{ kg/m}^3$) e como parâmetro para compensação barométrica o nível do mar. Após o registro de dados de pressão pelo sensor, o equipamento permite a conversão dos dados de pressão em nível da água, mecanismo executado pelo programa Hoboware®.

Cada sensor de pressão e de salinidade foram instalados em locais protegidos (camuflados para evitar roubos) no interior das florestas de mangue por período de 24 horas para avaliar todo ciclo de maré.

Os dados registrados de pressão foram convertidos em nível de altura da água, assim como, os registros de condutividade, para salinidade por meio do programa Hoboware®.

2.3 SEDIMENTOLOGIA

As amostras de sedimento foram coletadas nas zonas entremarés dentro dos manguezais. Semestralmente foram coletadas 24 amostras de sedimentos nas áreas dos rios Piraquê-Açu, Piraquê-Mirim, rio São Mateus e Caravelas, 8 amostras em Urussuquara, 6 amostras em Barra do Riacho e 12 amostras em Barra Nova, nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm, margem direita e esquerda quando havia. Exceto a área da Foz do Rio Doce, em Regência, que foi realizada coleta em um único momento de 100 amostras em dada profundidades de 0-5 e 5-15 cm para implantação da malha amostral irregular. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados, mantidos a temperatura controlada e levados em seguida para o laboratório e armazenadas em ambiente com temperatura de -10° C.

2.3.1 Granulometria

A análise da granulometria das amostras foi realizada visando quantificar os teores de areia, silte e argila e posteriormente verificar sua correlação com os teores de metais em estudo.

Em laboratório foram separados cerca de 50 gramas da amostra bruta para a análise granulométrica. Primeiramente, fez-se a lavagem da amostra com água para a retirada dos sais através da decantação em bécker de 1 L por três vezes. Posteriormente, foi feito a separação das frações grossa e fina (areia e lama), o qual procede-se colocando a amostra lavada em uma peneira com abertura igual a 0,063 mm sob água corrente.

O becker contendo a fração fina deve ser deixado em repouso até completa deposição do sedimento em suspensão. Após, o excesso de água foi drenado cuidadosamente com uma mangueira e seguir para remoção da matéria orgânica total por queima com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 30%. Em uma capela de exaustão de gases (ligada), posiciona-se o becker contendo a fração fina sobre uma chapa aquecedora (à 70°C) e adiciona-se delicadamente e aos poucos (reação forte) o H_2O_2 à amostra com o auxílio de uma pisseta até que a reação termine (cesse o borbulhamento). Após adição do H_2O_2 , deixa-se o bécker sobre a chapa aquecedora ligada por, no mínimo, 6h. Terminadas as 6h, checar se o sedimento ainda irá reagir (borbulhar) com a adição de mais H_2O_2 . O procedimento de queima deve continuar até que não haja mais reação (borbulhamento) com a adição de mais H_2O_2 ao sedimento. Terminada a queima, a amostra deve ser lavada três vezes no próprio becker seguindo o mesmo procedimento descrito para a remoção de sal (lavagem seguida de decantação). Nestas amostras, a fração lama foi analisada através do granulômetro a laser, mastersizer 2000 da Malvern Instruments de acordo com o metodologia adaptada de Dias (2004).

O becker contendo a fração grossa (após a água ser drenada) deve ser levado à estufa a 40°C para secagem da amostra. Após seco, o sedimento deve ser pesado e seguirá para o fracionamento via seca. A fração areia foi passada pelo peneiramento a seco, que consiste em utilizar um conjunto de peneiras com telas de malhas de 2 mm a 0,063 mm colocadas em um agitador mecânico durante 15 minutos. Após peneiramento cada parte do sedimento presente na peneira foi pesado e planilhado. A escala granulométrica utilizada foi a de Wentworth (1922), em que as frações maiores que 0,063 mm são classificadas como areias/grânulos e as menores, como silte/argila (SUGUIO, 1973).

2.3.2 Matéria orgânica total

Devido à importância da matéria orgânica total dos sedimentos na retenção/sorção de diversas espécies dissolvidas e particuladas, a exemplo dos metais, o teor de matéria orgânica total (MOT) presente nos sedimentos foi mensurado através do método de calcinação, que consiste na queima da MO em altas temperaturas. Para isso, foram pesadas 2 g de cada amostra de sedimento. Essas amostras pesadas foram colocadas em cadinhos de porcelana e submetidas à temperatura de 450 °C na mufla, durante 4 horas. A massa de MOT é definida pelo peso do sedimento antes da queima na mufla subtraído do peso após a queima na mufla segundo método Walkley-Black modificado (EMBRAPA, 1999). O teor é a conversão deste valor em porcentagem, podendo-se encontrar a concentração de MOT presente nas amostras através do cálculo:

$$MOT = \frac{Pf \times 100}{Pi}$$

Onde *Pf* é o peso final e *Pi* é o peso inicial das amostras.

2.3.3 Carbonato de cálcio

Cerca de 20 g da amostra bruta liofilizada foi pesada e transferida para um becker previamente pesado. Após, o becker contendo o sedimento seco e já pesado foi colocado em uma capela de exaustão de gases (ligada) para a adição lenta e gradual de HCl (30%) com o auxílio de uma pisseta. O procedimento continua até que a adição de HCl não provoque mais reação (borbulhamento). Terminada a queima do carbonato, o sedimento deve ser lavado 3 vezes com água e seco em estufa à 40°C. Após seco, o becker com o sedimento é novamente pesado e o teor de carbonato de cálcio será o sedimento pré-queima subtraído do sedimento pós-queima corrigido para porcentagem.

2.3.4 Metais

A análise de metais em sedimentos foi realizado segundo método US EPA 3051A (USEPA, 2013), que preconiza a digestão de cerca de 0,50 g de solo, seco e homogeneizado, em 10 mL de HNO₃ em tubos de Teflon com o uso do forno micro-ondas (CEM, MARX X-PRESS) seguindo os seguintes parâmetros: 1ª rampa de temperatura 25°C a 175°C em 5:30min. e a 2ª rampa de 25°C a 175°C em 4:30min., ambas em potência de 1600 W. A solução foi então resfriada e filtrada através de um filtro Whatman n° 1 e diluída para 100 ml em um balão volumétrico e as soluções analisadas pelo ICP -MS (Espectrometria

de massa de plasma indutivamente acoplada; Agilent, CX7500). Os elementos analisados pelo ICP-MS foram: Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, V e Zn. Material de referência (SS-2, EnviroMATTM) foi analisado para certificação do método e porcentagens de recuperação desses elementos.

2.3.5 Geoestatística Rio Doce

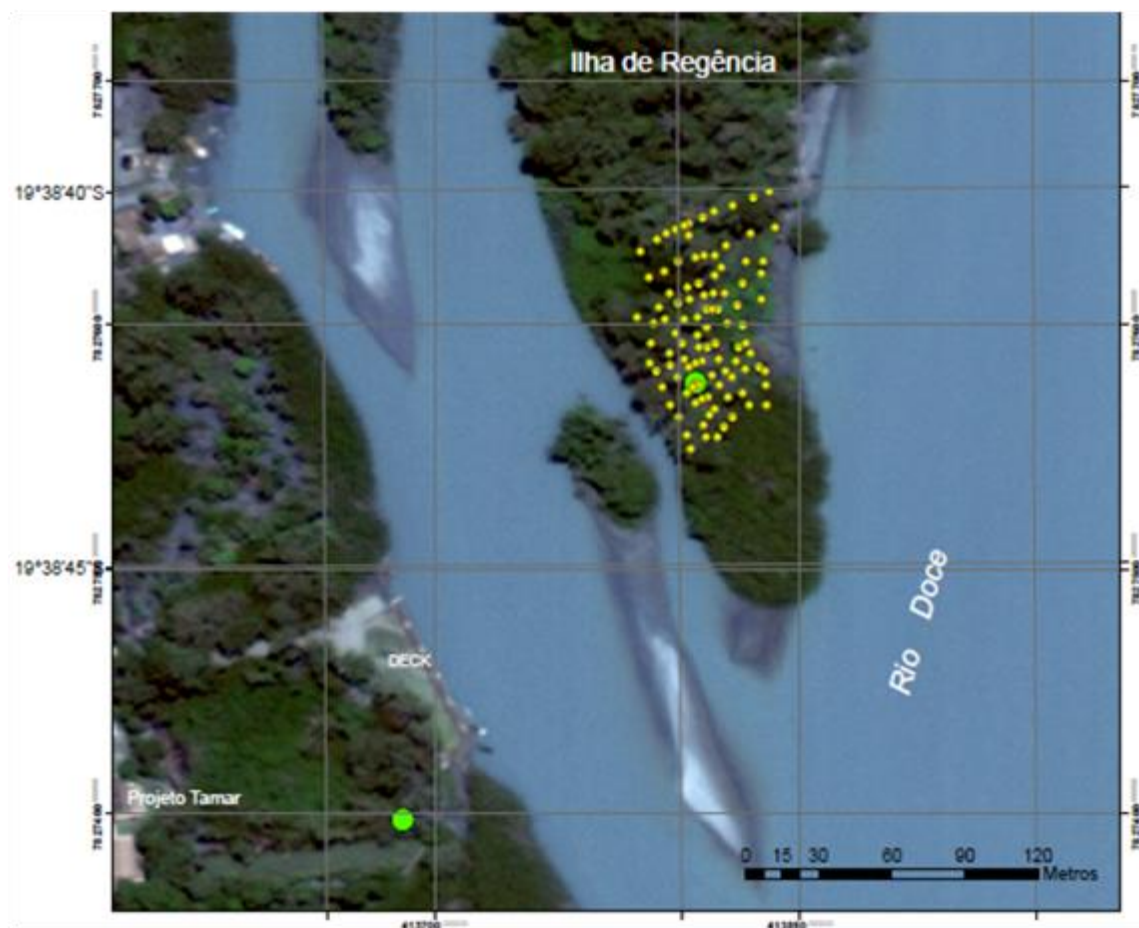
2.3.5.1 Área de estudo

O monitoramento foi conduzido em uma área localizada na Foz do Rio Doce, no município de Linhares, Espírito Santo, Brasil, nas coordenadas UTM 24S (413.807,272 m E e 7.827.576,210 m S) e, altitude de 6 m. A área não é caracterizada como manguezal, apresentando solo bem argiloso e aluviais como o Neossolo Fúlvico, que corresponde em grande parte aos sedimentos mais recentes dos canais principais do rio Doce (VILARINHO, 2005), com vegetações de mata Atlântica, aninga e hibisco-do-mangue. O clima do município de Linhares é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado por clima tropical úmido, com inverno seco e chuvas máximas no verão (ALVARES et al., 2013).

2.3.5.2 Malha amostral

Foi instalada uma malha irregular com 100 pontos (Figura 1), com distância mínima de 5 m entre si. Para georreferenciamento da área foi utilizado um par de receptores GNSS Base e Rover Trimble R4 RTK.. Em cada ponto amostral foram coletadas três subamostras de solo utilizando um amostrador de sedimento, na profundidade de 0-5 e 5-15 cm, compondo uma amostra composta de cada profundidade, para análise de granulometria, matéria orgânica total, carbonato de cálcio e metais.

Figura 1: Representação digital do terreno com a distribuição espacial dos pontos de amostragem.



2.3.5.3 Geoestatística

A análise geoestatística visa definir o modelo de variabilidade espacial dos atributos do solo envolvidos neste estudo, obtendo-se, assim, os semivariogramas e, posteriormente, o mapeamento de cada parâmetro estudado através da krigagem ordinária. A análise da dependência espacial foi realizada com auxílio do programa computacional GS+ Versão 7 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais, cuja expressão pode ser encontrada em Vieira et al. (2000), como mostrado na equação:

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i+h) - z(x_i)]^2}{2n(h)}$$

em que: $n(h)$ número de pares amostrais $[z(x_i); z(x_i + h)]$ separados pelo vetor h , sendo $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$, valores numéricos observados do atributo analisado, para dois pontos x_i e $x_i + h$, separados pelo vetor h .

Para ajuste dos modelos matemáticos aos semivariogramas foi utilizado o método de tentativa e erro, que se baseia no ajuste manual dos semivariogramas até obter o melhor ajuste, aliado a menor soma de quadrado dos resíduos (SQR), e ao exame dos resultados da correlação de regressão de validação cruzada (CRVC), que avalia a qualidade da estimativa realizada pela krigagem ordinária (AMADO et al., 2007). Foi calculada o índice de dependência espacial (*IDE*), que é a proporção em percentagem da variância estrutural (C_1) em relação ao patamar ($C_0 + C_1$), que de acordo com Zimback (2001), apresenta os intervalos que considera: dependência espacial fraca ($IDE < 25\%$); moderada ($25\% \leq IDE < 75\%$) e forte ($IDE \geq 75\%$), como mostrado na equação:

$$IDE = \frac{C_1}{C_0 + C_1} 100$$

2.4 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE MANGUEZAIS

Os processos e desenvolvimento estrutural dos manguezais situados em regiões de influência antrópica estão atrelados às condições ambientais naturais (temperatura, amplitude de maré) e tensores provenientes da interação humana nestes ecossistemas. A avaliação da dinâmica estrutural da floresta assim como sua resposta aos tensores antropogênicos pode ser identificada através das observações do seu diâmetro, altura, número de troncos, espécies presentes e condição dos indivíduos (vivos ou mortos), bem como de parâmetros estruturais derivados dessas informações, tais como a área basal, densidade e curvas de distribuição diamétrica.

No presente estudo, o método utilizado para a caracterização da estrutura vegetal é baseado, de forma geral, em Cintron e Schaeffer-Novelli (1984) e Schaeffer-Novelli e Cintron (1986).

A área das estações variou entre 6 e 1152 m², conforme proposto por Estrada (2009), de acordo com a densidade da floresta, de forma a ser amostrado um número representativo de indivíduos, ou seja, mínimo de 30 árvores por estação. Ainda, considerando-se a homogeneidade da mesma em termos de características estruturais (composição de espécies e desenvolvimento estrutural dos indivíduos). Cada estação foi composta por três parcelas (réplicas), caso o local apresentasse algum impedimento, como a presença de outro sistema vegetal, o número de parcelas foi reduzido

Em campo, todos os indivíduos foram identificados em termos de espécie e medidos quanto à altura dos mesmos e o diâmetro dos troncos à altura do peito (DAP), foram contabilizados os números de troncos de todas os indivíduos e conferidos quanto à sua condição (vivo ou morto).

Por meio destas informações foi possível verificar o desenvolvimento estrutural calculando os seguintes parâmetros por estação: densidade de tronco vivos, altura média, DAP médio, área basal de troncos vivos e mortos, dominância em área basal por espécie, relação tronco/indivíduo e classe de diâmetro.

Posteriormente, foram elaborados histogramas de distribuição do percentual de troncos vivos e mortos por estação e por classe diamétrica (cm). As classes foram divididas a cada 2 cm, e estão graficamente

representadas nos resultados pelo número que representa o centro da classe. Sendo assim, a classe de 0 a 2 cm é representada pelo número 1, e assim sucessivamente.

Foi realizada ainda análise das relações entre o DAP médio e a densidade de troncos em cada parcela estudada, tendo como referência o modelo proposto por Jimenez et al. (1985), a exemplo do realizado por Cavalcanti et al. (2009). Para essa análise foi avaliado o ajuste ao referido modelo dos dados obtidos, tanto para as estações estudadas no presente projeto, como para os dados disponíveis de estudos anteriores ao rompimento da barragem, disponíveis tanto na literatura, como no banco de dados do GEMA/UFES e NEMA/UERJ, bem como dos dados levantados pela Golder imediatamente após o rompimento da barragem. A análise das relações entre o DAP médio e a densidade de troncos em cada parcela estudada foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$y = \ln 7496 - (1.4934) \ln x$$

2.5 MAPEAMENTO FLORA E LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS

Para o cumprimento do mapeamento da estrutura foi necessário o tratamento das imagens de satélite obtidas por meio de tecnologia SIG das áreas de estudo no litoral norte capixaba. Foram solicitadas imagens de alta resolução de todas as áreas de estudo (meta física 1). A empresa contratada para isto teve grande dificuldade em obter rapidamente imagens com baixa cobertura de nuvens dos locais escolhidos, por conta das características climáticas do estado de Espírito Santo e do extremo sul da Bahia. Desta forma, houve o fornecimento preliminar de imagens provenientes do satélite Planet com resolução espacial de 3 metros, para realização do planejamento das saídas de campo.

As imagens de satélite permitiram o cumprimento do objetivo que tinha como finalidade a delimitação com base em SIG as áreas de estudo no litoral norte capixaba. Para realização do mapeamento, as imagens foram tratadas para realizar um mosaico isto teve como finalidade homogeneizar as composições coloridas, facilitando as interpretações (ESPINOZA, 2008). Numa primeira remessa foram recebidas as imagens para cada uma das áreas sem ser realizado o mosaico das mesmas, cada área possuía em média 15 imagens, fato este que gerou um mapeamento heterogêneo, e apareciam os recortes confundindo a interpretação, mesmo sendo realizada a ortorectificação e georreferência apropriada, esses problemas foram observados nas áreas de transição entre as imagens.

Para solucionar o referido problema, foram realizados os mosaicos e para a composição final foram utilizadas, em média, 3 imagens para cada área, permitindo assim as delimitações com base no mapeamento de cada estuário e, com isto, produziu-se mapas temáticos individuais.

Como as imagens do satélite SKYSAT de alta resolução só chegaram no final do mês de março, ocorreu um atraso na execução de uma parte importante do cronograma proposto, mesmo assim as metas estabelecidas foram cumpridas no prazo para 100% das áreas.

Primeiro foram realizadas três campanhas (saídas de campo), onde foram utilizados os equipamentos para levantamentos topográficos Trimble R4 (RTK) e o GPS pós-processado Juno. Para o uso do equipamento Trimble R4 foi estabelecida rotina de Procedimento Padrão (POP) de forma que todos os integrantes da equipe tivessem uniformidade na utilização do equipamento. Para que a delimitação das áreas contasse com a máxima acurácia, o trabalho de campo iniciou-se com a instalação, distribuição e medição de marcos geodésicos para todas as áreas. Estes marcos foram confeccionados com tubos de policloreto de vinil (PVC) com 50 cm de comprimento cujo interior foi preenchido com cimento com uma placa de identificação do projeto de marco geodésico (Figura 2). Estes marcos foram fixados em locais estratégicos no interior das parcelas de estrutura e correspondem ao local com coordenadas de alta precisão das áreas mapeadas (Figura 3), os “marcos geodésicos” tem um erro na Horizontal de 10 mm + 1 ppm EMQ (meta física 5).

Figura 2: Descrição da forma dos Marcos geodésicos.



Figura 3: Implantação dos marcos geodésicos com a referência.



É possível classificar os dados geográficos segundo o conjunto de técnicas e métodos empregados no seu levantamento, em três categorias: planialtimétricos, ambientais e cadastrais (MOREIRA, 2011). No caso dos marcos do anexo manguezal no PMBA, os dados utilizados para caracterizá-los pertencem as três categorias acima. Como resultado deste primeiro procedimento há monografias para todos os pontos geodésicos (Apêndice - Marcos geodésicos). Este procedimento de instauração de marcos geodésicos serviu também para estabelecer a referência necessária no caso do mapeamento da fauna decápode, principalmente para a espécie *Cardisoma guanhumi* que nem sempre ocorre associada a vegetação do manguezal.

Para conferir qualidade aos dados de georreferência no anexo, foram realizados treinamentos de duas equipes para que todos que estão em campo sejam aptos na utilização do equipamento sendo elaborado *checklist* junto ao POP. Estas equipes acompanharam os trabalhos nas saídas de campo durante visita a duas áreas (meta física 8), assim em caso de a primeira equipe não conseguir se deslocar para todas as áreas por conta da logística, esta segunda equipe ajudaria a fazer alguns levantamentos específicos, por exemplo, como ocorreu na região de Regência onde uma das equipes treinadas conseguiu fazer o levantamento dos pontos amostrais de sedimentos com o Trimble R4, sistema RTK em 100 pontos contíguos.

É importante ressaltar que foi realizado um grande esforço para cobrir a maior quantidade de áreas nestas duas saídas de campo e na terceira saída que foi realizada para cobrir as áreas que antes não foram levantadas, sendo que a permanência de cada uma das equipes em cada área fazendo as medições e levantamentos chegou a ultrapassar as 6 horas de trabalho na maioria dos casos, isto para o bom aproveitamento da maré e das boas condições do tempo (era consultada a tábua de maré e a meteorologia nos dias que antecederiam e durante o campo), os equipamentos Trimble R4 e GPS JUNO, não podem trabalhar em condições de chuva e tormenta elétrica (Figura 4).

Figura 4: Medição dos marcos geodésicos com RTK no interior das parcelas.



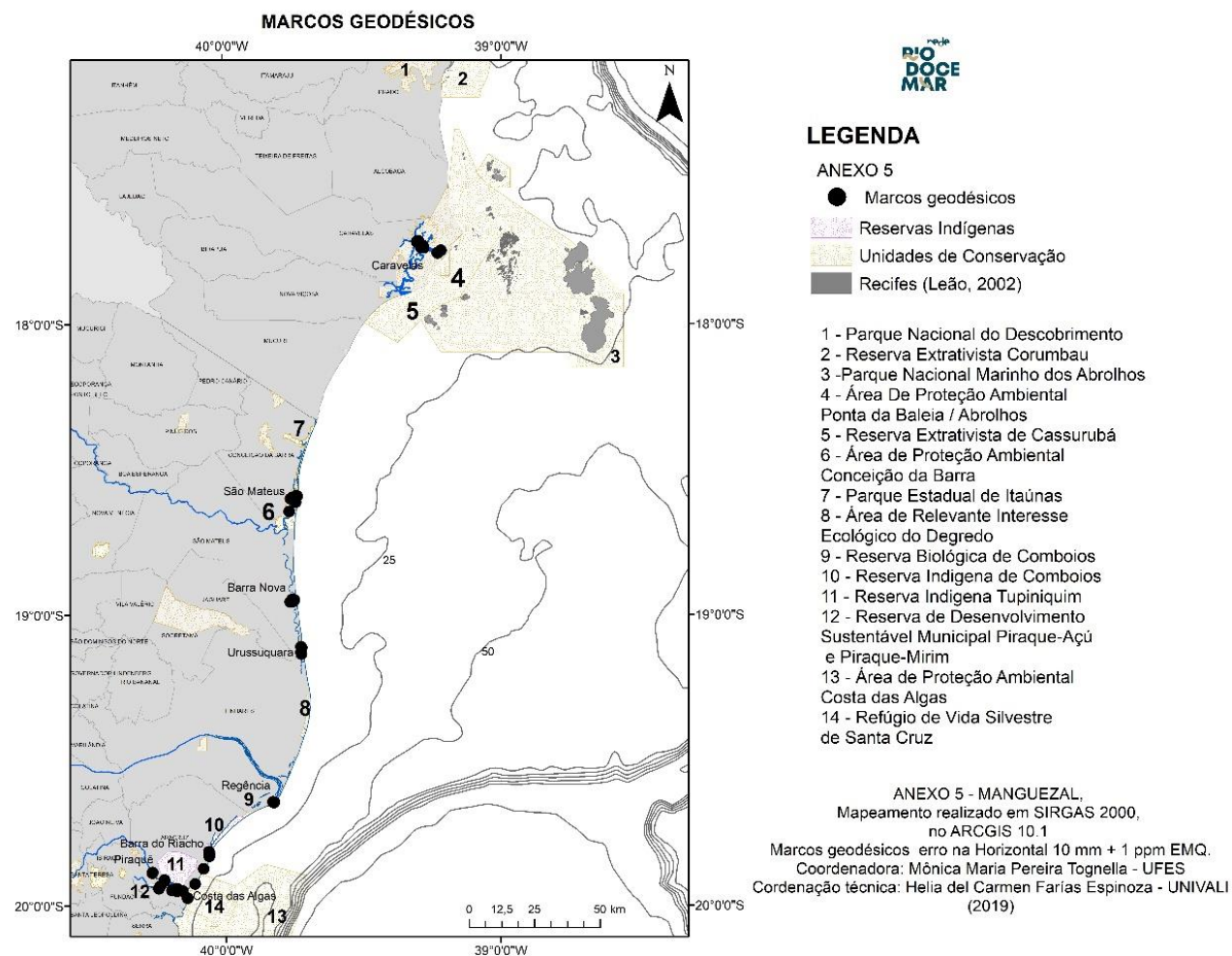
Para o uso do GPS Juno também foi elaborado um POP (Procedimento operacional padrão), cabe salientar que este equipamento de menor precisão que o Trimble R4, permitiu o mapeamento de todos os locais de entrada das parcelas ao longo dos rios em todas as áreas visitadas. Ainda com este equipamento foram levantadas com erro médio de 2 a 5 metros todos os vértices das parcelas visitadas para construção de polígonos. Nos dois campos realizados, sendo o primeiro em outubro de 2018 e segundo em fevereiro de 2019 (meta física 4), executou-se o levantamento dos pontos que sinalizam a localização das parcelas (Figura 5) tanto nas florestas de franja quanto de bacia. Com estes pontos foi possível executar o mapeamento preliminar das áreas de estudo no litoral capixaba e litoral do extremo sul da Bahia (meta física 5).

Figura 5: Levantamento de vértices das parcelas (polígonos)



Num segundo momento, procedeu-se com o mapeamento das áreas, para isto, foram separados e criados os arquivos de pontos, de linhas e de polígonos que deram origem aos mapas temáticos (CÂMARA e MEDEIROS, 1996). Após a realização dos mapeamentos correspondentes à localização das parcelas em todos os estuários a partir de simbologia pontual (Apêndice), também foi realizado um mapeamento geral dos estuários e assim descrever a área de estudo (Figura 6).

Figura 6: Mapa geral da área de estudo



2.6 ANÁLISE FOLIAR DE MACRO E MICRO NUTRIENTES

2.6.1 Coleta e processamento de amostras foliares

Foram realizadas coletas de amostras de folhas de 4 espécies vegetais: *Avicennia schaueriana* (Av); *Laguncularia racemosa* (Lg); *Rhizophora mangle* (Rh) *Talipariti* (Tp), de acordo com sua ocorrência nos manguezais de 9 localidades: São Mateus (SM), Piraquê Açú (PA), Piraquê Mirim (PM), Costa das Algas (CA), Barra do Riacho (BR), Rio Doce (RD), Urussuquara (UR), Barra Nova (BN) e Caravelas (CR), nos estados do Espírito Santo e Bahia. Foram coletados em bosques do tipo franja e bacia nas margens esquerda e direita dos estuários. O período de amostragem foi entre dezembro/2018 e fevereiro/2019.

A amostragem seguiu o seguinte protocolo: realizar a coleta manualmente com as mãos limpas, sem necessidade de luvas; retirar 20 folhas maduras completamente expandidas de cada indivíduo amostrando cerca de cinco plantas por estação para obtenção de amostras compostas com aproximadamente 40 g.

Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel identificados de acordo com cada estação amostral. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C até peso constante. Em seguida as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley (Marca Tecnal; modelo TE-650/1) com peneiras de malha 20 e enviadas para a análise química para determinação de macro e micronutrientes. Para a análise foliar foram considerados os seguintes nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), sódio (Na), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Co) e boro (B). Também foram analisados os elementos chumbo (Pb) e alumínio (Al).

O N-total foi determinado pelo método Kjeldahl, descrito por Bremner (1965). Os demais elementos foram analisados após mineralização pela digestão nítrico-perclórica. O B foi determinado colorimetricamente pelo método da Azometina H (Wolf, 1974), após a mineralização por via seca em mufla a 550° C. O P foi dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C, de acordo com Braga & Defelipo (1974); o K, por fotometria de emissão de chama; o Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu, por espectrofotometria de absorção atômica; e o S determinado por turbidimetria do sulfato (Blanchar et al., 1965).

2.7 ATIVIDADE ANTIRRADICALAR

2.7.1 Amostragem em campo

A amostragem seguiu o seguinte protocolo: realizar a coleta manualmente com as mãos limpas, sem necessidade de luvas; retirar 20 folhas maduras completamente expandidas de cada indivíduo amostrando cerca de cinco plantas por estação para obtenção de amostras compostas com aproximadamente 40 g.

Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel identificados de acordo com cada estação amostral. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C até peso constante. Em seguida as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley (Marca Tecnal; modelo TE-650/1) com peneiras de malha 20 e enviadas para a análise química para determinação da atividade antirradicalar.

2.7.2 Análises em laboratório

2.7.2.1 DPPH

As amostras de folhas secas e moídas foram pesadas ($\pm 0,5000$ ou $\pm 1,0000$ g cada) em balança analítica (BIOPRECISA, modelo Fa2104n, acurácia de 4 casas decimais) utilizando papel de pesagem e transferidas individualmente para tubos Falcon de 15 mL previamente identificados. Após, foram adicionados 5 mL de metanol (HPLC PAI-ACS, marca Panreac) em cada tubo Falcon utilizando uma pipeta automática (NAVELAB). Os tubos Falcon foram fechados e colocados em banho ultrassônico (SANDERS, modelo Soniclean 2) a 40 KHz por 160 minutos para extração. A cada 40 minutos os tubos Falcon eram retirados do banho e agitados durante 30 segundos em um agitador de tubos. Em seguida, os tubos Falcon foram colocados em uma centrífuga de bancada (NOVA INSTRUMENTS, modelo NI1811-A) e centrifugados a 3400 rpm durante 20 minutos. O extrato sobrenadante dos tubos Falcon centrifugados foram transferidos para tubos de ensaio de 15 mL previamente identificados e de massa conhecida. A seguir, os tubos de ensaio foram postos em estufa de secagem (DELEO, modelo A5SE) a 50°C até evaporação total do solvente metanol e até apresentação de massa constante de extrato seco na pesagem. Os tubos de ensaio com o extrato seco foram pesados novamente e então adicionados 5 ou 10 mL de metanol (dependendo da massa inicial) utilizando uma pipeta automática. Os tubos com o extrato seco foram colocados em banho ultrassônico por 5 minutos até total dissolução do extrato no solvente.

Para os testes de atividade antioxidante com DPPH todas as soluções metanoicas dos extratos secos foram diluídas em metanol (duas, cinco, dez ou vinte vezes), para que a absorbância medida se mantenha dentro da faixa de trabalho. As soluções já diluídas foram denominadas como soluções de trabalho (ST). Os ensaios foram realizados adicionando alíquotas de 15 μL , 25 μL e 35 μL de cada ST, em cubetas contendo 3,0 mL de solução metanoica de DPPH 0,2 mmol. L^{-1} e a reação foi mantida ao abrigo da luz durante 60 minutos antes das medidas espectrofotométricas. Todos os ensaios foram realizados em triplicata. As medidas foram realizadas em espectrofotômetro Lambda 16 da marca Perkin Elmer, monitorando a absorbância das amostras em 517 nm. Os brancos consistem em 3,0 mL de metanol contendo 15 μL , 25 μL ou 35 μL da respectiva ST. O controle negativo foi uma solução contendo apenas DPPH 0,2 mmol. L^{-1} em metanol.

O cálculo da porcentagem de inibição do radical DPPH foi realizado de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ inibida} = \left(1 - \frac{[A(a) - A(b)]}{[A(c) - A(b)]} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde A(a) é a absorbância da amostra, A(b) é a absorbância do branco, e A(c) é a absorbância do controle negativo.

A partir das porcentagens inibidas para cada concentração, foram determinados os valores de IC50 (concentração necessária para inibir 50% do radical DPPH), por meio de regressão linear. Como todas as análises foram realizadas em triplicata, foram utilizados a média e o desvio padrão para representar o IC50 de cada amostra (Apêndice).

2.7.2.2 RADICAS SUPERÓXIDO, PEROXIL E HIDROXILA

A avaliação da capacidade de sequestrar radicais livres em relação ao radical superóxido foi baseada na geração do radical $O_2^{\bullet-}$ através do sistema enzimático pela reação da hipoxantina catalisada pela enzima xantina oxidase. Foram adicionados 100 μ L de amostra à solução de reação, que consistiu em 100 μ L de uma solução de EDTA 30 mM; 100 μ L de uma solução 3 mM de hipoxantina e 200 μ L de uma solução 1,42 mM de Nitro Blue Tetrazolium (NBT). Após a mistura foi mantida a temperatura ambiente por três minutos e, em seguida, adicionado 100 μ L de uma solução de xantina oxidase com concentração 0,75 U.mL⁻¹ completando-se o volume até 3mL com tampão fosfato 0,05 M (pH 7,4). A solução final foi então incubada em temperatura ambiente por 40 minutos e a absorbância medida em espectrofotômetro em 560 nm. A atividade de sequestro do radical superóxido foi calculada utilizando a equação 2:

$$O_2^{\bullet-} \text{ atividade antioxidante (\%)} = \left[1 - \frac{(S - S_B)}{(C - C_B)} \right] \times 100 \text{ (Equação 2)}$$

Onde S, SB, C e CB são as absorbâncias da amostra, do branco da amostra, do controle e do branco do controle, respectivamente.

2.7.2.3 MÉTODO DO RADICAL ÂNION SUPERÓXIDO ($O_2^{\bullet-}$)

A atividade antirradicalar das amostras em estudo e dos padrões analíticos em diferentes concentrações frente ao radical hidroxila foi avaliada utilizando o método da 2-desoxi-D-ribose. O $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ e ácido ascórbico foram preparados em água mili-Q antes do uso. Em um tubo, onde foi efetuada a reação adicionou-se 100 μ L do extrato, 100 μ L de EDTA 1 mM, 100 μ L de $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 1 mM, 100 μ L de 2-desoxi-d-ribose 36 mM, 100 μ L de H_2O_2 10 mM, e 100 μ L de ácido L-ascórbico 1 mM em tampão fosfato 25 mM (pH 7,4), após o volume foi completado até 1,0 ml com tampão fosfato. Em seguida, a solução foi incubada a 37 ° C durante 1 h, sendo a reação interrompida pela adição de 1,0 mL de TCA a 10% (m.v⁻¹) e 1,0 mL de 1,0% de TBA (m.v⁻¹) em tampão fosfato (pH 7,4). A mistura foi aquecida a 37°C durante 15 min. Após, as amostras foram resfriadas e o volume final ajustado para 5,0 ml com água deionizada e a absorbância medida em espectrofotômetro em 532 nm. A atividade antioxidante das amostras foi calculada de acordo com a equação abaixo:

$$AA_{OH} = \left(1 - \frac{(S - S_B)}{(C - C_B)} \right) \times 100 \text{ (Equação 3)}$$

Onde S, SB, C e CB são as absorbâncias da amostra, do branco da amostra, do controle e do branco do controle, respectivamente.

2.7.2.4 MÉTODO DO RADICAL PEROXILA (ROO•)

A avaliação da atividade antirradicalar das amostras frente ao ROO• foi realizada pelo método fluorimétrico, sendo utilizado diacetato de 2,7-diclorofluoresceína (DCFH₂-DA) como substrato. A atividade antirradicalar contra o radical peroxil (AAROO•) das amostras foi determinada com base na medida referente ao tempo de 30 minutos de reação e calculada conforme equação abaixo:

$$AA_{ROO\bullet} = \left(1 - \frac{(F_A - F_{AB})}{(F_S - F_{SB})} \right) \times 100 \text{ (Equação 4)}$$

Onde FA é a absorbância da amostra, com ABAP, FAB é a absorbância do branco da amostra, sem ABAP, FS é a absorbância do solvente utilizado nas amostras, com ABAP, e FSB é a absorbância do branco do solvente, sem ABAP.

2.8 PIGMENTOS

2.8.1 Coleta de folhas

A coleta das folhas foi realizada nos diferentes estuários (Piraquê Açu, Piraquê Mirim, Costa das Algas, Rio Doce, Barra do Riacho, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas) com as seguintes espécies: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Talipariti pernanbucenses*. As amostras coletadas foram colocadas em sacos de papel kraft, previamente identificados, e armazenadas em gelo até a chegada ao Laboratório de Ecologia de Manguezais. Todo o material foi imediatamente armazenado em freezer à -30°C até o momento da extração.

2.8.2 Extração dos pigmentos

Amostras de 5 g de massa fresca congeladas à -30°C foram trituradas em nitrogênio líquido (N₂) até formar um pó fino, o qual foi transferido para tubos de ensaio. A este pó foi adicionado 15 mL de solução de acetona 90% + de 0,5 g.L⁻¹ de carbonato de cálcio (CaCO₃). Imediatamente após esse processo, os tubos de ensaio foram acondicionados em temperatura de 2°C por 24h para extração completa dos pigmentos (modificado de Arar, 1997). A partir daí as amostras foram filtradas e o sobrenadante armazenado em frascos âmbar à -30°C até a análise em HPLC (High Performance Liquid Chromatography).

O procedimento de extração foi realizado de forma que os efeitos da luz, da temperatura e da ação enzimática sobre a degradação da clorofila fossem minimizados. As vidrarias contendo as amostras foram protegidas contra a luz e os solventes de extração foram utilizados gelados. O tempo de extração

foi mantido ao seu mínimo possível, diminuindo assim a possibilidade de degradação dos pigmentos analisados. Os tubos de ensaio foram vedados com papel alumínio e mantidos em gelo.

Uma alíquota do sobrenadante foi clarificada em filtro de seringa 0,45 μm e injetada em uma coluna de fase-reversa. A separação dos pigmentos (modificado de Arar, 1997) foi realizada por cromatografia líquida de alta pressão em equipamento Waters “e2695 Alliance”, detector espectrofotométrico de fotodiodos Waters “2998 Photodiode Array Detector” (PDA 2998), coluna Waters “XBridge C18” (3,5 μm , 4,6mm x 50mm) e uma coluna guarda Waters “Symetry C18” (3,5 μm , 3,9 mm x 5 mm). O sistema de análise de dados cromatográficos foi o software Waters Empower 3.

A fase móvel foi composta por um gradiente linear de Metanol (eluente A), Acetato de amônio 0,5M (eluente B) e Acetona (eluente C) com o seguinte gradiente: 0 min (80:20:0 v/v/v), 2 min (80:20:0), 15 min (80:0:20), 17,5 min (80:0:20), 22 min (0:0:100), 25 min (80:20:0), 30 min (80:20:0). O fluxo da fase móvel foi constante a 1 mL/min⁻¹ e a temperatura da coluna ajustada para 25 °C. O volume de injeção foi de 50 μL . O espectro de absorção da clorofila foi ajustado entre 380 a 750 nm com comprimento de onda de 440nm.

As marcas dos reagentes e materiais utilizados foram: Sigma-Aldrich, grau HPLC, $\geq 99.9\%$ de pureza (acetona), Merck-LiChrosolv Reag. Ph Eur, grau HPLC, 99.9% de pureza (metanol), Sigma, para biologia molecular, $\geq 98\%$ de pureza (acetato de amônio) e Sigma-Aldrich, BioXtra, $\geq 99.0\%$ de pureza (carbonato de cálcio). A água foi filtrada em sistema Purelab Option-Q, Elga-Veolia. As filtrações foram realizadas com papel filtro 12,5 cm Unifil e com filtro de seringa 25 mm 0,45 μm PTFE Whatman. As seringas utilizadas foram de 3 ou 5 mL Luer-Lock SR.

Os pigmentos isolados foram identificados comparando seus espectros de absorbância e tempos de retenção com os de padrões de clorofila *a* (Sigma C5753, Sigma Chemicals Co. St. Louis, MO, USA) e clorofila *b* (Sigma C5878, Sigma Chemicals Co. St. Louis, MO, USA). Esses padrões são provenientes do espinafre e tem um grau de pureza de 99,99 %.

As curvas padrão para clorofila *a* e *b* foram preparadas entre 0,4 - 400 $\mu\text{g. L}^{-1}$. Com as concentrações aplicadas e as áreas obtidas para cada pico, efetuou-se uma análise de regressão linear, obtendo-se assim as curvas padrão. Todos os gráficos foram lineares, com coeficiente de correlação de no mínimo 0,9985. As áreas dos picos encontrados nos extratos das amostras foram interpoladas nas curvas padrão para quantificar a concentração dos pigmentos existentes nas amostras analisadas. Em seguida, o teor do pigmento na amostra foi calculado levando em consideração todas as diluições feitas ao longo do procedimento. A unidade final dos cálculos foi dada em $\mu\text{g. g}^{-1}$ de massa fresca. Os dados de carotenoides foram calculados de acordo com Arnon (1949) e foram expressos em $\mu\text{g. g}^{-1}$ de massa fresca.

2.8.3 Análise estatística

Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do software Genes 3.1 (CRUZ, 2016). No desdobramento da mesma, realizou-se o teste de agrupamento de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade, por meio do mesmo software. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada com auxílio do software R Core Team (2019).

2.9 ANÁLISES FOTOSSINTÉTICAS

2.9.1 Material vegetal e condições de amostragem

Para as medições da produtividade primária (fluorescência da clorofila *a*, assimilação de CO₂ e trocas gasosas) e pigmentos fotossintéticos, definiu-se um padrão de amostragem, consistindo na aquisição dos dados em 6 folhas consideradas jovens e completamente expandidas, sem indícios de senescência. Para atender a este padrão, foram amostradas as folhas do 2º par a partir do ápice para a base do ramo. Estas réplicas foram obtidas de 5 indivíduos jovens (amostras) de *R. mangle* com até 2 metros de altura. Entretanto, quando da ausência dessa espécie na parcela, foi selecionada aquela dominante (*L. racemosa*, *A. schaueriana* e *T. pernanbucense*), seguindo o mesmo padrão de amostragem (Quadro 1). Estes indivíduos receberam um lacre de identificação, o que possibilitou monitorar a produção primária dos mesmos indivíduos bimensalmente ao longo de um ano (Quadro 2). A aquisição dos dados foi feita sempre pela manhã, no mesmo intervalo de tempo (entre 7 e 12 horas) em todas as parcelas.

Quadro 1: Espécies amostradas nas análises fotossintéticas por área/estação ao longo do PMBA.

Área	Estações	Espécie
Piraquê-Açú	Todas	<i>R. mangle</i>
Piraquê-Mirim	Todas	<i>R. mangle</i>
Costa das Algas	CA1	<i>A. schaueriana</i>
Costa das Algas	CA2	<i>R. mangle</i>
Barra do Riacho	Todas	<i>R. mangle</i>
Rio Doce	Todas	<i>T. pernanbucense</i>
Urussuquara	UR1FE	<i>R. mangle</i>
Urussuquara	UR2FD, UR3FE e UR3BE	<i>L. racemosa</i>
Barra Nova	BN1FE, BN1BE, BN2FD, BN2BD, BN3BD	<i>R. mangle</i>
Barra Nova	BN3FD	<i>L. racemosa</i>
São Mateus	SM1FD, SM1BD, SM2FD, SM1FE, SM1BE, SM2FE, SM2BE, SM3FE, SM3BE	<i>R. mangle</i>
São Mateus	SM3FE, SM3BE	<i>L. racemosa</i>
Caravelas	CR1FD, CR1BD, CR2FD, CR3BD, CR1FE, CR1BE, CR2FE, CR2BE, CR3FE	<i>R. mangle</i>
Caravelas	CR2BD, CR3BE	<i>L. racemosa</i>
Caravelas	CR3FD	<i>A. schaueriana</i>

Quadro 2: Datas referentes aos campos de análises fotossintéticas realizadas no PMBA.

Campos	Áreas	Datas – Campos
1	Piraquê-Açú-Mirim	22 - 29/10/2018
1	Costa das Algas	28/10 - 01/11/2018
1	Barra do Riacho	30 - 31/10/2018
1	Rio Doce	06/11/2018
1	Urussuquara	07 - 08/11/2018
1	Barra Nova	12 - 21/11/2018
1	São Mateus	14 - 23/11/2018
1	Caravelas	27 - 02/12/2018
2	Piraquê-Açú-Mirim	10 - 15/12/2018
2	Costa das Algas	18/12/2018
2	Barra do Riacho	16 - 17/12/18
2	Rio Doce	19/12/2018
2	Urussuquara	20 - 21/12/2018
2	Barra Nova	04 - 05/12/2018
2	São Mateus	06 - 07/12/2018
2	Caravelas	05 - 10/02/2019
3	Piraquê-Açú-Mirim	21 - 28/02/2019
3	Costa das Algas	23/02/2019
3	Barra do Riacho	19 - 20/02/2019
3	Rio Doce	18/02/2019
3	Urussuquara	14 - 15/02/2019
3	Barra Nova	24 - 28/01/2019
3	São Mateus	29/01 - 06/02/2019
3	Caravelas	19 - 24/04/19
4	Piraquê-Açú-Mirim	09 - 17/04/19
4	Costa das Algas	18/04/2019
4	Barra do Riacho	04 - 05/04/2019
4	Rio Doce	03/04/2019
4	Urussuquara	01 - 02/04/2019
4	Barra Nova	26 - 28/03/2019
4	São Mateus	18 - 25/03/2019
4	Caravelas	15 - 21/06/2019
5	Piraquê-Açú-Mirim	14 - 23/05/2019
5	Costa das Algas	24/05/2019
5	Barra do Riacho	28/05/2019
5	Rio Doce	29/05/2019
5	Urussuquara	30 - 31/05/2019
5	Barra Nova	03 - 05/06/2019
5	São Mateus	06 - 12/06/2019
5	Caravelas	24 - 31/08/2019

Campos	Áreas	Datas – Campos
6	Piraquê-Açú-Mirim	16 - 24/07/2019
6	Costa das Algas	25/07/2019
6	Barra do Riacho	26 - 30/07/2019
6	Rio Doce	31/07/2019
6	Urussuquara	01 - 02/08/2019
6	Barra Nova	05 - 07/08/2019
6	São Mateus	08 - 14/08/2019

2.9.2 Fluorescência da Clorofila a

As medidas da fluorescência da clorofila *a* foram feitas utilizando-se um fluorômetro portátil Handy-PEA (Hanstech Instruments Ltd., King's Lynn, Norkfolk, UK). As folhas foram previamente adaptadas ao escuro por 30 minutos (FALQUETO et al., 2008) utilizando-se cliques foliares (Hansatech Instruments, UK) para a oxidação completa da cadeia de transporte de elétrons. A intensidade de fluorescência em 50 μ (considerado como F_0), 100 μ s, 300 μ s, 2 ms (F_J), 30 ms (F_I) e a fluorescência máxima (F_m) foram registradas e utilizadas para os cálculos dos parâmetros do teste JIP de acordo com Strasser et al. (2004) e Stirbet & Govindjee (2011). Os parâmetros avaliados foram: F_0 – fluorescência inicial, obtida quando todos os centros de reação encontram-se em estado oxidado; F_m – fluorescência máxima, obtida quando todos os centros de reação encontram-se reduzidos; F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PITotal – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

2.9.3 Assimilação de CO₂ e trocas gasosas

Para as medidas da assimilação de CO₂ e dos parâmetros de trocas gasosas utilizou-se um medidor portátil de fotossíntese (Infrared gas analyzer, IRGA) modelos LCi, LCi T e Lcpro T (ADC, Bio Scientific Ltd. Hoddesdon, England). Os seguintes parâmetros foram analisados: temperatura foliar (T) em °C, concentração interna de CO₂ (C_i - μ mol m⁻²s⁻¹), transpiração (E - mmol m⁻²s⁻¹), condutância estomática (gs - mol m⁻²s⁻¹), assimilação de CO₂ (A - μ mol m⁻²s⁻¹). A estimativa da eficiência do uso da água (EUA - μ mol CO₂/mmol H₂O) foi calculada e determinada como: eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int} - A/gs) (SOBRADO, 2005) e eficiência instantânea no uso da água (EUA_{inst} - A/E) (KRAUSS et al., 2003).

2.9.4 Dados climáticos e salinidade

Dados climáticos para os municípios de Vitória, Linhares, São Mateus e Caravelas foram obtidos por meio do INCAPER e INMET entre os meses de agosto de 2018 e agosto de 2019. A estação meteorológica de Vitória está localizada nas coordenadas geográficas 20°31'56,0" S – 40°31'72,0" W, em altitude de 9 metros. A estação meteorológica de Linhares está localizada nas coordenadas geográficas 19°35'67,0" S – 40°06'86,0" W, em altitude de 40 metros. A de São Mateus localiza-se nas coordenadas geográficas 18°67'60,0" S – 39°86'40,0" W, em altitude de 29 metros e a de Caravelas

(Bahia) encontra-se entre as coordenadas geográficas 17°73'94,13" S – 39°25'86,17" W, em altitude de 6 metros.

As medições de salinidade da água intersticial foram realizadas concomitantes às coletas dos parâmetros fotossintéticos. A salinidade da água intersticial foi obtida após percolação da água para o cano de policloreto de vinil (PVC), previamente instalado, empregando-se sensor multiparâmetro marca Hach, calibrado com solução padrão antes de cada amostragem. Para análise da condutividade (salinidade convertida posteriormente), a água intersticial é coletada no interior destes amostradores constituídos de canos de PVC com 5 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento de forma a atingir pelo menos 30 cm de profundidade no sedimento que tem sua base fechada com tampa plástica e são perfurados lateralmente em torno de 5 cm de comprimento a contar da base, em cada parcela são instalados três amostradores onde se realiza a análise com o multiparâmetro.

2.9.5 Análise estatística

Os parâmetros fisiológicos não apresentaram normalidade e, assim, o teste não paramétrico Kruskal-Wallis foi utilizado para as comparações entre os pontos e entre os campos dentro de cada estuário, seguido do teste de comparações múltiplas *a posteriori* (Teste de Dunn). Os tipos fisiográficos (franja e bacia) e as margens (direita e esquerda) foram analisados empregando-se o teste de Mann-Witney. Em casos em que a análise dos pontos ou campos só compreendeu dois tratamentos, aplicou-se também o teste de Mann-Witney (Zar, 1996). As análises estatísticas básicas empregou-se Excell ou o pacote de tratamento estatístico Statistic (STATSOFT)

A relação entre as variáveis fotossintéticas e entre estas e pigmentos fotossintéticos, atividade antirradicalar e teor de metais nas folhas e no sedimento (obtidos dentro do Anexo) foram verificadas por meio do coeficiente de correlação de Pearson, por estuário. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada, por estuário, a fim de verificar padrões nos dados obtidos, sendo construída por meio de matriz de correlação dos dados, para isto empregou-se o programa R (R Core Team, 2019).

Considerou-se o α igual a 0,05 para todos os testes.

2.10 CULTIVO EX SITU DE PLÂNTULAS DE *R. MANGLE*

2.10.1 Coleta e desinfestação de propágulos

Os propágulos de *R. mangle* foram coletados em diferentes indivíduos no manguezal da Guaxindiba, na foz natural do rio Itaúnas (Figura 7) sendo estes coletados por esforço intensivo considerando as duas margens do rio. Após coletados, os propágulos foram acondicionados em sacos plásticos e transportados ao laboratório de Ecologia em Manguezal situado no Ceunes/UFES para serem triados. Os indivíduos coletados (N = 497) foram lavados em água corrente com detergente neutro para retirar resíduos de lama e areia, bem como possíveis micro-organismos. A seguir foram imersos em solução de hipoclorito de sódio a 2,5% durante 10 minutos, seguido de um triplice enxague. Este protocolo foi estabelecido no presente projeto.

Figura 7: Foz natural do rio Itaúnas, Conceição da Barra (ES).

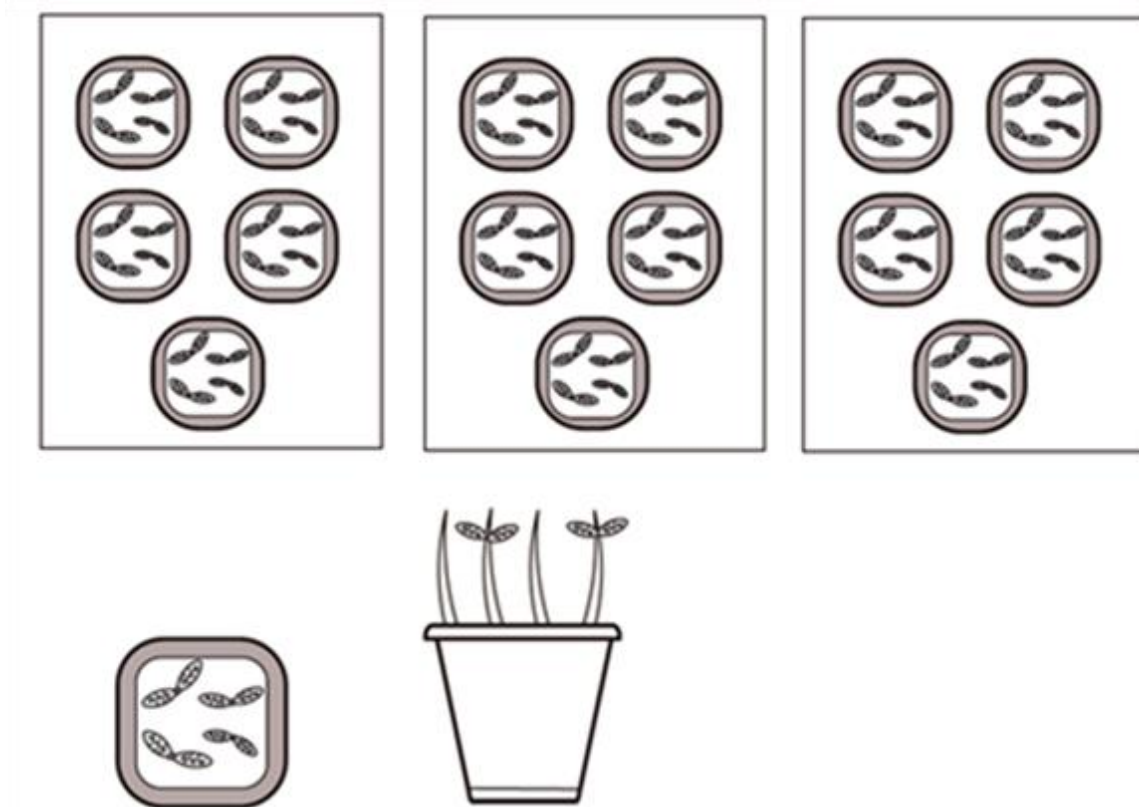


Após a assepsia, os propágulos foram numerados aleatoriamente, sendo medidos quanto seu comprimento com trena calibrada e pesados em balança analítica. Com intuito de homogeneizar os propágulos que seriam utilizados no experimento, os indivíduos foram classificados quanto ao tamanho, sendo aqueles utilizados neste experimento distribuídos no intervalo de 15 a 32 cm; aqueles que se encontravam fora desta faixa foram descartados do experimento.

2.10.2 Desenho experimental e meio de cultivo

Foram utilizados 140 propágulos, distribuídos em cinco tratamentos, com sete repetições que contendo quatro propágulos cada, para que posição do vaso na casa de vegetação não fosse um fator condicionante ao desenvolvimento, os tratamentos foram distribuídos em blocos, sendo o bloco formado por vaso de cada tratamento (Figura 8).

Figura 8: Esquema com a distribuição dos propágulos de *R. mangle* nos vasos para cultivo e sua disposição na casa de vegetação



Os propágulos foram cultivados em casa de vegetação situada no Ceunes. A técnica de cultivo empregada foi a hidroponia sendo utilizada para cada vaso 10 L de solução de Hoagland e Arnon (1950). O pH da solução foi ajustado a 6,0 considerado adequado para assimilação de nutrientes. Para garantir o melhor desenvolvimento das plântulas, uma vez que são halófitas, foram adicionadas à solução 14,61g de NaCl por litro de solução (Quadro 3), resultando numa concentração salina de 20. Amorim (2014) observou que a incorporação de baixas concentrações de NaCl na solução nutritiva é importante para o desenvolvimento dos propágulos de *R. mangle* sem se tornar um tensor. Com isto, a solução de Hoagland e Arnon (1950) foi adaptada para o cultivo da espécie. Com o objetivo de suprir

adequadamente os propágulos com os macros e micronutrientes necessários para o desenvolvimento dos indivíduos e para que sua falta não se tornasse um fator limitante, procedeu-se com a troca da solução hidropônica a cada cinco semanas. As plântulas foram cultivadas por três meses e durante este período ocorreu a emissão do primórdio foliar, além da estabilização da taxa de crescimento (LIMA 2018; BALL 2002; AMORIM 2014). Após esta etapa procedeu-se a continuidade do experimento que será descrito abaixo.

Com objetivo de avaliar o comportamento do Fe durante o desenvolvimento inicial de plântulas de *R. mangle*, após emissão do primeiro par de folhas foram adicionadas a solução nutritiva diferentes concentrações de Fe na forma de cloreto de ferro (FeCl_3), configurando os seguintes tratamentos: 45 $\mu\text{mol/L}$ (Controle); 135 $\mu\text{mol/L}$; 225 $\mu\text{mol/L}$; 270 $\mu\text{mol/L}$ e 315 $\mu\text{mol/L}$.

O Fe é um micronutriente essencial para o desenvolvimento vegetal (BECANA; 1998), a ausência do mesmo na solução faria com que as plântulas apresentassem sinais da deficiência do nutriente, sendo assim, a concentração do elemento no tratamento controle é a mesma recomendada por Hoagland e Arnon (1950). As demais concentrações foram formuladas utilizando como base experimentos com espécies de mangue.

Quadro 3: Macro e micronutrientes com suas concentrações utilizadas na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) para volume de 1000 mL.

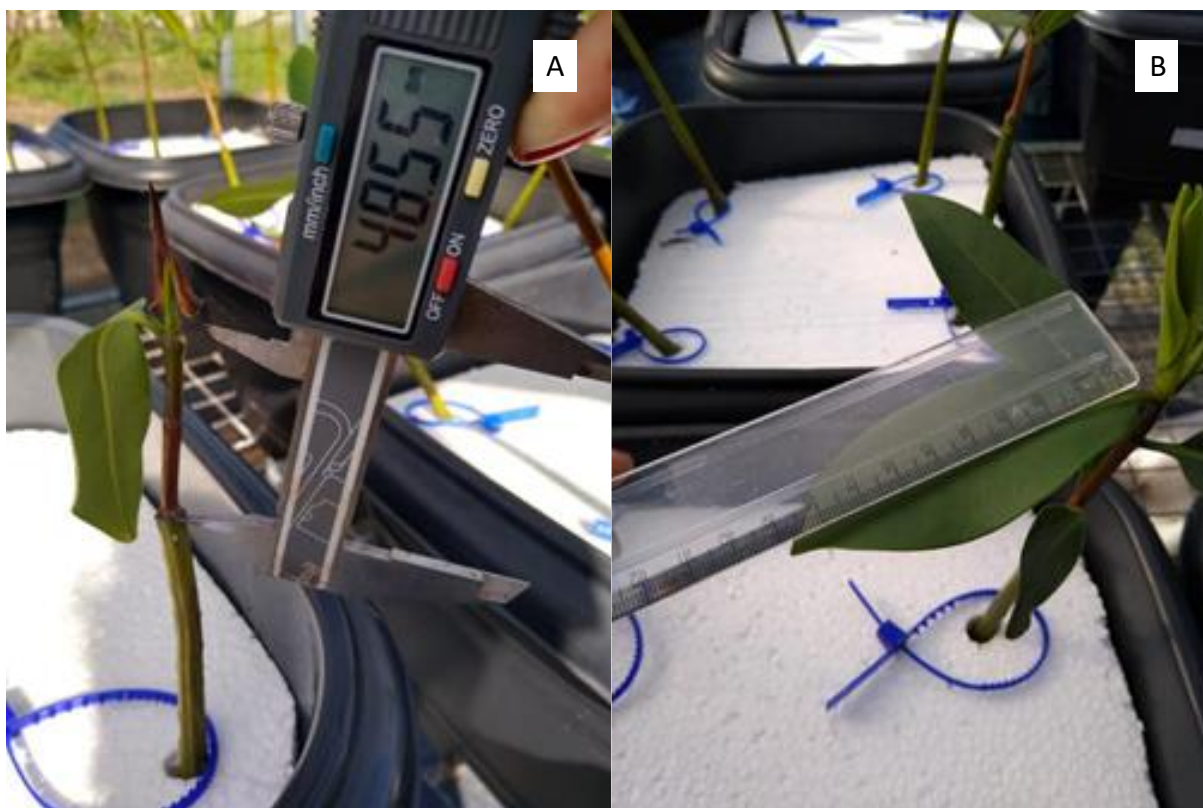
Macronutrientes	Sal	g/L	Concentração
	KH_2PO_4	136,09	1 mL/L
	KNO_3	101,11	5 mL/L
	$\text{CA}(\text{NO}_3)_2$	236,11	5 mL/L
	MgSO_4	246,48	2 mL/L
Micronutrientes	H_3BO_3	2,844	1 mL/L
	CuSO_4	0,075	
	MnSO_4	2,13	
	NH_4MO	0,018	
	ZNSO_4	0,374	
	NaEDTA	33,5	1 mL/L
	FeCl_3	24,33	

2.10.3 Desenvolvimento das plântulas

O experimento foi monitorado quinzenalmente avaliando, em todos os indivíduos, o surgimento de folhas, raízes e incremento em altura. O número de folhas e ramificações foram obtidos pela contagem individual. A altura das plântulas foi medida com auxílio de paquímetro digital (King Tools $\pm 0,01\text{mm}$) com unidades em milímetros, sendo considerada desde a marca da transição entre o hipocótilo e epicótilo até o ápice da maior ramificação; também foram realizadas as medições do comprimento e largura das folhas (Figura 9 A e B). Estes dois últimos parâmetros foram avaliados com régua plástica uma vez que o equipamento que realiza esta avaliação de forma digital pode ocasionar a queda das

folhas. Para evitar este tipo de estresse nos experimentos, adotou-se o procedimento com menor acurácia.

Figura 9: Aferição dos parâmetros de crescimento de plântulas de *R. mangle* cultivadas sob diferentes doses de Fe. (A) comprimento do epicótilo e (B) comprimento e largura das folhas.

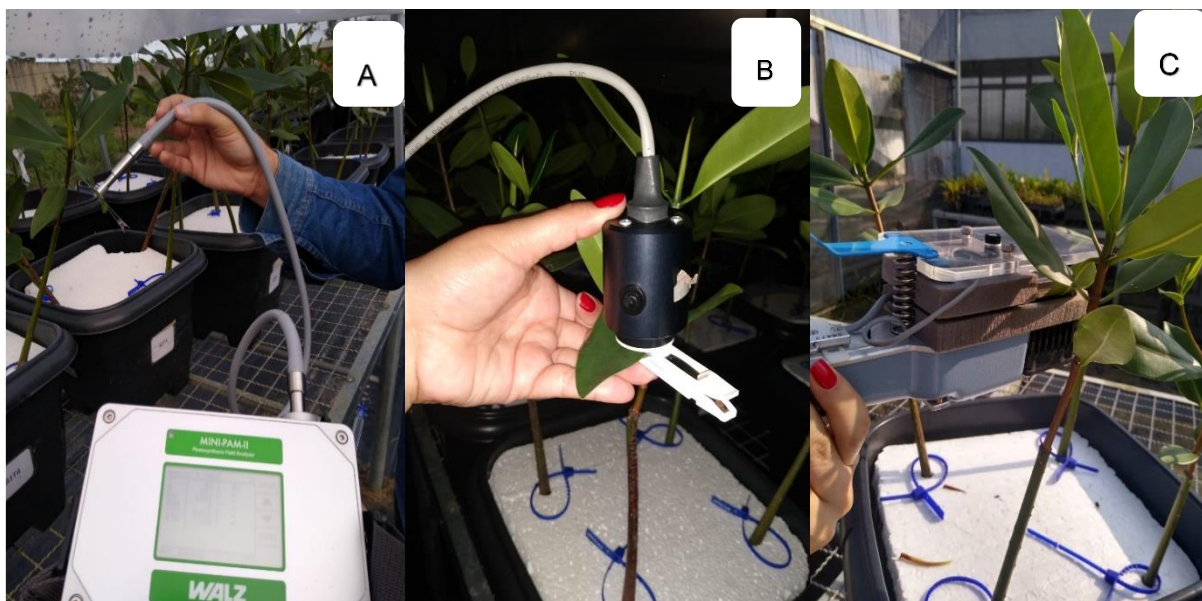


2.10.4 Parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos foram medidos após 110 dias do início do cultivo, 60 dias após a inserção do Fe. Dentro dos parâmetros avaliados encontra-se a fluorescência transiente da clorofila *a* e as trocas gasosas (Figura 10 A e B). A leitura da fluorescência transiente da clorofila *a* foi realizada em 14 plântulas por tratamento (duas por réplica) sempre na segunda folha totalmente expandida contada a partir do ápice do epicótilo, com auxílio dos Flurômetros MINI PAM II (Walz – Germany) e Handy PEA (Hansatech Instruments Ltd. King's Lynn, Norfolk, UK) e calibrados simultaneamente para não haver diferenças entre os dados obtidos pelos dois equipamentos. Para garantir a oxidação completa do sistema fotossintético, as folhas foram adaptadas ao escuro durante 30 minutos com auxílio do clipe foliar e, então, realizadas as leituras com os respectivos equipamentos.

Os parâmetros de trocas gasosas foram mensurados durante o período da manhã, entre 8 horas e 10 h e 30 min, empregando o sistema portátil ADC, modelo LCi (ADC, BioScientific Ltd. Hoddesdon, England). As medições foram realizadas em folhas do segundo par, intactas e completamente expandidas. As medições foram realizadas em cinco folhas de cinco indivíduos. As leituras foram realizadas de forma a se ter homogeneidade entre as folhas na questão da incidência de luz.

Figura 10: Leitura dos parâmetros fisiológicos de plântulas de *R. mangle* cultivadas sob diferentes doses de Fe. (A) fluorescência clorofila a com fluorômetro modulado; (B) Fluorescência da clorofila a com auxílio do HANDY PEA; (C) Trocas gasosas com o LCI.



2.10.5 Análises anatômicas

Foram coletados folhas e raízes das plântulas em cultivo, sendo 7 folhas e 5 raízes de cada tratamento. Em seguida, o material foi fixado em solução de F.A.A. (formaldeído, ácido acético e etanol 50% na proporção de 0,5:0,5:9) por 48 horas e armazenado em etanol 70% (JOHANSEN, 1940). Posteriormente, foram realizadas secções transversais e paradérmicas nas folhas e secções transversais nas raízes. Os cortes foram clarificados com solução de hipoclorito de sódio 50% e corados com safranina e azul de astra (BUKATSCH, 1972). Para montagem das lâminas se utilizou água destilada e glicerina 50%. As secções foram observadas em microscópio óptico e fotodocumentadas para posterior medição das características anatômicas. As variáveis foliares analisadas foram espessura da hipoderme, do parênquima paliçádico, do parênquima lacunoso, o número de vasos de xilema e também a determinação do número de estômatos (densidade estomática e índice estomático). Para as raízes foram analisados o diâmetro da raiz, o número de vasos de xilema, a espessura da endoderme e o diâmetro do sistema vascular.

2.11 FAUNA DECAPODA

2.11.1 Desenho amostral

A área de estudo abrange florestas de mangue, com diferentes composições específicas e desenvolvimento estrutural, na Área de Proteção Ambiental (APA) Costa das Algas, nos estuários do rio Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, rio Riacho, Rio Doce, Ipiranga/Urussuquara, Mariricu e São Mateus, pertencendo aos municípios localizados na região norte do Espírito Santo, e Caravelas, sul da Bahia como apresentado no mapa das áreas amostrais. Todos esses estuários fazem parte do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA). A caracterização estrutural das áreas de estudo é apresentada nos resultados da seção 3.1, subprojeto intitulado “Estrutura e Funcionamento dos manguezais dos estuários do rio São Mateus, Mariricu (Barra Nova e Nativo), Barra Seca (Urussuquara), Rio Riacho, Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, APA Costa das Algas (Aracruz) e Caravelas”.

Parcelas fixas, denominadas estações, com aproximadamente 75m², foram delimitadas com trena de 50 m em bosques naturais do tipo franja e bacia, situadas no estuário inferior, médio e superior (Pontos 1, 2 e 3) e nas margens direita e esquerda, marcadas nos seus extremos com lacres plásticos numerados, georreferenciadas utilizando o GPS Trimble Juno SA, e fotografadas (etapa metodológica descrita no item Cartografia). O número de parcelas variou em função dos estuários e das espécies, *Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumi*. Essa variabilidade no número de estações amostradas em relação ao de planejadas, propostas no Termo de Referência, é justificada pelo fato do ecossistema manguezal nos estuários do rio Riacho, Barra do Riacho, e Ipiranga, Urussuquara, apresentarem extensão estreita na zona intertidal, não sendo possível o estabelecimento das parcelas fixas em bosques de bacia. A diferença no número de parcelas entre as espécies justifica-se pela condição natural de distribuição de *C. guanhumi* na faixa supratidal e pelo fato da espécie estar ameaçada de extinção por perda de habitat e sobreexploração, dificultando a demarcação de estações amostrais nos estuários monitorados no norte do Espírito Santo. Além da baixa densidade populacional de *C. guanhumi*, outro aspecto que limita o desenho amostral é a dificuldade de encontrar áreas com habitat propício que sejam contínuas e extensas. Isso se deve ao habitat naturalmente fragmentado, agravado pela supressão de vegetação, e ao fato da faixa de planície sujeita a inundação pelas marés de sizígia mais extremas necessária para o recrutamento de *C. guanhumi* ser relativamente estreita.

As amostragens ocorreram bimensalmente estendendo-se de outubro de 2018 a setembro de 2019, totalizando 6 períodos de coleta de dados (Campos 1 ao 6) como apresentado na Quadro 4 para *U. cordatus* e Quadro 5, *C. guanhumi*. As células preenchidas com a sigla AI (Amostras impossibilitadas de coleta por condições ambientais) significam que não houve coleta de dados durante a amostragem sendo devidamente justificado pelas condições climáticas. As amostragens de *C. guanhumi* no Espírito Santo começaram efetivamente em novembro, pois no primeiro campo (Campo 1) a equipe dedicou a conhecer as áreas de ocorrência da espécie.

Em Caravelas, o campo 1 teve início em novembro de 2018 e, portanto, a última coleta de dados ocorreu em setembro de 2019. A cada visita às áreas foram realizadas as seguintes atividades:

contagem das galerias diferenciando-as em abertas, fechadas (indicativo de ecdise) e vazias, identificadas pela ausência de atividades biogênicas (marcas de rastros, dejetos ou movimentação de substrato) e medição do diâmetro (menor e maior) da abertura de cada galeria, já que estas são elípticas. As medições dos diâmetros das galerias foram realizadas com auxílio de paquímetro de aço da marca Digimess, com precisão de aproximadamente 0,03 milímetros, adaptado pela soldagem de prolongamentos em forma de espátula de 10,5 cm de comprimento, 2 cm de largura e 3 a 4 mm de espessura (Figura 11), baseando-se no método descrito por Schmidt et al. (2008). A contagem das galerias permitiu a estimativa da densidade populacional (indivíduos.m⁻²), uma vez que cada galeria, aberta ou fechada, é habitada por um indivíduo (ALVES et al., 2005; SCHMIDT, 2006).

Figura 11: Paquímetro de aço da marca Digimess adaptado pela soldagem de prolongamentos em forma de espátula de 10,5 cm de comprimento, 2 cm de largura e 3 a 4 mm de espessura.



Quadro 4: Datas de amostragem dos campos nas estações de amostragem de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), monitoradas durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019.

Estuário	Estação	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6
Piraquê-Açú	PA1FD	28/out/18	29/nov/18	25/fev/19	11/abr/19	22/mai/19	17/jul/19
Piraquê-Açú	PA1BD	28/out/18	28/nov/18	25/fev/19	08/abr/19	17/mai/19	17/jul/19
Piraquê-Açú	PA2FD	23/out/18	23/nov/18	22/fev/19	09/abr/19	15/mai/19	16/jul/19
Piraquê-Açú	PA2BD	23/out/18	23/nov/18	22/fev/19	09/abr/19	15/mai/19	16/jul/19
Piraquê-Açú	PA3FD	22/out/18	23/nov/18	21/fev/19	10/abr/19	14/mai/19	16/jul/19
Piraquê-Açú	PA3BD	22/out/18	29/nov/18	21/fev/19	10/abr/19	14/mai/19	16/jul/19
Piraquê-Açú	PA1FE	24/out/18	27/nov/18	22/fev/19	11/abr/19	16/mai/19	17/jul/19
Piraquê-Açú	PA1BE	24/out/18	27/nov/18	22/fev/19	11/abr/19	16/mai/19	17/jul/19
Piraquê-Açú	PA2FE	24/out/18	27/nov/18	22/fev/19	09/abr/19	16/mai/19	17/jul/19
Piraquê-Açú	PA2BE	24/out/18	27/nov/18	22/fev/19	09/abr/19	16/mai/19	17/jul/19
Piraquê-Açú	PA3FE	22/out/18	23/nov/18	21/fev/19	10/abr/19	15/mai/19	16/jul/19
Piraquê-Açú	PA3BE	29/out/18	23/nov/18	21/fev/19	10/abr/19	15/mai/19	16/jul/19
Piraquê-Mirim	PM1FD	28/out/19	25/nov/18	25/fev/19	12/abr/19	17/mai/19	25/jul/19
Piraquê-Mirim	PM1BD	28/out/18	24/nov/18	25/fev/19	12/abr/19	17/mai/19	25/jul/19

Estuário	Estação	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6
Piraquê-Mirim	PM2FD	26/out/18	25/nov/18	26/fev/19	17/abr/19	21/mai/19	24/jul/19
Piraquê-Mirim	PM2BD	27/out/18	25/nov/18	26/fev/19	17/abr/19	21/mai/19	24/jul/19
Piraquê-Mirim	PM3FD	27/out/18	26/nov/18	27/fev/19	16/abr/19	21/mai/19	24/jul/19
Piraquê-Mirim	PM3BD	27/out/18	26/nov/18	27/fev/19	16/abr/19	21/mai/19	24/jul/19
Piraquê-Mirim	PM1FE	28/out/18	25/nov/18	26/fev/19	18/abr/19	22/mai/19	25/jul/19
Piraquê-Mirim	PM1BE	28/out/18	24/nov/18	26/fev/19	18/abr/19	22/mai/19	25/jul/19
Piraquê-Mirim	PM2FE	27/out/18	25/nov/18	26/fev/19	17/abr/19	22/mai/19	24/jul/19
Piraquê-Mirim	PM2BE	27/out/18	26/nov/18	26/fev/19	17/abr/19	22/mai/19	24/jul/19
Piraquê-Mirim	PM3FE	27/out/18	26/nov/18	27/fev/19	16/abr/19	21/mai/19	23/jul/19
Piraquê-Mirim	PM3BE	27/out/18	26/nov/18	27/fev/19	16/abr/19	21/mai/19	23/jul/19
Costa das Algas	CA 1	AI	AI	23/fev/19	08/abr/19	24/mai/19	19/jul/19
Costa das Algas	CA2	AI	AI	23/fev/19	08/abr/19	24/mai/19	19/jul/19
Barra do Riacho	BR1FD	30/out/18	28/nov/18	20/fev/19	05/abr/19	23/mai/19	AI
Barra do Riacho	BR2FD	31/out/19	28/nov/18	20/fev/19	05/abr/19	23/mai/19	AI
Barra do Riacho	BR3FD	30/out/19	28/nov/18	20/fev/19	05/abr/19	23/mai/19	AI
Urussuquara	UR1FE	08/nov/18	05/dez/18	14/fev/19	02/abr/19	30/mai/19	01/ago/19
Urussuquara	UR2FD	07/nov/18	04/dez/18	13/fev/19	01/abr/19	30/mai/19	02/ago/19
Urussuquara	UR3FE	07/nov/18	04/dez/18	13/fev/19	01/abr/19	30/mai/19	01/ago/19
Urussuquara	UR3BE	08/nov/18	04/dez/18	13/fev/19	01/abr/19	30/mai/19	01/ago/19
Barra nova	BN1FE	21/nov/18	06/dez/18	24/jan/19	27/mar/19	03/jun/19	14/ago/19
Barra nova	BN1BE	21/nov/18	06/dez/18	24/jan/19	27/mar/19	03/jun/19	05/ago/19
Barra nova	BN2FD	21/nov/18	06/dez/18	24/jan/19	26/mar/19	03/jun/19	06/ago/19
Barra nova	Bn2BD	21/nov/18	06/dez/18	24/jan/19	26/mar/19	03/jun/19	05/ago/19
Barra nova	BN3FD	12/nov/18	07/dez/18	28/jan/19	28/mar/19	05/jun/19	07/ago/19
Barra nova	BN3BD	12/nov/18	07/dez/18	28/jan/19	28/mar/19	05/jun/19	07/ago/19
São Mateus	SM1FD	13/nov/18	11/dez/18	29/jan/19	18/mar/19	07/jun/19	08/ago/19
São Mateus	SM1BD	13/nov/18	11/dez/18	29/jan/19	18/mar/19	07/jun/19	08/ago/19
São Mateus	SM2FD	AI	AI	AI	AI	06/jun/19	09/ago/19
São Mateus	SM3FD	14/nov/18	10/dez/18	30/jan/19	20/mar/19	06/jun/19	09/ago/19
São Mateus	SM3BD	14/nov/18	10/dez/18	30/jan/19	20/mar/19	06/jun/19	09/ago/19
São Mateus	SM1FE	21/nov/18	12/dez/18	04/fev/19	21/mar/19	11/jun/19	12/ago/19
São Mateus	SM1BE	21/nov/18	12/dez/18	04/fev/19	21/mar/19	10/jun/19	12/ago/19
São Mateus	SM2FE	13/nov/19	11/dez/18	29/jan/19	18/mar/19	07/jun/19	08/ago/19
São Mateus	SM2BE	19/nov/19	14/dez/18	30/jan/19	20/mar/19	11/jun/19	13/ago/19
São Mateus	SM3FE	19/nov/18	13/dez/18	05/fev/19	25/mar/19	11/jun/19	13/ago/19
São Mateus	SM3BE	19/nov/18	13/dez/18	05/fev/19	25/mar/19	11/jun/19	12/ago/19
Caravelas	CR1FD	17/nov/18	01/fev/19	12/mar/19	31/mai/19	29/jul/19	04/set/19
Caravelas	CR1BD	14/nov/18	01/fev/19	13/mar/19	31/mai/19	29/jul/19	04/set/19
Caravelas	CR2FD	16/nov/18	29/jan/19	29/mar/19	03/jun/19	24/jul/19	10/set/19
Caravelas	CR2BD	12/nov/18	29/jan/19	29/mar/19	06/jun/19	24/jul/19	10/set/19
Caravelas	CR3FD	15/nov/18	28/jan/19	13/mar/19	27/mai/19	03/jul/19	06/set/19

Estuário	Estação	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6
Caravelas	CR3BD	13/nov/18	28/jan/19	13/mar/19	27/mar/19	08/jul/19	06/set/19
Caravelas	CR1FE	17/nov/18	02/fev/19	15/mar/19	01/jun/19	03/jul/19	05/set/19
Caravelas	CR1BE	14/nov/18	02/fev/19	15/mar/19	01/jun/19	03/jul/19	05/set/19
Caravelas	CR2FE	16/nov/18	30/jan/19	16/mar/19	25/mar/19	20/jul/19	09/set/19
Caravelas	CR2BE	12/nov/18	30/jan/19	16/mar/19	25/mar/19	20/jul/19	09/set/19
Caravelas	CR3FE	15/nov/18	31/jan/19	30/mar/19	29/mar/19	31/jul/19	07/set/19
Caravelas	CR3BE	13/nov/18	31/jan/19	30/mar/19	29/mar/19	31/jul/19	07/set/19

Quadro 5: Datas de amostragem dos campos nas estações de amostragem de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), monitoradas durante o PMBA entre novembro de 2018 e setembro de 2019.

Estuário	Estação	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6
Piraquê-Açú	PA1D		28/nov/18	25/fev/19	11/abr/19	14/mar/19	26/jul/19
Piraquê-Açú	PA1E		27/nov/18	25/fev/19	11/abr/19	17/mar/19	25/jul/19
Piraquê-Mirim	PM1E		29/nov/18	26/fev/19	18/abr/19	22/mar/19	25/jul/19
Piraquê-Mirim	PM2E		25/nov/18	26/fev/19	17/abr/19	22/mar/19	24/jul/19
Piraquê-Mirim	PM2D		AI	27/fev/19	17/abr/19	21/mar/19	24/jul/19
Piraquê-Mirim	PM3E		26/nov/18	27/fev/19	16/abr/19	21/mar/19	23/jul/19
Costa das Algas	CA1		30/nov/18	09/jan/19	08/abr/19	24/mar/19	19/jul/19
Costa das Algas	CA2		30/nov/18	23/fev/19	08/abr/19	24/mar/19	19/jul/19
Barra do Riacho	BR1D		28/nov/18	20/fev/19	05/abr/19	23/mar/19	18/jul/19
Barra do Riacho	BR2E		28/nov/18	28/fev/19	05/abr/19	23/mar/19	18/jul/19
Rio Doce	RD1E		01/dez/18	18/fev/19	03/abr/19	28/mar/19	30/jul/19
Rio Doce	RD2D		01/dez/18	18/fev/19	03/abr/19	28/mar/19	30/jul/19
Rio Doce	RD3D		AI	18/fev/19	03/abr/19	28/mar/19	30/jul/19
Urussuquara	UR1E		AI	14/fev/19	01/abr/19	30/mar/19	01/ago/19
Urussuquara	UR2D		AI	14/fev/19	01/abr/19	30/mar/19	01/ago/19
Urussuquara	UR3E		AI	14/fev/19	01/abr/19	30/mar/19	01/ago/19
Barra Nova	BN1E		AI	25/jan/19	26/mar/19	04/jun/19	05/ago/19
Barra Nova	BN2D		AI	25/jan/19	26/mar/19	04/jun/19	05/ago/19
Barra Nova	BN3D		07/dez/18	28/jan/19	28/mar/19	05/jun/19	07/ago/19
São Mateus	SM1D		AI	07/fev/19	18/mar/19	07/jun/19	08/ago/19
São Mateus	SM2D		AI	07/fev/19	18/mar/19	07/jun/19	08/ago/19
São Mateus	SM1E		11/dez/18	29/jan/19	18/mar/19	07/jun/19	08/ago/19
São Mateus	SM2E		12/dez/18	04/fev/19	23/mar/19	10/jun/19	12/ago/19
São Mateus	SM3E		12/dez/18	04/fev/19	21/mar/19	10/jun/19	12/ago/19
São Mateus	SM4E		14/dez/18	15/fev/19	28/mar/19	11/jun/19	12/ago/19
São Mateus	SM5E		14/dez/18	AI	AI	AI	AI
Caravelas	G1d-api	21/dez/18	05/fev/19	08/mar/19	07/mar/19	14/jul/19	02/set/19
Caravelas	G1d-mat	21/dez/18	05/fev/19	08/mar/19	07/mar/19	14/jul/19	02/set/19
Caravelas	G2d-api	08/nov/18	06/fev/19	07/mar/19	04/mar/19	01/jul/19	03/set/19
Caravelas	G2d-mat	26/out/18	06/fev/19	07/mar/19	04/mar/19	01/jul/19	03/set/19

Estuário	Estação	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6
Caravelas	G2e-api	20/nov/18	14/fev/19	18/mar/19	11/mai/19	02/jul/19	11/set/19
Caravelas	G2e-mat	06/nov/18	14/fev/19	19/mar/19	11/mai/19	02/jul/19	11/set/19
Caravelas	G3d-api	09/nov/18	12/fev/19	20/mar/19	10/mai/19	16/jul/19	14/set/19
Caravelas	G3d-mat	09/nov/18	12/fev/19	20/mar/19	10/mai/19	16/jul/19	14/set/19
Caravelas	G3e-api	06/nov/18	15/fev/19	21/mar/19	08/mai/19	17/jul/19	12/set/19
Caravelas	G3e-mat	06/nov/18	15/fev/19	21/mar/19	08/mai/19	17/jul/19	12/set/19
Caravelas	G4e-api	23/nov/18	11/fev/19	11/mar/19	09/mai/19	06/jul/19	13/set/19
Caravelas	G4e-mat	20/nov/18	11/fev/19	11/mar/19	09/mai/19	06/jul/19	13/set/19

As amostragens foram acompanhadas por catadores profissionais em cada área de estudo para captura de indivíduos de *U. cordatus*, realizada por meio da coleta manual, técnica conhecida como braceamento e recomendada pelos órgãos ambientais. Apenas em Caravelas não foram coletados espécimes de *U. cordatus*, pois neste local já existe uma longa série de dados que permitiu de imediato a elaboração de uma regressão linear robusta o suficiente para transformar os valores de diâmetro de abertura de galeria em tamanho de cefalotórax. Entretanto, até a obtenção de uma equação adequada às populações da espécie para o estado do Espírito Santo, serão utilizadas aquelas descritas para o litoral sul da Bahia (SCHMIDT et al., 2008).

Para a captura de *C. guanhumi* foram utilizadas armadilhas do tipo ratoeiras posicionadas na entrada das galerias. Os espécimes coletados tiveram o sexo identificado por dimorfismo sexual externo (formato do abdômen), e o comprimento e largura do cefalotórax foram medidos com paquímetro digital (sem adaptação) da marca Digimess, com precisão de aproximadamente 0,03 milímetros (Figura 12), posicionado sobre a superfície dorsal da carapaça. Os indivíduos foram liberados no próprio local de captura logo após as medições.

Figura 12: Paquímetro digital utilizado para medição dos indivíduos capturados.



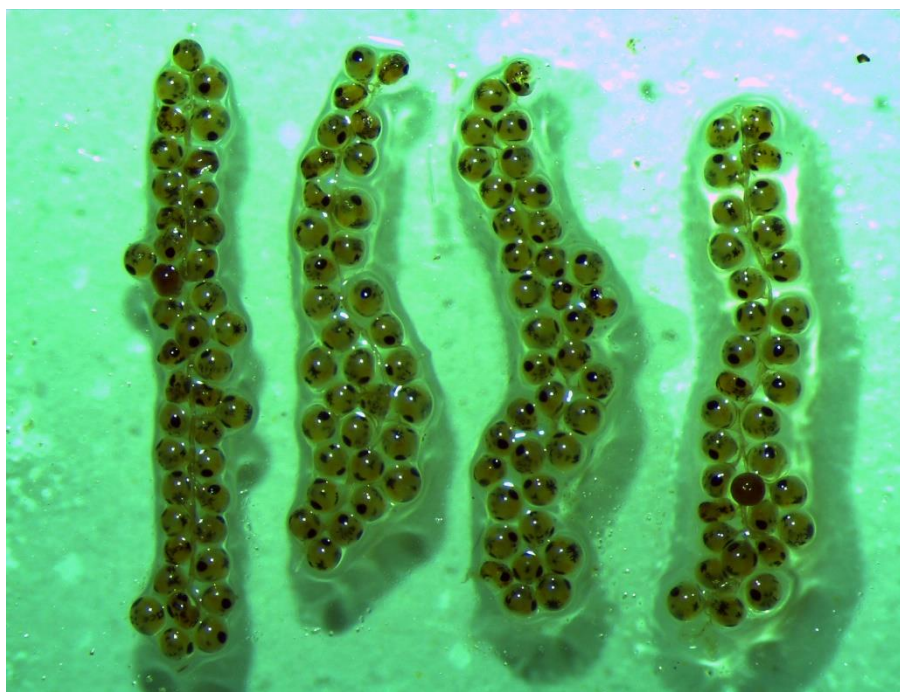
Para estimar a fecundidade, fêmeas ovígeras de *U. cordatus* foram coletadas nos estuários Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Ipiranga (Urussuquara) e São Mateus, e de *C. guanhumi*, apenas na foz do Rio Doce por se tratar de uma espécie ameaçada de extinção. Tais fêmeas foram transportadas em sacos de estopa até o laboratório de Ecologia do Ecossistema Manguezal, localizado na Universidade Federal do Espírito Santo – Campus São Mateus, para posteriores análises e tombamento das espécies no

acervo do projeto.

2.11.2 Procedimentos em laboratório

As fêmeas ovígeras foram lavadas em laboratório para retirar o excesso de sedimentos e, em seguida, aferir os dados biométricos. O peso do indivíduo com seus ovos foi obtido em balança de alta precisão, modelo AL500C da marca Marte com precisão de 0,001g. Após este processo, essas fêmeas foram preservadas em solução diluída contendo 90% de água destilada e 10% de formaldeído. Posteriormente, a raspagem da massa ovígera presa nos pleópodes foi realizada, obtendo-se as seguintes informações: (1) peso total, (2) peso da subamostra em gramas (g) em balança de alta precisão, e (3) contagem de ovos, por unidade, da massa ovígera de cada fêmea. Para estimar o número de ovos por fêmea adotou-se o seguinte procedimento: em cada indivíduo foi retirado uma subamostra de 2,5 g.ml⁻¹ de massa ovígera determinada com auxílio de um *eppendorf*, isto é, até seu preenchimento total. Após este procedimento, o material foi colocado em vidro de relógio onde foi pesado e separado com auxílio de duas pinças para separação da massa presa (Figura 13).

Figura 13: Massa ovígera da fêmea de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), presa por filamentos em formato de cacho de uva.



A separação e a análise do número de ovos por massa ovígera foram feitas utilizando-se o estereoscópio óptico (marca Nikon, modelo LeicaM80). Após separação, a massa foi fotografada com emprego de câmera digital (modelo LEICA EZ câmera 2.6.0) permitindo a obtenção de imagens fotográficas. A escala das fotografias foi determinada pelo programa de aquisição de imagens LAS EZ 3.0.0, instalado em computador acoplado ao estereoscópio. O ajuste da escala foi feito de acordo com o aumento empregado pela objetiva selecionada para a visualização da imagem no estereoscópio. Em cada fêmea analisada foi retirada uma alíquota de 2,5 g.ml⁻¹ de massa ovígera que gerou entre 40

a 60 seções de fotografias, compreendendo todo volume amostral. AS imagens digitais adquiridas foram transferidas para o programa Paint (Microsoft©) para facilitar a contagem dos ovos da amostra. Posteriormente, o número de ovos foi extrapolado para determinar o número total por fêmea, de acordo com o volume total de ovos avaliado por indivíduo. Todos os exemplares foram devidamente etiquetados contendo suas informações básicas (espécie coletada, local de captura, data da coleta, tipo de maré e fase da lua e nome do catador), armazenados em frascos e conservados no freezer (marca Electrolux, modelo H500) até o posterior tombamento no acervo do projeto.

2.11.3 Análise estatística

2.11.3.1 Densidade populacional, largura de cefalotórax e variáveis ambientais

Os valores de densidade populacional (indivíduos.m⁻²) em cada unidade amostral foram obtidos considerando-se as contagens de galerias habitadas (tapadas e abertas) registradas em campo. O menor diâmetro das galerias foi empregado para estimar o tamanho dos indivíduos de *U. cordatus*, uma vez que este possui melhor correlação com o comprimento do cefalotórax do caranguejo, devido ao hábito da espécie entrar de lado na galeria (SCHMIDT et al., 2008). A estimativa foi obtida pela conversão do valor do menor diâmetro da galeria em comprimento de cefalotórax (Equação 1) e, posteriormente, em largura (Equação 2) por meio das equações lineares propostas por Schmidt et al. (2008a), sendo elas:

Abertura da Toca

$$\text{Diâmetro menor} = 0,36 + 1,04 * CC \text{ (Equação 1)}$$

Comprimento do cefalotórax

$$LC = -0,05 + 1,30 * CC \text{ (Equação 2)}$$

Onde, CC corresponde ao comprimento e LC a largura do cefalotórax, ambos em unidade de milímetros.

Com as estimativas do tamanho dos indivíduos ocupando cada galeria foram elaborados histogramas da distribuição de frequência nas classes de tamanho (mm) por mês amostrado (Campos 1 ao 6) nos dois tipos de bosques estudados e em cada estuário amostrado.

Após as análises preliminares foi realizado tratamento estatístico para avaliar os dados médios. Análise de Variância (ANOVA) one-way seguida pelo teste de Tukey HSD (com nível de confiança de 95%) foi usada para testar as diferenças entre as médias de densidade populacional considerando separadamente como fatores os estuários, os períodos de amostragem e os tipos fisiográficos (bosques do tipo franja e bacia). Esta análise também foi realizada para cada estuário separadamente, para avaliar se houve diferenças significativas entre as médias de densidade obtidas entre os tipos de bosque, estações ao longo do gradiente de salinidade (ponto 1 - estuário inferior, ponto 2 – médio, ponto 3 - superior) e períodos de amostragem. As análises foram feitas em esquema fatorial em delineamento experimental assumido como inteiramente ao acaso utilizando o pacote *ExpDes.pt*

(FERREIRA et al., 2018) do programa R (R Core Team 2015). Anova one-way também foi aplicada para avaliar a diferença da largura média do cefalotórax (carapaça) estimada entre os estuários para as duas espécies avaliadas. A mesma análise foi aplicada para verificar a diferença entre a largura média do cefalotórax entre os campos em cada estuário. Todos os procedimentos foram tomados após a avaliação da normalidade dos resíduos e homogeneidade entre as variâncias (ZAR, 1996). A diferença entre o tamanho médio dos indivíduos dos estuários do rio Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim e São Mateus em relação aos dados pretéritos (AFFONSO, 2014; PORTO, 2016; SPINASSÉ, 2016) foram verificadas utilizando a Anova one-way.

As análises de densidade realizadas para *C. guanhumi* diferiram daquelas para *U. cordatus*, uma vez que as estações de amostragem são diferentes, não apresentando tipos de bosques diferenciados na maioria dos estuários. As estações de coleta e as datas de amostragens são apresentadas no quadro 2. As diferenças entre as médias de densidade populacional entre os estuários e entre os períodos de amostragem, em cada estuário, foram testadas empregando-se a ANOVA, seguida pelo teste de Tukey (com nível de confiança de 95%). As medições biométricas dos indivíduos *in situ* de *C. guanhumi* foram utilizadas para comparar as médias entre os estuários. Os histogramas foram elaborados com base nos dados biométricos (largura de cefalotórax) dos indivíduos capturados.

Para *U. cordatus* e *C. guanhumi*, a razão sexual foi estimada em cada estuário, nas estações primavera/verão e outono/inverno, e o teste do Qui-quadrado (X^2) aplicado para avaliar se houve diferenças significativas na frequência de distribuição de machos e fêmeas em relação ao esperado (1:1). Para fins de inferência, adotou-se nível de significância de 0,05% (ZAR, 1996).

Os valores de densidade, estimativa da largura média de *U. cordatus* e as variáveis abióticas de todos os estuários monitorados foram correlacionadas. As correlações também foram realizadas para cada estuário. Para fins de inferência, adotou-se o nível de significância de 0,05%. Os dados abióticos caracterizando o ambiente foram: altura média do bosque (metros), diâmetro a altura do peito (DAP médio em centímetros), área basal total ($m^2 \cdot hectare^{-2}$), Índice de Área Foliar (IAF – 350 radianos), micronutrientes foliar (alumínio – Al, cobre – Cu, ferro – Fe, manganês – Mn, chumbo – Pb, e zinco – Zn em $mg \cdot kg^{-1}$), salinidade (mínima e máxima), granulometria (frações areia e lama em %) em duas profundidades (0 - 5 e 5 - 15 cm), teor de matéria orgânica no sedimento (%) (amostragem no período chuvoso e seco), teor de carbonato de cálcio $CaCO_3$ (%) no sedimento, amplitude de inundação média e máxima (metros) no interior das florestas, concentração de metais no sedimento (alumínio - Al, arsênio - As, bário - Ba, cádmio - Cd, chumbo - Pb, cobalto - Co, cobre - Cu, cromo - Cr, ferro - Fe, mercúrio - Hg, manganês - Mn, níquel - Ni, prata - Ag, vanádio – V, e zinco – Zn em $mg \cdot kg^{-1}$). Os dados dos metais analisados foram utilizados apenas quando acima do limite de quantificação (LQ). Os dados bióticos foram: densidade média, máxima e mínima de caranguejos ($indivíduos \cdot m^{-2}$) e estimativas da largura média do cefalotórax (mm), que corresponde ao tamanho médio da carapaça.

Quanto às análises multivariadas foram realizadas Análise de Componentes Principais (PCA), Análises de Agrupamento de Cluster e Análise de Redundância (RDA) (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). As variáveis bióticas empregadas nas análises foram densidade média, mínima e máxima e a largura

média do cefalotórax de *U. cordatus*, e as abióticas, concentração de alumínio, chumbo, cromo, ferro, manganês e zinco no sedimento e a concentração de alumínio, chumbo, ferro, manganês e zinco nas folhas. Para avaliar as interações dos parâmetros populacionais, variáveis abióticas e os pontos amostrais (1, 2 e 3) foi empregada Análise de Componentes Principais (PCA) para cada estuário monitorado. A Análise de Cluster foi aplicada aos dados bióticos e abióticos, em cada estuário, com o intuito de agrupar as estações amostrais. A Análise de Redundância foi realizada com o objetivo de verificar as relações entre os parâmetros populacionais e o conjunto de variáveis abióticas considerando os pontos amostrais (1, 2 e 3) em cada estuário. Todas as análises foram realizadas com o auxílio dos pacotes *Vegan* (JARI et al., 2017), *ds* (ARNHOLD, 2014), *corrplot* (WEI e SIMKO, 2017), *FactoMineR* (LE et al., 2008), *factoextra* (KASSAMBARA e MUNDT, 2017), *cluster* (MAECHLER et al., 2019) e *xlsx* (DRAGULESCU e ARENDT, 2018) do programa R (R Core Team 2019).

Dados pretéritos da densidade de *U. cordatus*, pré-rompimento da barragem de Fundão, foram utilizados para comparar com dados atuais de densidade por meio do pacote *ggstatsplot* para criação de gráficos de testes estatísticos (PATIL I, 2018).

Somente as análises das médias de densidade foram realizadas para a espécie *C. guanhumi*, devido ao número amostral insuficiente de dados abióticos nas estações estabelecidas. Esse procedimento está de acordo com o plano de trabalho estabelecido no Termo de Referência (TR), uma vez que o habitat da espécie é bastante reduzido no Espírito Santo e a população se distribui de forma agregada.

Com os dados de todas as medições de *C. guanhumi* coletados e de suas respectivas aberturas de galeria ao longo do período de amostragem, foi realizada regressão linear simples para o diâmetro de abertura de galeria (mm) em função do comprimento de cefalotórax (mm). A mesma análise estatística foi realizada para o comprimento de cefalotórax em função da largura do cefalotórax (e vice-versa).

2.11.3.2 Fecundidade

A fecundidade foi estimada por meio da expressão proposta por Ogawa et al. (1976) descrita abaixo:

$$F = N^*(P/PS) \text{ (Equação 3)}$$

onde: F = fecundidade individual; N = número de ovos da subamostra; P = peso total da massa de ovos (g); e PS = peso da subamostra (g).

Para cada estuário foram realizadas análises sobre as correlações entre F e LC . Os coeficientes de correlação lineares e valores de p em testes *t-Student* foram calculados. Análises de regressão foram realizadas para averiguar relação de causa-efeito entre as variáveis LC , variável independente, e peso da massa ovígera (PMO) e F , sendo estas consideradas variáveis dependentes. Para fins de inferência, adotou-se nível de significância de 0,05%. Quando o valor da correlação (R) for entre 0,7 e 1 a correlação é forte; $R = 0,4$ até 0,6 define-se como moderada; $R = 0,1$ até 0,3 como fraca (DANCEY; REIDY, 2005).

A análise de Variância 1 fator (Anova) e o teste de Tukey foram realizados com os dados de

fecundidade de *U. cordatus* para detectar diferenças entre os estuários. (ZAR, 1996). A normalidade dos dados foi testada através do teste de Kolmogorov-Smirnov. Quando a hipótese de normalidade não foi aceita, usou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis para comparações entre os estuários e o teste de comparações múltiplas de Dunn (ZAR, 1996). Os resultados do estuário do rio São Mateus, no presente estudo, foram comparados com aqueles encontrados por Porto (2016), em 2015 e 2016, utilizando análise de variância não paramétrica, teste de Kruskal-Wallis, e pós-teste de comparações múltiplas de Dunn, uma vez que não alcançaram os pressupostos para análise paramétrica.

2.11.4 Mapeamento dos habitats de *Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumi*

Para delimitar a distribuição dos habitats das espécies *C. guanhumi* e *U. cordatus*, com base na utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) no litoral norte capixaba, foi necessário estabelecer procedimento padrão na utilização do GPS pós-processado Juno (Trimble).

Os dados registrados em cada vértice das parcelas fixas foram desenhados na imagem de satélite e o ponto de localização final para cada estação amostral da espécie corresponde ao centro geométrico de cada parcela. Os dados fornecidos pelo GPS-Juno foram conferidos para a maioria das áreas amostradas. As maiores dificuldades foram a depredação das desmarcações das parcelas fixas que levaram a erros no levantamento e repetição das medidas. Também foram encontrados erros devido a falhas no equipamento, mas corrigido posteriormente em campo pela equipe.

Os marcos geodésicos são importantes no processo de mapeamento, pois fornecem precisões apuradas e permitem voltar as áreas com exatidão, é possível determinar a localização das parcelas em função da distância aos marcos instalados nas áreas. Na construção do mapeamento da distribuição em função das densidades em cada estuário foi utilizada metodologia para elaboração de cartografia temática estabelecendo intervalos de densidade em função do valor médio, mínimo e máximo encontrado para todas as áreas amostradas.

Foram mapeadas 99% das áreas de decápodes no município de Caravelas pela equipe de trabalho, devido à dificuldade de instalação do marco nas áreas de ocorrência de *C. guanhumi*, as mesmas estão em locais muito diferentes das áreas estabelecidas nas florestas, por isto que não foi possível colocar marco geodésico nem medir com o equipamento Trimble R4 (RTK), nem com o GPS pós-processado Juno. Tendo em vista a dificuldade da logística e tempo da equipe de cartografia em campo, as posições dessas áreas foram obtidas junto aos pesquisadores locais que utilizaram GPS de navegação. No presente momento, estes dados foram utilizados para elaboração dos mapas temáticos, em novas oportunidades estas coordenadas serão obtidas pelo equipamento com maior acurácia. Destaca-se que os manguezais de Caravelas são particulares em relação aqueles na costa do Espírito Santo, o clima local define a formação de extensas áreas desprovidas de vegetação, compondo os apicuns que são fisionomias dos manguezais bastante comuns em regiões com baixa precipitação e alta temperatura ambiental.

Para a produção dos mapas temáticos, utilizou-se as densidades obtidas em campo nas mais diferentes campanhas e a distribuição das espécies por estuário. Estas densidades foram divididas em intervalos que foram representadas por tamanhos diferenciados no desenho escolhido como simbologia. Mapas temáticos precisam de símbolos e cores para representar as informações de forma mais ilustrativa.

3 RESULTADOS

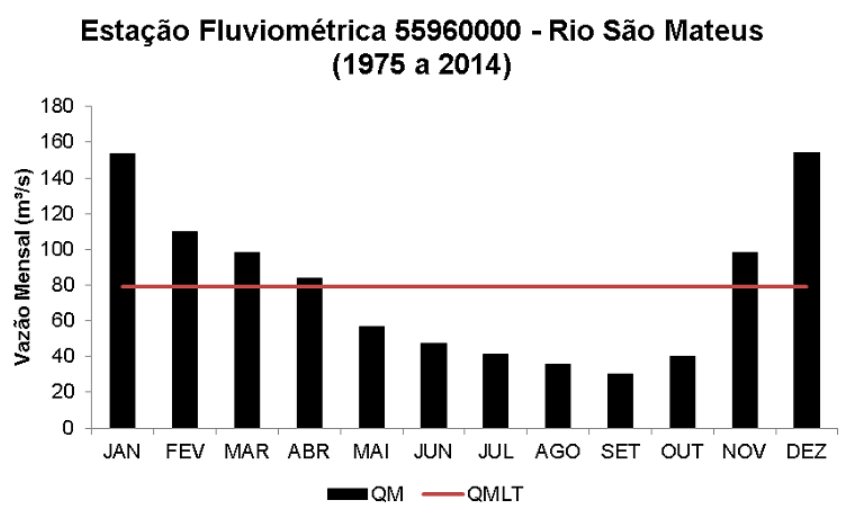
3.1 DINÂMICA ESTUARINA

3.1.1 Estuário do rio São Mateus (Cricaré)

O estuário do Rio São Mateus está localizado à sudeste do município de Conceição da Barra no norte do Espírito Santo. A bacia hidrográfica do rio São Mateus drena uma área de aproximadamente 13.482 km², com regime hidrológico caracterizado por um período chuvoso (outubro a março) e um período seco (abril a setembro). O posto fluviométrico 55960000 (Boca da Vala), localizado a jusante da confluência dos principais formadores do rio São Mateus, e a 75 km a montante da foz, apresenta dados consistidos de vazões médias mensais (QM) para o período 1975 a 2014 (Figura 14) (SNIRH, 2019). As máximas vazões médias mensais ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro, com valores de 641 m³/s e 557 m³/s, respectivamente. As mínimas vazões médias mensais ocorreram nos meses de setembro e outubro, com valores de 3,4 m³/s e 4,9 m³/s, respectivamente. Para o período de dados disponível, a vazão média mensal de longo termo (QMLT) foi 79 m³/s, sendo 109 m³/s para o período chuvoso, e 49 m³/s para o período seco.

Dados brutos de vazões mensais disponíveis para o posto fluviométrico supracitado, coincidentes com o período monitorado no PMBA, resultaram em vazões muito inferiores às médias mensais de 1975 a 2014. De outubro/2018 a abril/2019 os valores foram, respectivamente: 8,2 m³/s, 86,4 m³/s, 105,6 m³/s, 57,5 m³/s, 16 m³/s, 27,4 m³/s e 14,8 m³/s. Em virtude dos baixos níveis d'água observados nesse posto de medição, em março/2019, a Agência Nacional de Águas decretou suspensão dos usos da água do rio São Mateus, mantendo-se apenas usos prioritários (ANA, 2019). Assim, o período monitorado até o momento no PMBA corresponde a uma situação de seca severa na bacia do rio São Mateus.

Figura 14: Vazões médias mensais do rio São Mateus – Estação Boca da Vala, localizada em São Mateus/ES (a 75 km da foz).
QM (vazão média mensal), QMLT (vazão média de longo termo)



Nesse estuário foram estabelecidas duas seções de monitoramento, uma localizada na foz (adcp5) e outra a montante (adcp4), conforme apresentado no mapa da Figura 15. A Tabela 1 apresenta as coordenadas dos locais de monitoramento.

Figura 15: Mapa de localização dos pontos de monitoramento do PMBA, no estuário do rio São Mateus (Cricaré).

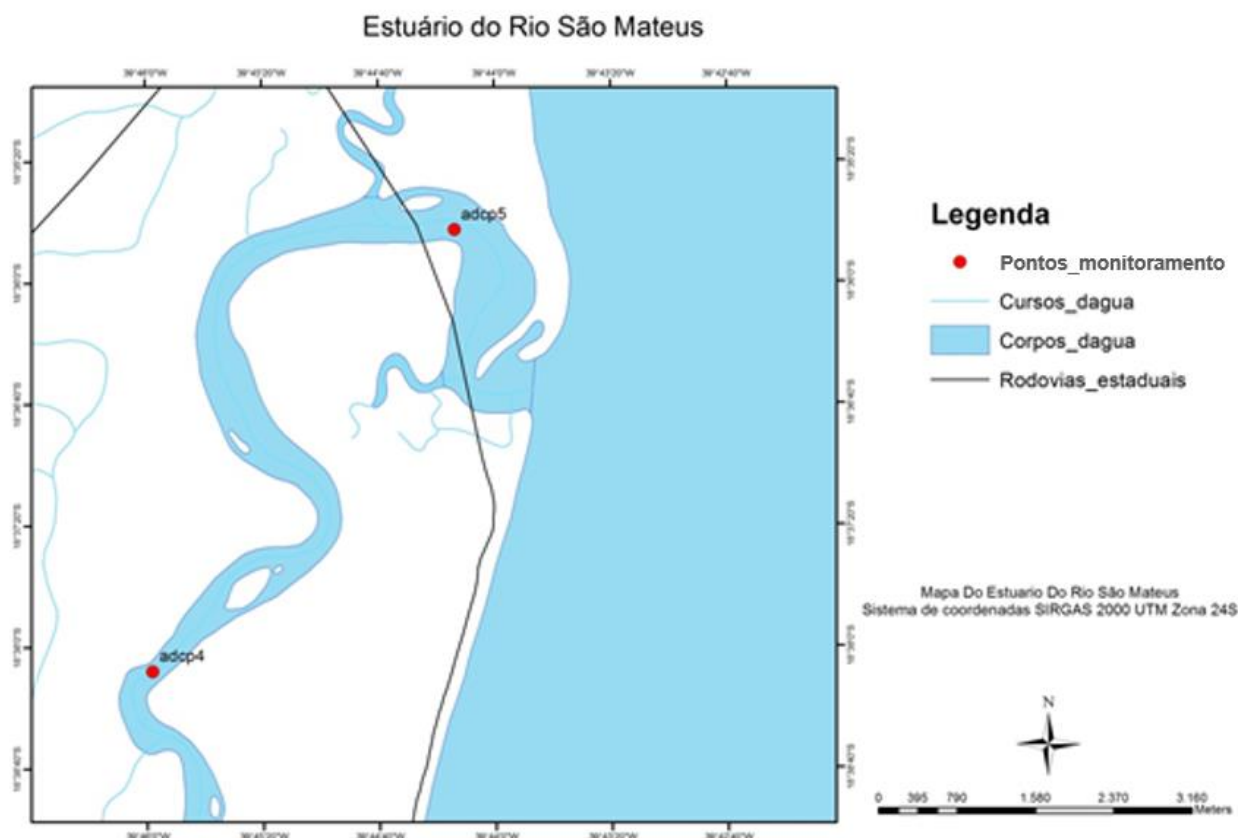


Tabela 1: Coordenadas UTM dos locais de monitoramento do PMBA, no estuário do rio São Mateus

Ponto	Coordenadas UTM (<i>Datum</i> SIRGAS 2000 - 24K)	
	Leste	Norte
marégrafo	422.524	7.943.976
adcp5 (fz)	422.170	7.943.573
adcp4 (montante)	419.145	7.939.355

3.1.1.1 Variação temporal de fluxos d'água no estuário do rio São Mateus (Cricaré)

No período das medições, os valores máximos de fluxo d'água observados na seção localizada na foz (adcp5) foram 708 m³/s, durante a maré vazante, e 1.073 m³/s, durante a maré enchente, em condição de maré de sizígia.

Nas marés de intermediárias, a seção da foz apresentou valores máximos de fluxos de enchente e de vazante muito próximos, 667 m³/s, na enchente, e 659 m³/s, na maré vazante. Nas campanhas realizadas durante marés de quadratura os valores máximos de fluxo foram 427 m³/s, maré vazante, e 422 m³/s, maré enchente.

Na seção de montante (adcp4), o valor máximo foi 475 m³/s, em janeiro/2019, durante maré enchente, e 799 m³/s, em outubro/2018, na vazante para marés de sizígia.

Nas condições de marés intermediárias, assim como na seção localizada na foz, a seção de montante apresentou valores máximos de fluxos de enchente e de vazante muito próximos, 351 m³/s, na enchente, e 386 m³/s, na maré vazante. Nas campanhas realizadas na quadratura, essa seção apresentou valores de fluxos máximos de 252 m³/s, maré vazante, e 310 m³/s, maré enchente.

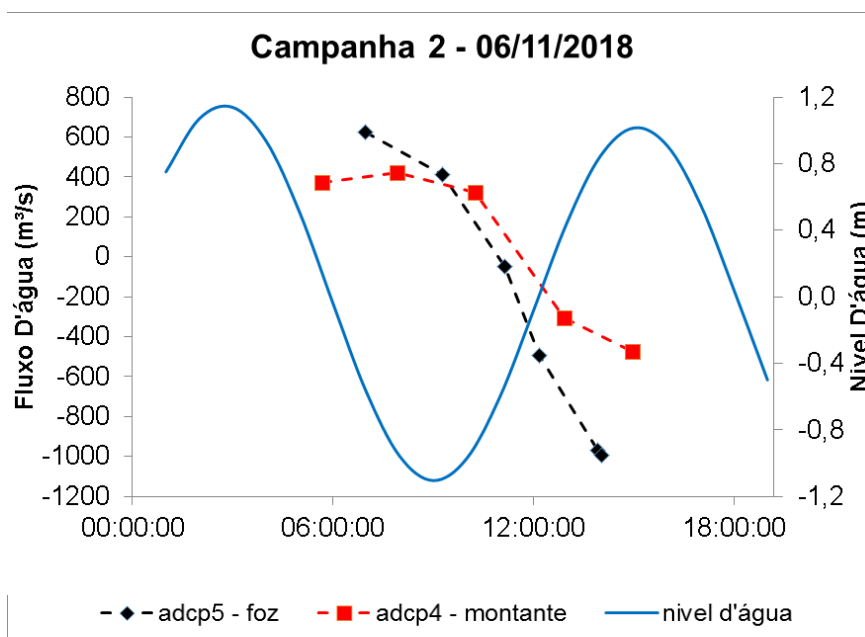
As máximas velocidades médias na seção localizada na foz (adcp5) variaram de 0,63 m/s, na enchente, e 0,62 m/s, na vazante (sizígia). Na maré de quadratura, as máximas velocidades médias variam de 0,47 m/s na maré enchente a 0,32 m/s na vazante.

As máximas velocidades médias na seção localizada a montante (adcp4) variaram de 0,5 m/s, na enchente, e 0,4 m/s, na vazante (sizígia). Na maré de quadratura, as máximas velocidades médias variam de 0,37 m/s na maré enchente a 0,30 m/s na vazante.

Esses são valores de fluxos instantâneos, e indicam a reversão do escoamento provocado pela maré nessas seções, durante o período monitorado.

Considerando os resultados das medições de fluxos e de maré, pode-se afirmar que o trecho do estuário monitorado apresenta dominância de correntes de enchente, com fluxos mais intensos quanto maior é a altura da maré. A Figura 16 exemplifica esse comportamento, observado nas duas seções de monitoramento.

Figura 16: Fluxos d'água medidos no estuário do rio São Mateus (Cricaré) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.



3.1.1.2 Avaliação dos gradientes de salinidade e temperatura no estuário do rio São Mateus (Cricaré)

Na campanha de outubro/2018, maré de sizígia, os dois pontos de monitoramento apresentaram águas bem misturadas na vertical. Na seção da foz (adcp5) foi observada apenas água salgada. Na seção de montante (adcp4) foi observada água salobra na maior parte do tempo e salgada durante a maré enchente, contudo sempre misturada verticalmente. A temperatura média da água na seção de montante (27,2°C) foi superior àquela medida na foz (26,4°C).

Nos meses de novembro e dezembro/2018, com vazões maiores do rio e ocorrência de marés de sizígia, houve maior alcance da água doce em direção à foz, visto que foi observada presença de água salobra na seção da foz, com valores médios de salinidade em torno de 12 (Unidade Prática de Salinidade) em novembro e 2 em dezembro. Ainda nessas condições, os pontos de monitoramento apresentaram boa mistura vertical. A temperatura média da água na seção de montante (27,5°C) foi superior àquela medida na foz (26,8°C). Na seção de montante, na campanha de novembro/2018, houve variação da temperatura de 2°C ao longo do ciclo de maré, enquanto que em dezembro/2018 esse parâmetro não apresentou variação ao longo do período de medição.

O padrão hidrodinâmico se repetiu nas campanhas de janeiro e março/2019, com condição de maré de sizígia, águas bem misturadas na vertical e presença de um gradiente horizontal entre os dois pontos monitorados.

Na campanha de fevereiro/2019, em situação de maré de quadratura, foi observada estratificação na seção localizada na foz, durante a maré vazante. A seção de montante manteve-se bem misturada na vertical, contudo com presença de água doce na maior parte do tempo.

A Tabela 2 apresenta resumo dos dados medidos no período de outubro/2018 a março/2019. Após esse período, as medições passaram a ser feitas com CTD, sendo os resultados apresentados graficamente.

Na campanha de abril/2019, os perfis de salinidade apresentaram completa mistura vertical durante maré enchente e estratificação na maré vazante. O ponto de montante apresentou homogeneidade nos perfis de salinidade e temperatura durante o período monitorado.

Nas campanhas subsequentes, no ponto localizado na foz do rio São Mateus, foi possível observar que os perfis verticais de salinidade apresentaram homogeneidade próximo dos horários de preamar e baixa-mar e fraca estratificação durante as meias marés, quando as correntes de enchente e vazante são de maior magnitude (Figura 17 a Figura 20). Os perfis de temperatura não tiveram variação ao longo da vertical, mas somente em relação ao instante de maré, com temperaturas mais elevadas durante as marés vazantes.

No ponto localizado a montante (adcp4), os perfis de salinidade e temperatura mantiveram-se homogêneos verticalmente. Apenas na campanha de junho/2019, durante a vazante de maré de sizígia, ocorreu fraca estratificação, mas com característica de água salobra.

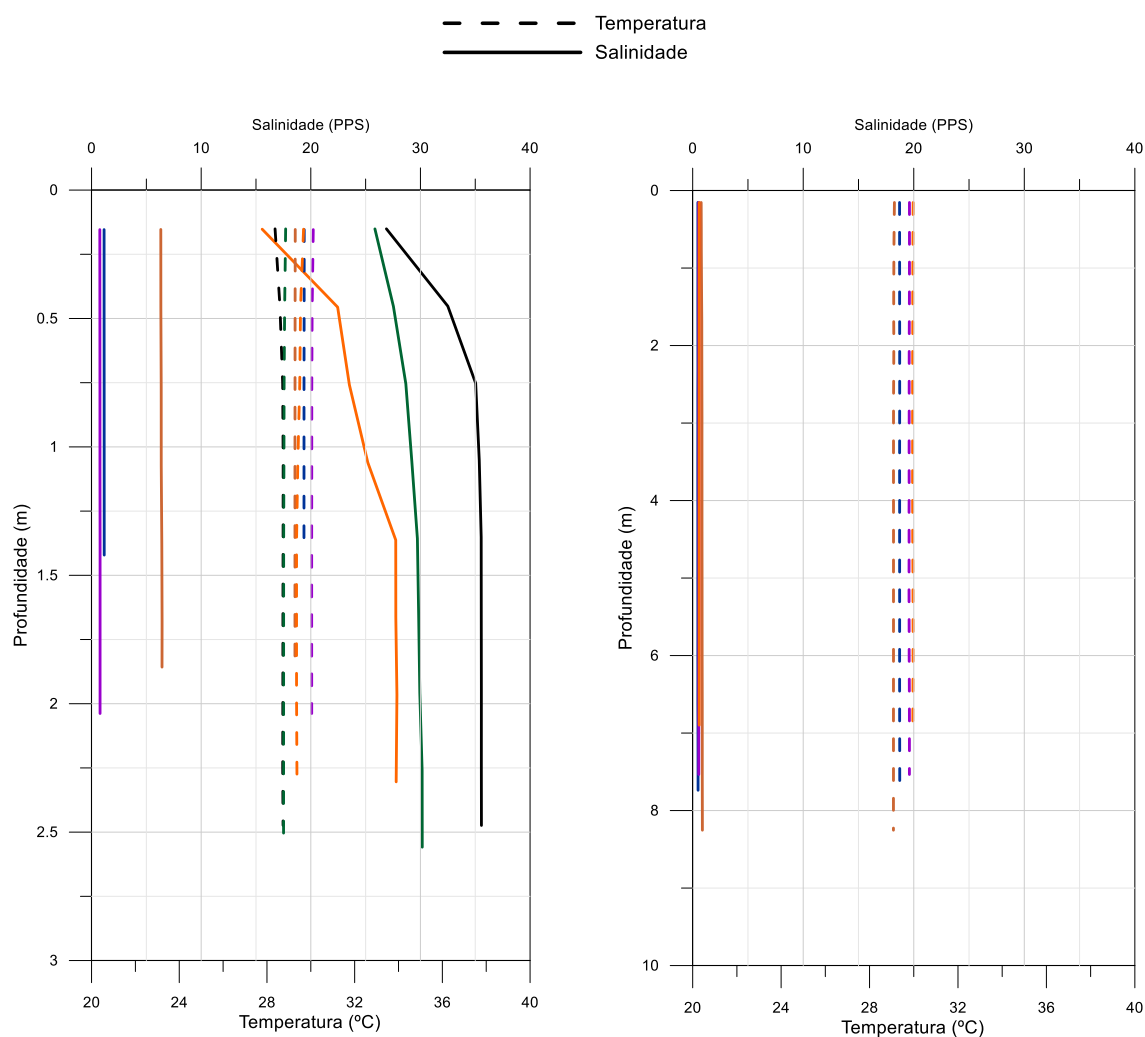
Tabela 2: Estatística descritiva dos parâmetros salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, entre outubro/2018 e março/2019. Continua

Estuário do rio São Mateus	Data	adcp5 (Foz)				adcp4 (Montante)			
		Salinidade (UPS)		Temperatura (°C)		Salinidade (UPS)		Temperatura (°C)	
		sup	fun	sup	fun	sup	Fun	sup	fun
Media	08-10-18 Maré de sizígia	34,9	35,0	26,4	26,4	21,4	21,7	27,3	27,2
Mínima		29,2	30,7	25,9	25,9	12,9	13,2	26,6	26,7
Máxima		36,8	36,8	27,1	27,1	34,8	35,5	27,8	27,7
Desv.Pad.		2,433	2,120	0,368	0,324	8,146	8,355	0,437	0,385
Media	06-11-18 Maré de sizígia	26,5	27,0	26,8	26,7	4,2	7,4	27,5	27,4
Mínima		10,9	13,3	26,1	26,1	0,9	1,0	26,8	26,3
Máxima		36,5	36,4	27,3	27,1	12,7	28,7	28,5	28,6
Desv.Pad.		9,812	9,134	0,435	0,367	4,380	10,692	0,714	0,819
Media	04-12-18 Maré intermediária	23,9	26,1	26,9	26,8	0,7	0,9	27,5	27,4
Mínima		2,0	2,1	26,6	26,5	0,1	0,2	27,3	27,3
Máxima		36,3	36,3	27,1	27,1	2,1	2,9	27,6	27,5
Desv.Pad.		13,429	12,238	0,161	0,232	0,711	1,014	0,092	0,086
Media	22-01-19 Maré de sizígia	30,6	30,7	29,0	29,1	5,8	5,0	30,0	29,7
Mínima		17,2	17,4	28,1	28,2	0,4	0,4	29,4	28,4
Máxima		36,0	36,0	30,3	30,3	12,1	12,6	30,8	30,8
Desv.Pad.		7,142	7,022	0,877	0,932	4,860	5,409	0,540	0,912
Media	26-02-19 Maré de quadratura	15,8	30,1	31,4	30,5	0,3	0,3	31,7	31,6
Mínima		2,1	20,3	30,1	30,1	0,1	0,1	31,2	31,0
Máxima		36,3	36,6	32,2	31,0	0,5	0,6	32,2	32,2
Desv.Pad.		12,880	5,850	0,814	0,341	0,156	0,187	0,434	0,496

Tabela 2: Estatística descritiva dos parâmetros salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, entre outubro/2018 e março/2019.

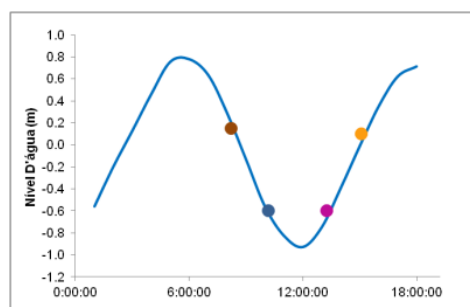
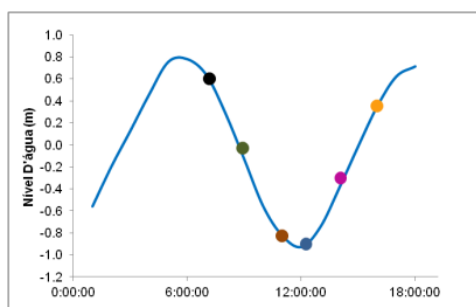
Estuário do rio São Mateus	Data	adcp5 (Foz)				adcp4 (Montante)			
		Salinidade (UPS)		Temperatura (°C)		Salinidade (UPS)		Temperatura (°C)	
		sup	fun	sup	fun	sup	Fun	sup	Fun
Media	19-03-19	34,2	34,2	29,5	29,6	11,7	11,9	30,4	30,4
Mínima	Maré de sizígia	25,9	25,9	29,2	29,2	3,8	3,9	29,7	29,7
Máxima		36,8	36,8	30,0	30,0	18,8	20,4	30,9	30,8
Desv.Pad.		3,387	3,387	0,241	0,264	6,346	7,083	0,448	0,410

Figura 17: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, na campanha de 23/04/2019 (maré intermediária)



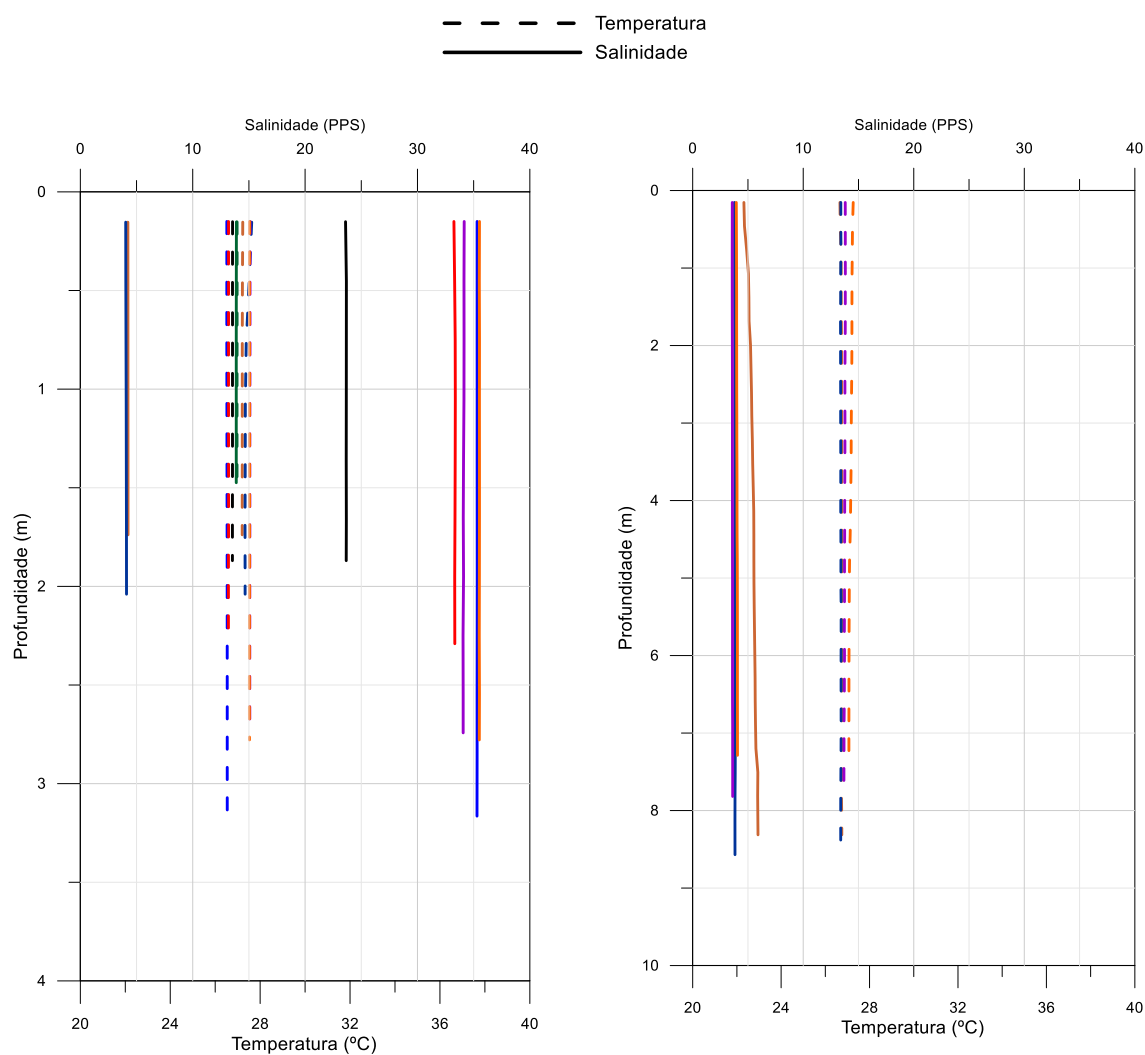
adcp5 (fz)

adcp4 (montante)



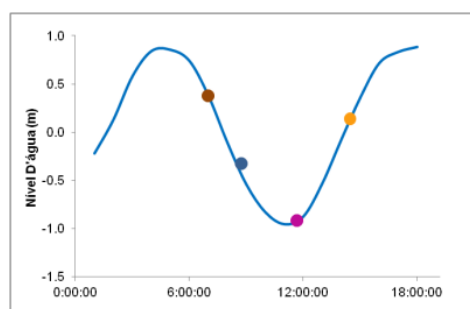
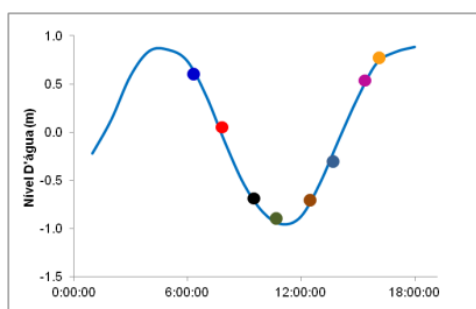
Indicação dos horários das medições em relação à maré

Figura 18: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, na campanha de 21/05/2019 (maré intermediária)



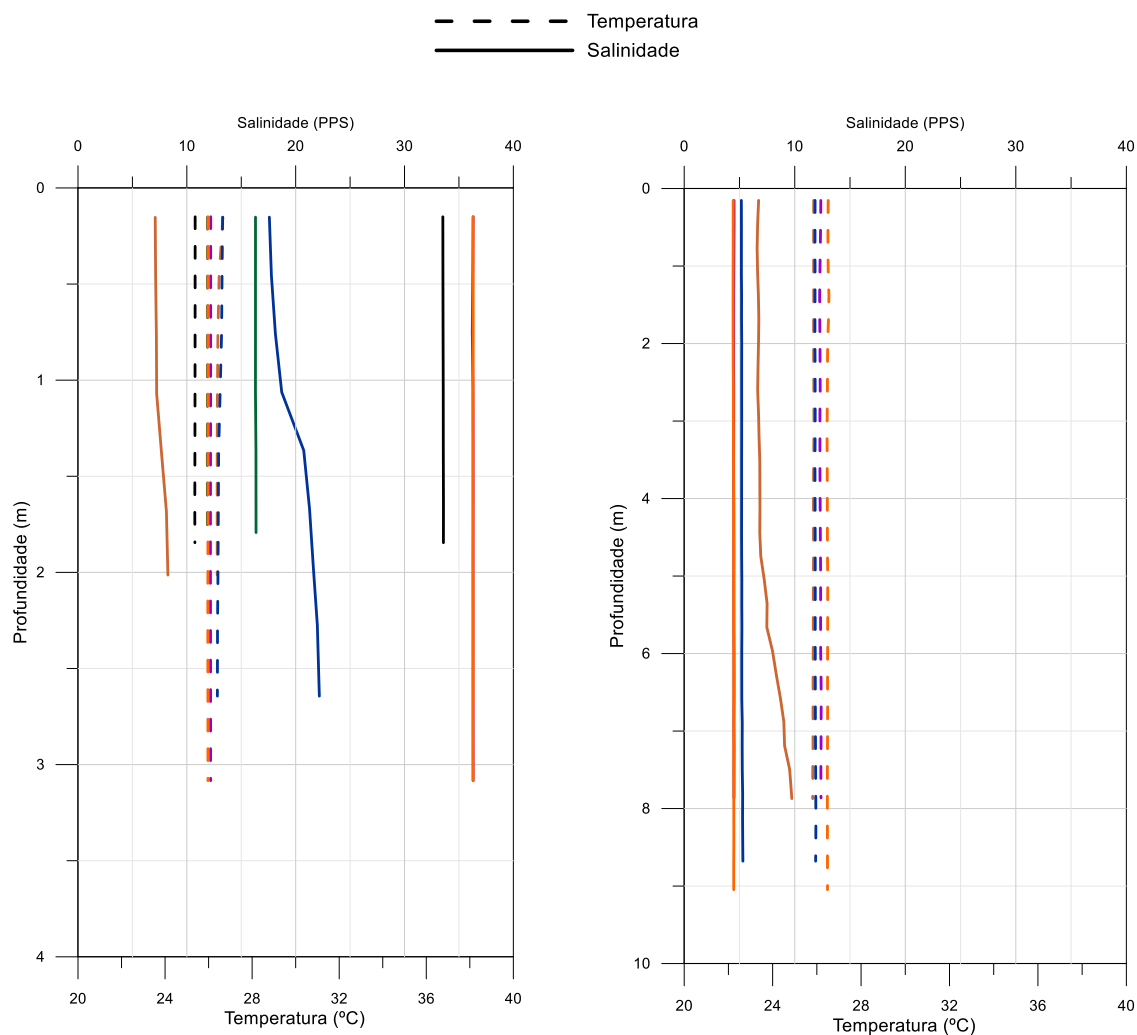
adcp5 (fz)

adcp4 (montante)



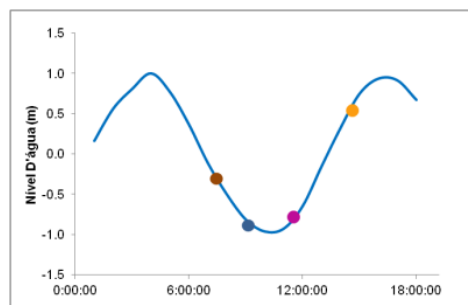
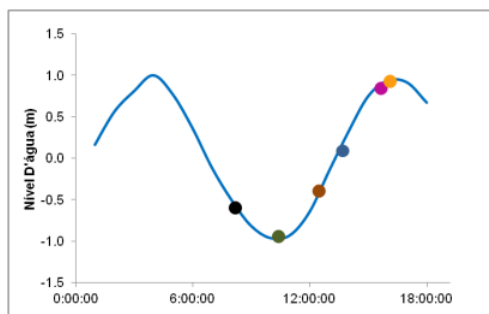
Indicação dos horários das medições em relação à maré

Figura 19: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, na campanha de 18/06/2019 (maré de sizígia)



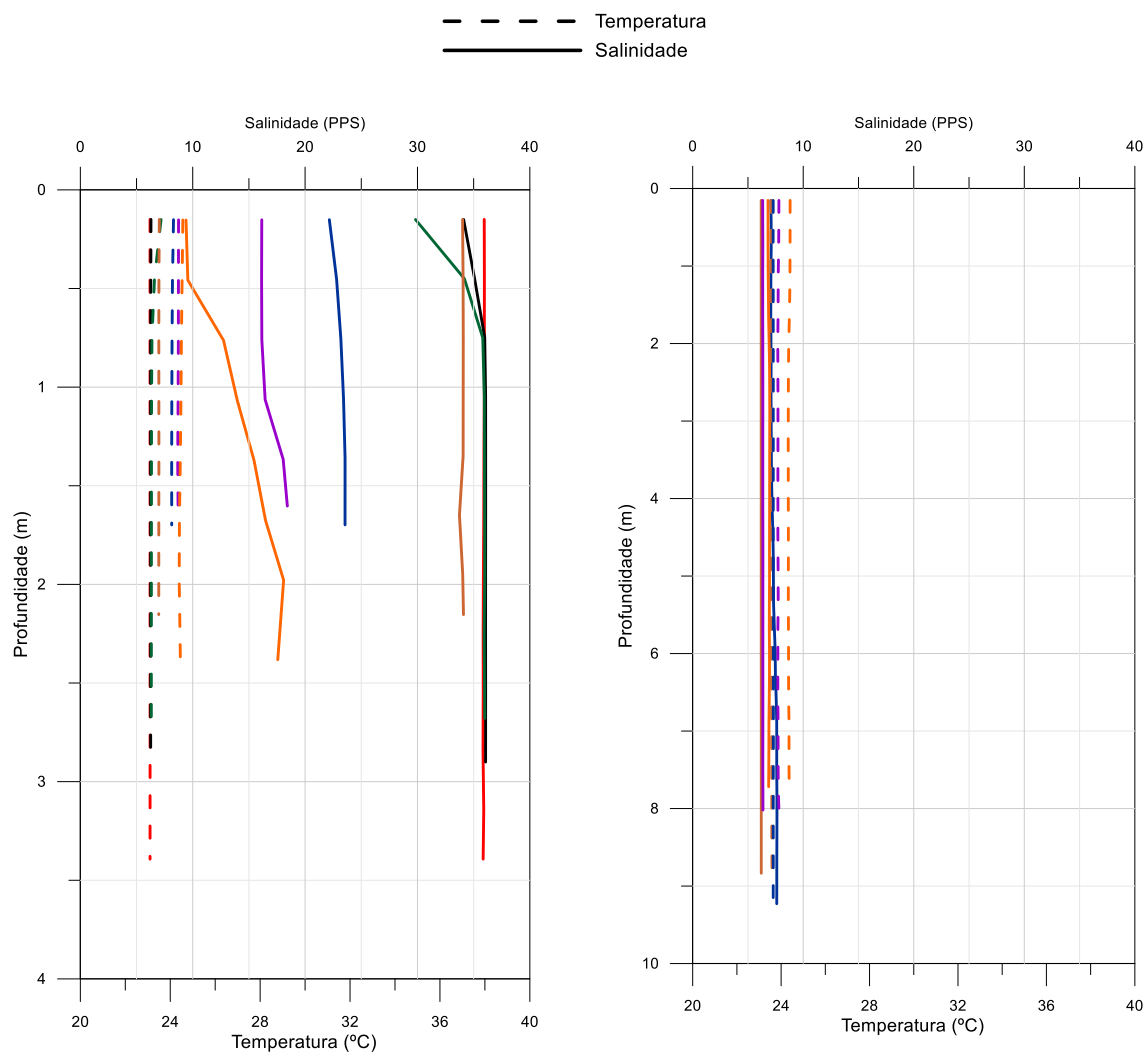
adcp5 (fz)

adcp4 (montante)



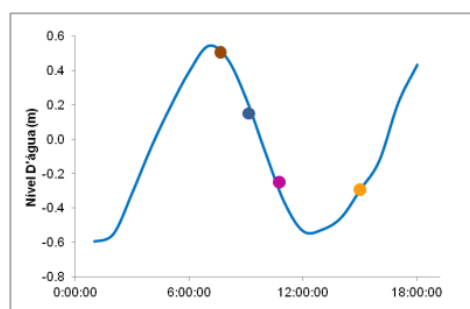
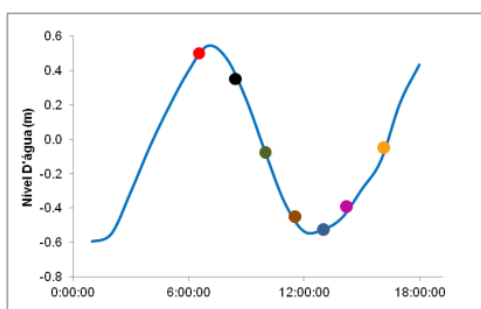
Indicação dos horários das medições em relação à maré

Figura 20: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio São Mateus, na campanha de 23/07/2019 (maré de quadratura)



adcp5 (fz)

adcp4 (montante)



Indicação dos horários das medições em relação à maré

Considerando a distribuição espacial da salinidade, observou-se gradiente horizontal entre o ponto localizado na foz (adcp5) e aquele localizado a montante (adcp4), onde este apresentou, em geral, água mais quente e presença de água doce ou salobra. Apenas na campanha de outubro/2018, no ponto de montante, foi observada água com salinidade 35,5, no final da maré enchente, porém com mistura vertical. A temperatura máxima nessa seção ocorreu em fevereiro/2019, quando ocorreu a presença de água doce. De um modo geral, no ponto de montante (adcp4), não houve estratificação entre superfície e fundo.

Conforme dados de salinidade obtidos até o momento, o ponto localizado na foz (adcp1) apresentou águas bem misturadas na coluna d'água, nas campanhas realizadas em condições de marés de sizígia. Na maré de quadratura, em fevereiro/2019, ocorreu leve estratificação entre superfície e fundo, durante a maré vazante, devido à influência de água doce oriunda do rio.

Segundo classificação proposta por Pritchard (1955) o estuário do rio São Mateus pode ser classificado como bem misturado. Influenciado por descargas fluviais, que tem maior alcance durante as marés de quadratura. A baixa profundidade e a circulação imposta pela maré são os fatores que mais contribuem para o alto grau de mistura observado.

3.1.2 Estuário do rio Mariricu (Barra Nova)

O estuário do rio Mariricu está localizado no município de São Mateus, no norte do Espírito Santo. O rio Mariricu é um corpo d'água cuja hidrodinâmica está sujeita à influência de maré, na sua foz junto ao mar, extremidade sul, e sujeita às influências de maré e/ou vazões do rio São Mateus, em sua extremidade norte (Figura 21). A Tabela 3 apresenta as coordenadas dos locais de monitoramento.

Durante a primeira campanha, outubro/2018, foram estabelecidas duas seções de monitoramento, uma localizada na foz (adcp1) e outra mais a montante (adcp3). A partir da segunda campanha, o ponto de montante foi alterado para mais a montante.

Figura 21: Mapa de localização dos pontos de monitoramento do PMBA, no estuário do rio Mariricu (Barra Nova)

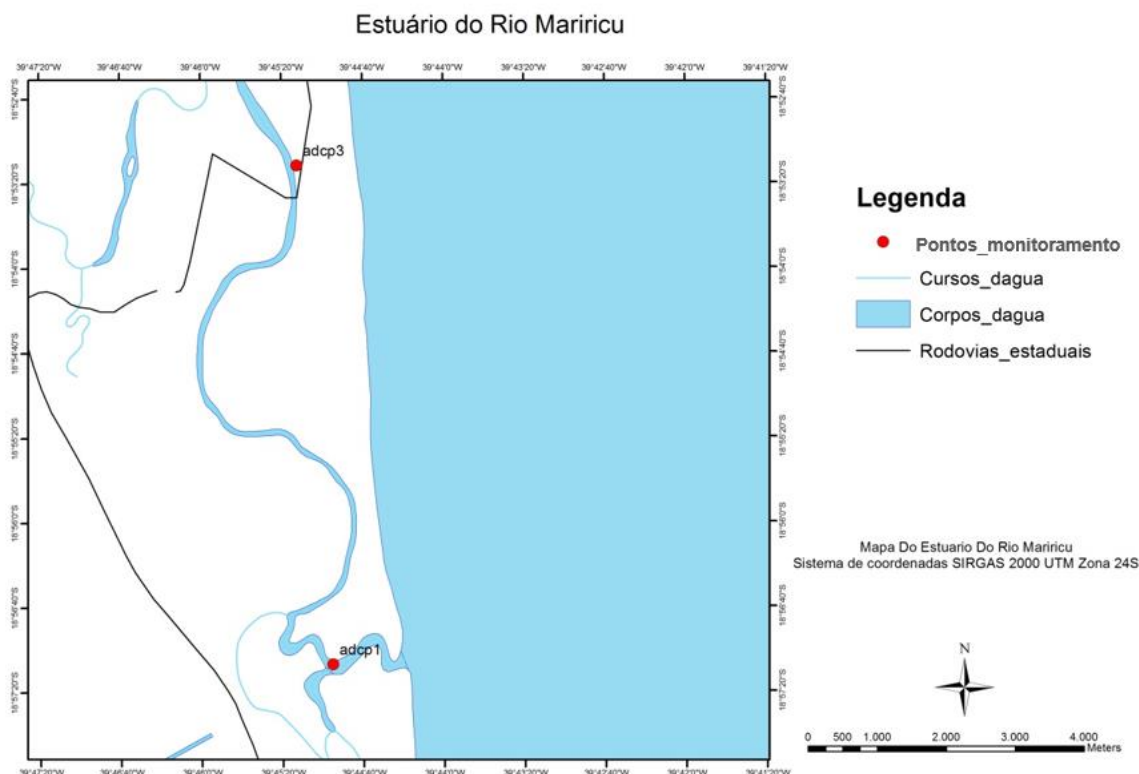


Tabela 3: Coordenadas UTM dos locais de monitoramento do PMBA, no estuário do rio Mariricu (Barra Nova)

Ponto	Coordenadas UTM (<i>Datum</i> Sirgas 2000 - 24K)	
	Leste	Norte
marégrafo	421.596	7.853.688
adcp1 (foz)	421.188	7.904.318
adcp3 (montante)	420.650	7.911.549

3.1.2.1 Variação temporal de fluxos d'água no estuário do rio Mariricu (Barra Nova)

Os valores máximos de fluxo d'água observados na seção localizada na foz (adcp1) foram 100 m³/s, durante a maré vazante, e 189 m³/s, durante a maré enchente de sizígia. Nas campanhas realizadas na quadratura foram observados valores máximos de 71 m³/s, durante a maré enchente, e 62 m³/s na maré vazante. Na campanha realizada em condição de maré intermediária, os valores de fluxos d'água foram próximos, 49 m³/s, durante a maré enchente, e 58 m³/s na maré vazante.

Na seção de montante (adcp3), o valor máximo foi em torno de 38 m³/s, para marés de sizígia enchente e vazante. Nas quadraturas os valores máximos observados foram 23 m³/s (enchente) e 52 m³/s (vazante), enquanto na situação de maré intermediária os valores foram 18 m³/s (enchente) e 31 m³/s (vazante).

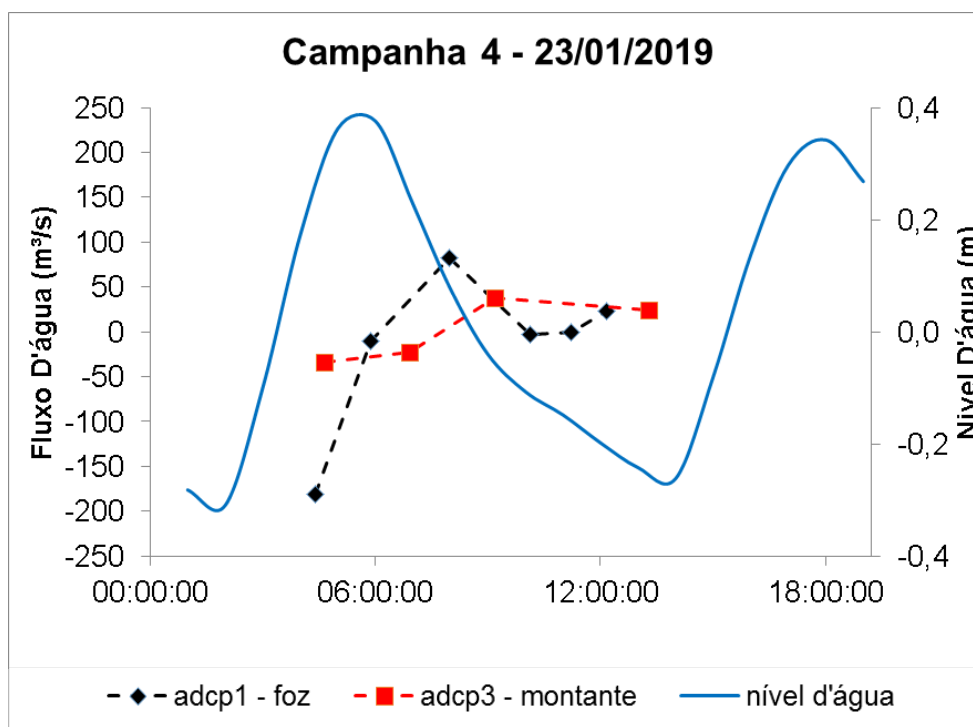
Esses são valores de fluxos instantâneos, e indicam a reversão do escoamento provocado pela maré nessas seções, durante o período monitorado.

As máximas velocidades médias na seção localizada na foz (adcp1) variaram de 0,29 m/s, na enchente, e 0,16 m/s, na vazante (sizígia). Na maré de quadratura, as máximas velocidades médias variam de 0,18 m/s na maré enchente a 0,14 m/s na vazante.

As máximas velocidades médias na seção localizada a montante (adcp3) variaram de 0,2 m/s, na enchente, e 0,16 m/s, na vazante (sizígia). Na maré de quadratura, as máximas velocidades médias variam de 0,18 m/s na maré enchente a 0,15 m/s na vazante.

Considerando os resultados das medições de fluxos e de maré, pode-se afirmar que o trecho do estuário monitorado apresenta dominância de correntes de enchente, com fluxos mais intensos quanto maior é a altura da maré. A Figura 22 exemplifica esse comportamento, observado nas duas seções de monitoramento.

Figura 22: Fluxos d'água medidos no estuário do rio Mariricu (Barra Nova) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.



3.1.2.2 Avaliação dos gradientes de salinidade e temperatura no estuário do rio Mariricu (Barra Nova)

Considerando a distribuição espacial da salinidade, observou-se gradiente horizontal entre os pontos, com exceção da campanha de outubro/2018, cuja localização da seção de montante estava mais próxima à foz. Após essa campanha foi possível navegar mais para o interior do rio, sendo estabelecida

nova seção de medição de montante. Nessa campanha a temperatura média da água nas duas seções foi cerca de 26,5°C.

Em novembro/2018 houve estratificação apenas no ponto de montante, durante a maré vazante. Também foi verificado gradiente horizontal entre as duas seções durante todo o período de maré. A temperatura média da água nas duas seções foi em torno de 27,5°C.

No mês de dezembro/2018, com vazões maiores e ocorrência de maré de sizígia, houve maior alcance da água doce em direção à foz, havendo estratificação nessa seção. A seção de montante apresentou águas salobras (salinidade 2,5) e bem misturadas verticalmente.

Nos meses de janeiro/2019, maré de sizígia, e fevereiro/2019, maré de quadratura, os dois pontos apresentaram leve estratificação e gradiente horizontal acentuado, com temperaturas mais elevadas na seção de montante.

A Tabela 4 apresenta resumo dos dados medidos no período de outubro/2018 a fevereiro/2019. Após esse período, as medições passaram a ser feitas com CTD, sendo os resultados apresentados graficamente.

Nas campanhas subsequentes, a seção de montante apresentou águas bem misturadas, com leve aumento de salinidade nas campanhas de junho e julho/2019 (Figura 23 a Figura 26).

A seção localizada na foz variou de bem misturada (campanha de abril/2019) a fracamente estratificadas nas demais campanhas (Figura 23 a Figura 26).

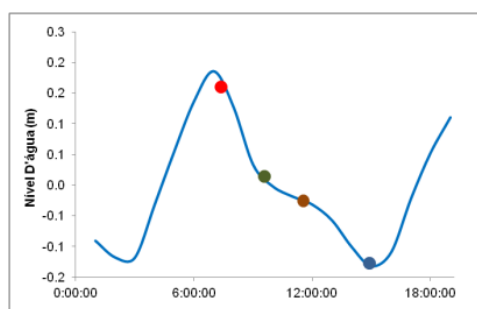
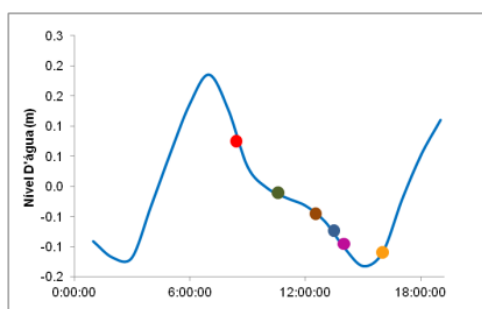
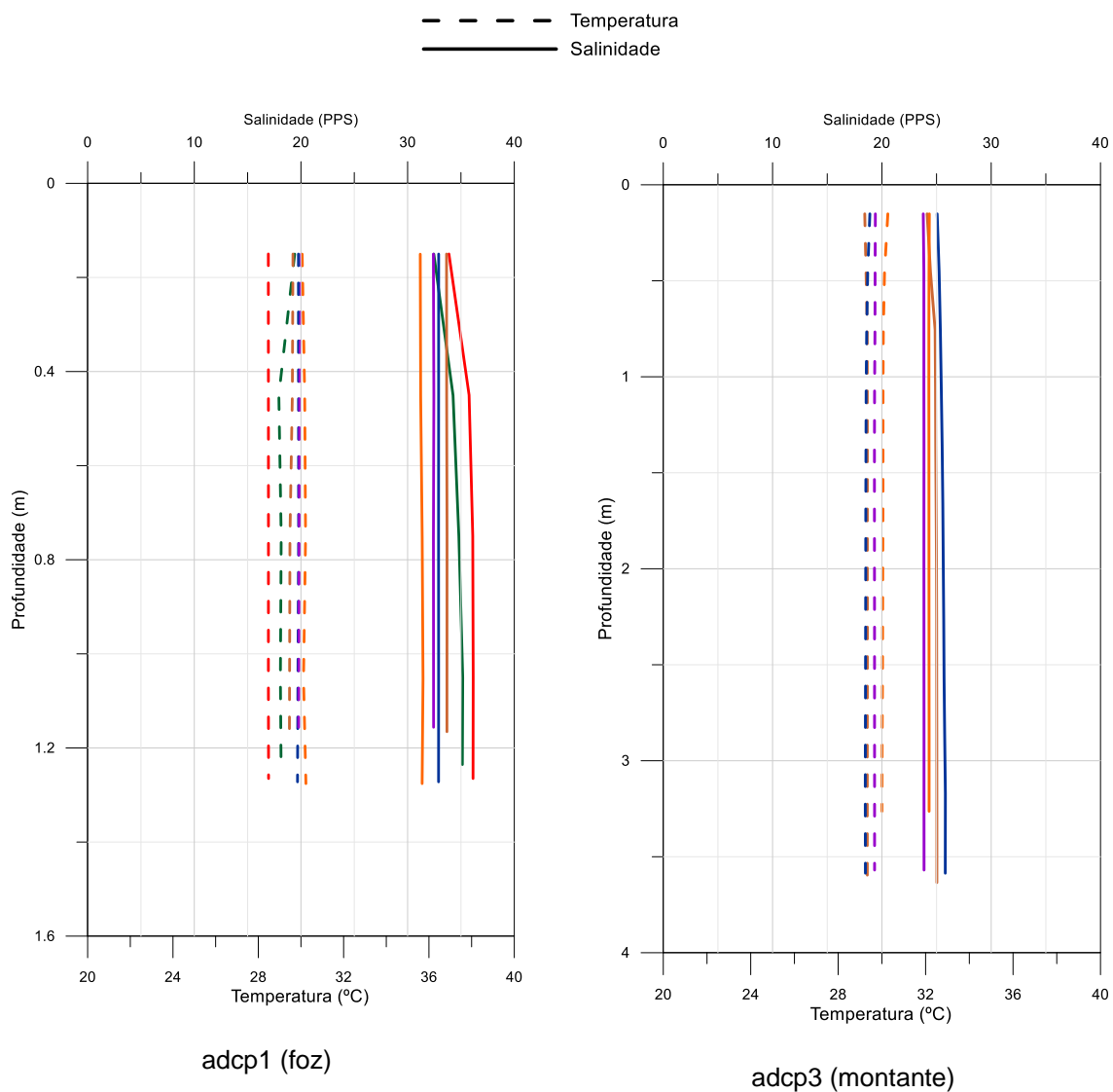
Conforme dados obtidos até o momento, o ponto localizado na foz apresentou maiores variações do parâmetro salinidade e sempre com valores superiores ao ponto localizado mais no interior do estuário.

O estuário do rio Maricu pode ser classificado como bem misturado, com leve estratificação mais próximo de sua embocadura. Influenciado por descargas fluviais, que no período monitorado, em função das baixas vazões do rio São Mateus, provavelmente são oriundas da drenagem de sua própria bacia. A baixa profundidade e a circulação imposta pela maré são os fatores que mais contribuem para o alto grau de mistura observado.

Tabela 4: Estatística descritiva dos parâmetros salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu, entre outubro/2018 e fevereiro/2019

Estuário do rio Mariricu	Data	adcp1 (Foz)				adcp3 (Montante)			
		Salinidade (UPS)		Temperatura (°C)		Salinidade (UPS)		Temperatura (°C)	
		sup	fun	sup	fun	Sup	fun	Sup	fun
Media	09-10-18 maré de sizígia	35.7	35.7	26.3	26.3	34.8	34.8	26.6	26.6
Mínima		34.8	34.8	25.5	25.5	33.9	33.9	25.6	25.6
Máxima		36.6	36.6	27.6	27.6	35.8	35.8	27.5	27.4
Desv.Padrão		0.646	0.609	0.651	0.689	0.753	0.720	0.780	0.750
Media	07-11-18 maré de sizígia	33.9	34.8	27.6	27.5	23.0	24.6	27.6	27.4
Mínima		30.7	32.0	26.7	26.7	17.2	17.2	26.9	26.9
Máxima		36.5	36.5	29.1	28.5	32.9	34.0	28.9	28.4
Desv.Padrão		2.523	1.710	0.830	0.750	6.816	6.649	0.683	0.521
Media	05-12-18 maré de sizígia	24.1	29.6	26.9	26.8	2.5	2.5	26.7	26.5
Mínima		16.7	19.1	25.8	23.5	2.2	2.3	25.9	25.9
Máxima		35.7	35.6	28.6	28.9	2.9	2.9	27.4	26.9
Desv.Padrão		7.079	6.558	1.123	1.639	0.246	0.205	0.592	0.401
Media	23-01-19 maré de sizígia	29.4	32.3	29.1	28.8	9.9	11.0	30.5	30.3
Mínima		18.0	28.2	28.0	28.1	5.8	6.0	30.0	30.0
Máxima		36.1	36.3	31.4	29.8	13.1	15.3	31.6	31.3
Desv.Padrão		5.942	3.005	1.172	0.732	2.939	3.892	0.631	0.577
Media	27-02-19 maré de quadratura	19.0	26.2	31.4	30.6	6.3	9.5	32.0	31.3
Mínima		15.1	15.8	30.2	30.1	5.2	6.0	31.5	29.2
Máxima		24.3	36.0	32.8	31.5	7.5	19.9	32.5	32.4
Desv.Padrão		3.276	7.623	0.861	0.563	0.889	5.220	0.376	1.090

Figura 23: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu, na campanha de 24/04/2019 (maré de quadratura)



Indicação dos horários das medições em relação à maré

Figura 24: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu, na campanha de 22/05/2019 (maré intermediária)

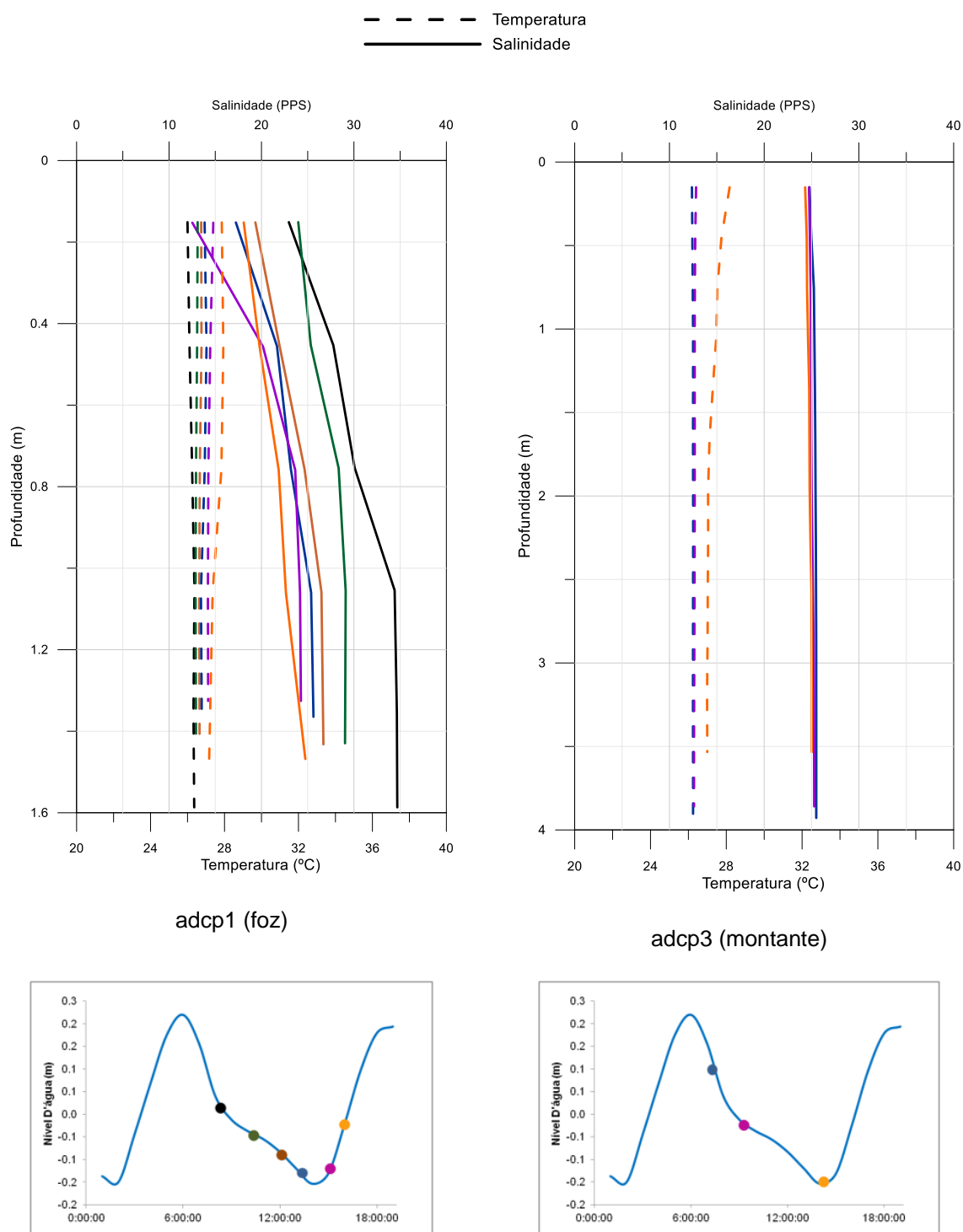
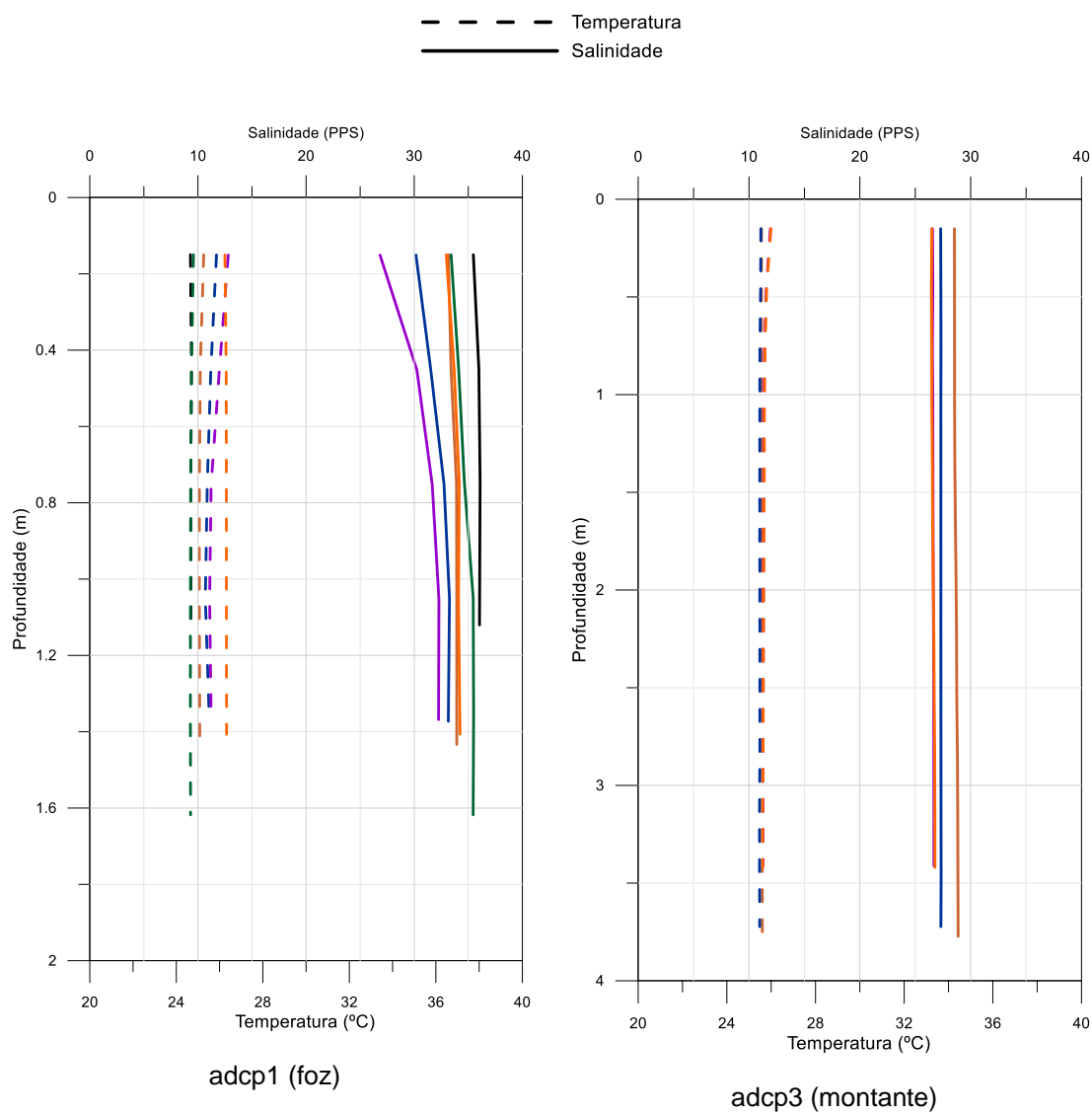
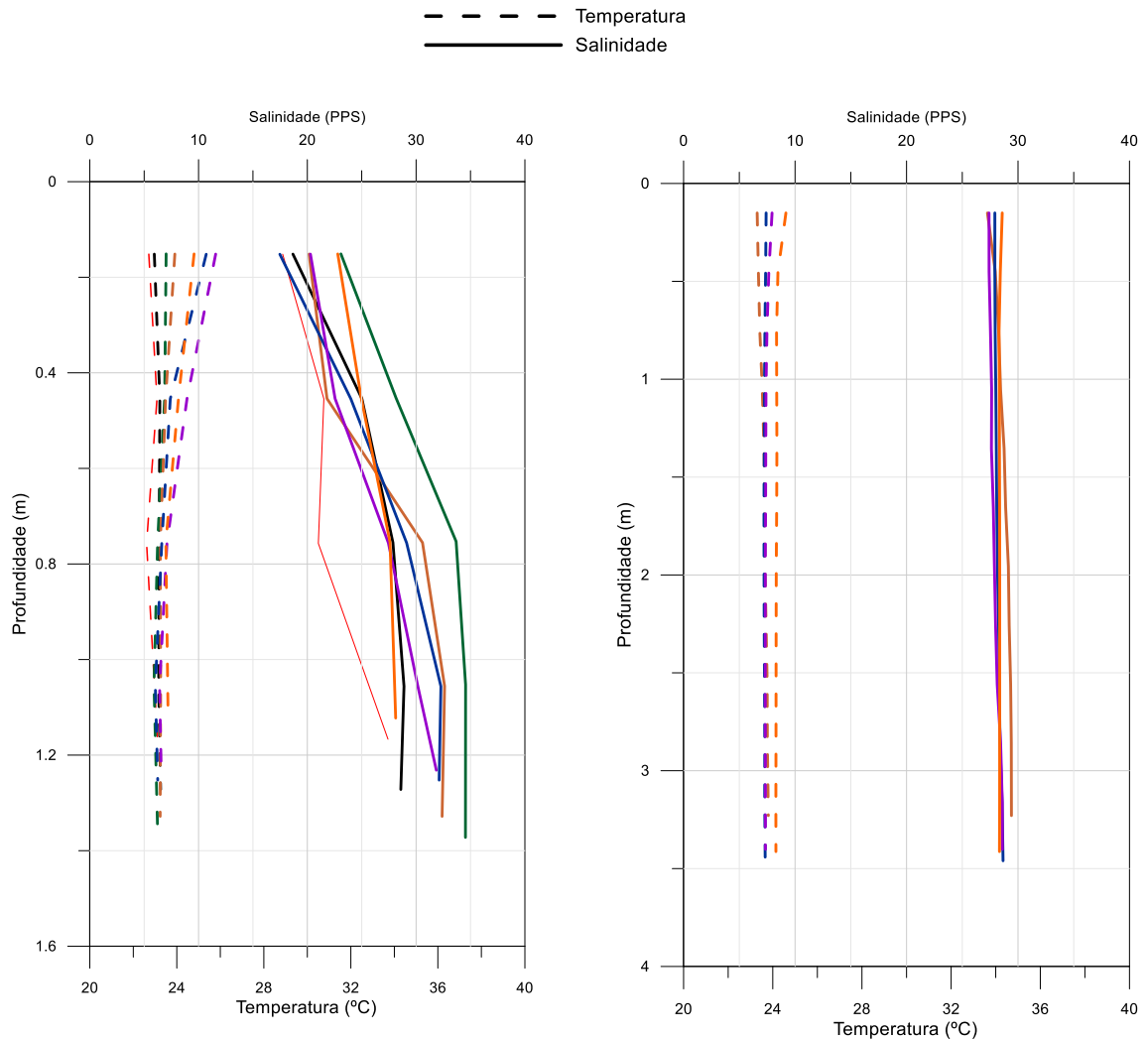


Figura 25: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Maricú, na campanha de 19/06/2019 (maré de sizígia)



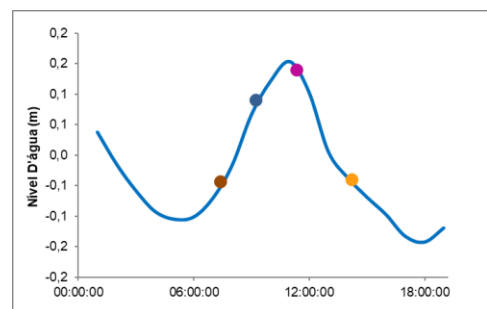
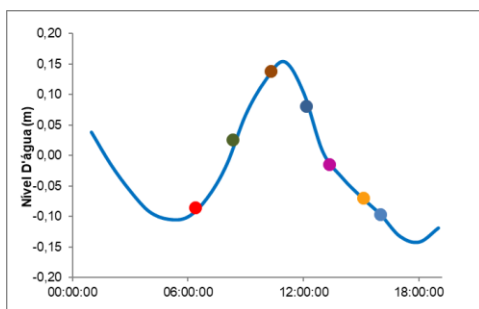
Indicação dos horários das medições em relação à maré

Figura 26: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Mariricu, na campanha de 24/07/2019 (maré de quadratura)



adcp1 (fz)

adcp3 (montante)



Indicação dos horários das medições em relação à maré

3.1.3 Estuário do rio Piraquê (Santa Cruz)

Localizado no município de Aracruz/ES, o Sistema Estuarino do Piraquê Açu e Piraquê Mirim (SEPAM) se apresenta em forma de Y com a bifurcação logo após a barra de entrada. A desembocadura do eixo longitudinal está alinhada na direção OE e os seus braços norte e sul (Piraquê Açu e Piraquê Mirim) alinhados em direção NW E SW, respectivamente (Figura 27). As bacias hidrográficas que compõem esse sistema estuarino têm áreas de 69,4 km², bacia do rio Piraquê Mirim, e 378,6 km², bacia do rio Piraquê Açu (RODRIGUES, 2017)

Possui uma das maiores áreas de manguezal do Estado, sendo de grande importância ambiental (BARROSO, 2004), e também se destaca por possuir um grande banco arenoso na desembocadura do estuário (NEVES, 2013).

A Tabela 5 apresenta as coordenadas dos locais de monitoramento.

Figura 27: Mapa de localização dos pontos de monitoramento do PMBA, no estuário do Piraquê-Açu-Mirim (Santa Cruz)

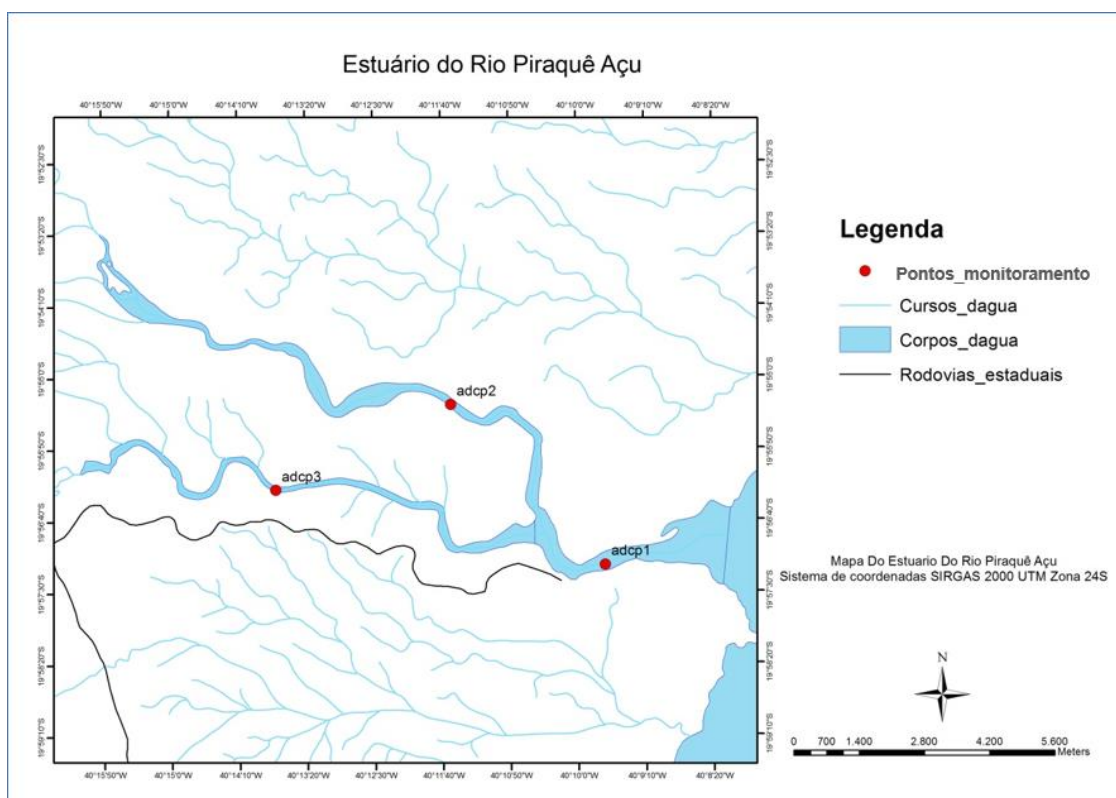


Tabela 5: Coordenadas UTM dos locais de monitoramento do PMBA, no estuário do sistema estuarino Piraquê-Açu-Mirim

Ponto	Coordenadas UTM (<i>Datum</i> Sirgas 2000 - 24K)	
	Leste	Norte
marégrafo	377.935	7.792.976
adcp1 (foz)	378.242	7.793.376
adcp2 (Piraquê Açu)	375.194	7.796.699
adcp3 (Piraquê Mirim)	371.444	7.794.858

3.1.3.1 Variação temporal de fluxos d'água no estuário no Sistema Estuarino Piraquê-Açu-Mirim (Santa Cruz)

No período das medições, os valores máximos de fluxo d'água observados na seção localizada na foz (adcp1) foram 1250 m³/s, durante a maré vazante, e 1060 m³/s, durante a maré enchente de sizígia. Nas campanhas realizadas durante marés de quadratura, os valores de fluxos foram 689 m³/s, durante a maré vazante, e 420 m³/s, durante a maré enchente. Em condições de marés intermediárias os fluxos máximos foram 861 m³/s (vazante) e 731 m³/s (enchente).

No ponto adcp2 (Açu) os valores máximos de fluxo d'água observados foram 510 m³/s, durante a maré vazante, e 372 m³/s, durante a maré enchente de sizígia. Na maré de quadratura os valores de fluxos foram 219 m³/s, durante a maré vazante, e 132 m³/s, durante a maré enchente.

No ponto adcp3 (Mirim) os valores máximos de fluxo d'água observados foram 306 m³/s, durante a maré vazante, e 254 m³/s, durante a maré enchente de sizígia. Na maré de quadratura os valores de fluxos foram 199 m³/s, durante a maré vazante, e 83 m³/s, durante a maré enchente.

As máximas velocidades médias na seção localizada na foz (adcp1) variaram de 0,7 m/s, na vazante, a 0,54 m/s, na enchente (sizígia). Para maré de quadratura, as máximas velocidades médias variam de 0,24 m/s na maré enchente a 0,4 m/s na vazante.

As máximas velocidades médias na seção localizada no Piraquê-Açu (adcp2) variaram de 0,5 m/s, na vazante, a 0,4 m/s, na enchente (sizígia). Para maré de quadratura, as máximas velocidades médias variam de 0,21 m/s na maré enchente a 0,32 m/s na vazante.

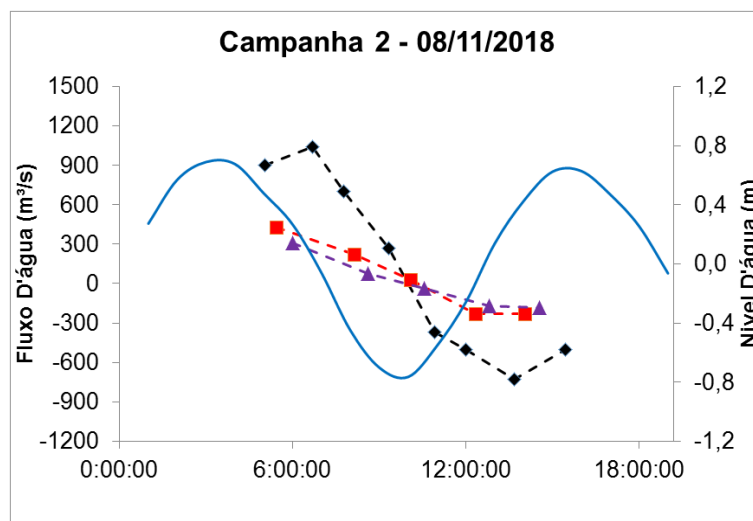
As máximas velocidades médias na seção localizada no Piraquê-Mirim (adcp3) variaram de 0,5 m/s, na vazante, a 0,4 m/s, na enchente (sizígia). Para maré de quadratura, as máximas velocidades médias variam de 0,17 m/s na maré enchente a 0,4 m/s na vazante.

Esses são valores de fluxos instantâneos, e indicam a reversão do escoamento provocado pela maré nessas seções, durante o período monitorado.

Considerando os resultados das medições de fluxos e de maré, pode-se afirmar que o trecho do estuário monitorado apresenta dominância de correntes de vazante, com fluxos mais intensos quanto maior é a altura da maré. A dominância de vazante é característica de estuários que têm grandes áreas

de manguezal em relação à área dos canais (RIGO, 2004). A Figura 28 exemplifica esse comportamento, observado nas três seções de monitoramento.

Figura 28: Fluxos d'água medidos no sistema estuarino Piraquê-Açu-Mirim (Santa Cruz) em relação às variações dos níveis d'água. Valores positivos de fluxo indicam escoamento para jusante, valores negativos de fluxo indicam escoamento para montante.



3.1.3.2 Avaliação dos gradientes de salinidade e temperatura no Sistema Estuarino Piraquê-Açu-Mirim (Santa Cruz)

Na campanha de outubro/2018, os três pontos de monitoramento apresentaram água salgada, bem misturados verticalmente. A temperatura média da água nas duas seções de montante foi em torno de 26,7°C, enquanto o ponto da foz apresentou água com temperatura menor, média de 25,5 °C.

Em novembro/20018 houve estratificação nos três pontos, durante a maré vazante. Também foi verificado gradiente horizontal de salinidade entre a foz e os pontos de montante.

No mês de dezembro/2018, todos os pontos apresentaram mistura vertical durante o período de maré monitorado. Foi observado gradiente horizontal de salinidade, sendo que o ponto localizado no rio Piraquê Açu apresentou a maior variação de salinidade, mínima de 18,5 e máxima de 30,7. Cabe observar que houve pequena estratificação apenas no final da maré enchente.

Em janeiro/2019, a medição de salinidade e temperatura foi feita na foz, que apresentou mistura vertical durante todo o período de monitoramento.

No mês de fevereiro/2019 houve estratificação muito fraca em todos os pontos.

Em março/2019 foi observada uma diferença tanto de salinidade quanto de temperatura nas três estações amostradas. Os dados de salinidade medidos no ponto adcp1 (foz) apresentam fraca estratificação com pequena variação de salinidade (30 a 35), da superfície ao fundo, e pequena variação de temperatura ao longo de toda a profundidade. O Piraquê-Açu (adcp2) apresentou um perfil mais estratificado, com salinidade mínima na superfície (25), e máxima de cerca de 35 no fundo. A

temperatura permaneceu homogênea ao longo de todo o perfil, cerca de 28°C. No Piraquê-Mirim (adcp3), o perfil esteve bem misturado verticalmente tanto no perfil de salinidade quanto no de temperatura.

A Tabela apresenta resumo dos dados medidos no período de outubro/2018 a março/2019. Após esse período, as medições passaram a ser feitas com CTD, sendo os resultados apresentados graficamente.

Tabela 6: Estatística descritiva dos parâmetros salinidade e temperatura medidos no Sistema Estuarino Piraquê Açú-Mirim, entre outubro/2018 e março/2019 - continua

Estuário do Piraquê			10-10-18 - maré de sizígia				08-11-18 - maré de sizígia			
			Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
adcp1 (Foz)	Salinidade (UPS)	sup	35.6	34.5	36.3	0.708	31.1	25.1	35.9	3.884
		fun	35.7	34.6	36.4	0.720	32.5	28.1	36.2	3.022
	Temperatura (°C)	sup	25.2	24.2	26.0	0.646	25.8	24.6	26.8	0.674
		fun	24.9	24.0	25.9	0.725	25.5	24.3	26.4	0.682
adcp2 (Açu)	Salinidade (UPS)	sup	32.6	31.4	34.1	1.037	18.4	12.8	23.7	3.756
		fun	32.7	31.4	34.1	0.965	23.4	17.7	27.9	3.742
	Temperatura (°C)	sup	26.6	25.9	27.4	0.495	26.4	26.1	26.6	0.175
		fun	26.3	25.9	26.9	0.333	26.4	26.3	26.4	0.028
adcp3 (Mirim)	Salinidade (UPS)	sup	32.9	32.6	33.7	0.384	18.3	14.4	21.7	2.555
		fun	32.9	32.6	33.6	0.360	19.3	17.4	22.2	1.628
	Temperatura (°C)	sup	26.7	26.3	27.1	0.284	26.6	26.4	26.7	0.128
		fun	26.8	26.3	27.5	0.436	26.6	26.5	26.8	0.094

Tabela 6: Estatística descritiva dos parâmetros salinidade e temperatura medidos no Sistema Estuarino Piraquê Açú-Mirim, entre outubro/20118 e março/2019 - continua

Estuário do Piraquê			06-12-18 - maré de sizígia				24-01-19 - maré intermediária			
			Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
adcp1 (Foz)	Salinidade (UPS)	sup	32.8	29.9	35.3	2.157	35.5	33.7	36.2	0.842
		fun	33.1	30.4	35.5	1.968	35.5	33.8	36.3	0.796
	Temperatura (°C)	sup	25.6	24.4	26.6	0.722	25.0	22.8	28.3	2.013
		fun	25.4	24.4	26.3	0.668	24.8	22.6	28.3	1.996
adcp2 (Açu)	Salinidade (UPS)	sup	24.7	18.5	29.9	3.526				
		fun	25.4	18.9	30.7	3.799				
	Temperatura (°C)	sup	27.4	26.4	28.7	0.887				
		fun	26.9	26.3	27.8	0.508				
adcp3 (Mirim)	Salinidade (UPS)	sup	26.2	24.5	28.3	1.568				
		fun	26.1	24.5	28.3	1.443				
	Temperatura (°C)	sup	27.7	27.4	27.9	0.210				
		fun	27.6	27.4	27.9	0.197				

Tabela 6: Estatística descritiva dos parâmetros salinidade e temperatura medidos no Sistema Estuarino Piraquê Açú-Mirim, entre outubro/2018 e março/2019

Estuário do rio Piraquê			28-02-19 - maré de quadratura				20-03-19 - maré de sizígia			
			Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
adcp1 (Foz)	Salinidade (UPS)	sup	32.5	31.9	33.0	0.401	35.1	27.4	37.7	3.467
		fun	35.6	35.0	35.9	0.269	36.4	35.5	37.4	0.571
	Temperatura (°C)	sup	30.1	29.4	30.7	0.454	26.1	25.0	27.7	2.192
		fun	26.9	26.2	27.4	0.446	25.9	24.6	27.4	2.158
adcp2 (Açu)	Salinidade (UPS)	sup	28.8	25.3	32.8	3.221	33.4	32.0	34.8	1.024
		fun	34.9	33.7	35.9	0.671	33.4	32.4	34.7	0.858
	Temperatura (°C)	sup	31.4	30.4	32.7	0.834	29.9	28.8	30.5	0.686
		fun	29.1	27.9	30.6	0.813	29.5	28.7	30.0	0.507
adcp3 (Mirim)	Salinidade (UPS)	sup	30.6	27.1	32.9	2.633	34.0	33.8	34.5	0.284
		fun	33.1	32.7	34.5	0.664	30.4	19.3	34.6	6.428
	Temperatura (°C)	sup	31.8	31.1	32.6	0.591	30.4	29.4	31.1	0.656
		fun	30.8	29.3	31.6	0.770	30.3	29.3	30.6	0.551

Nas campanhas subsequentes, a seção de montante localizada no Piraquê-Mirim apresentou águas bem misturadas, com leve aumento de salinidade nas campanhas de maio e julho/2019, marés de quadratura (Figura 29 a Figura 32).

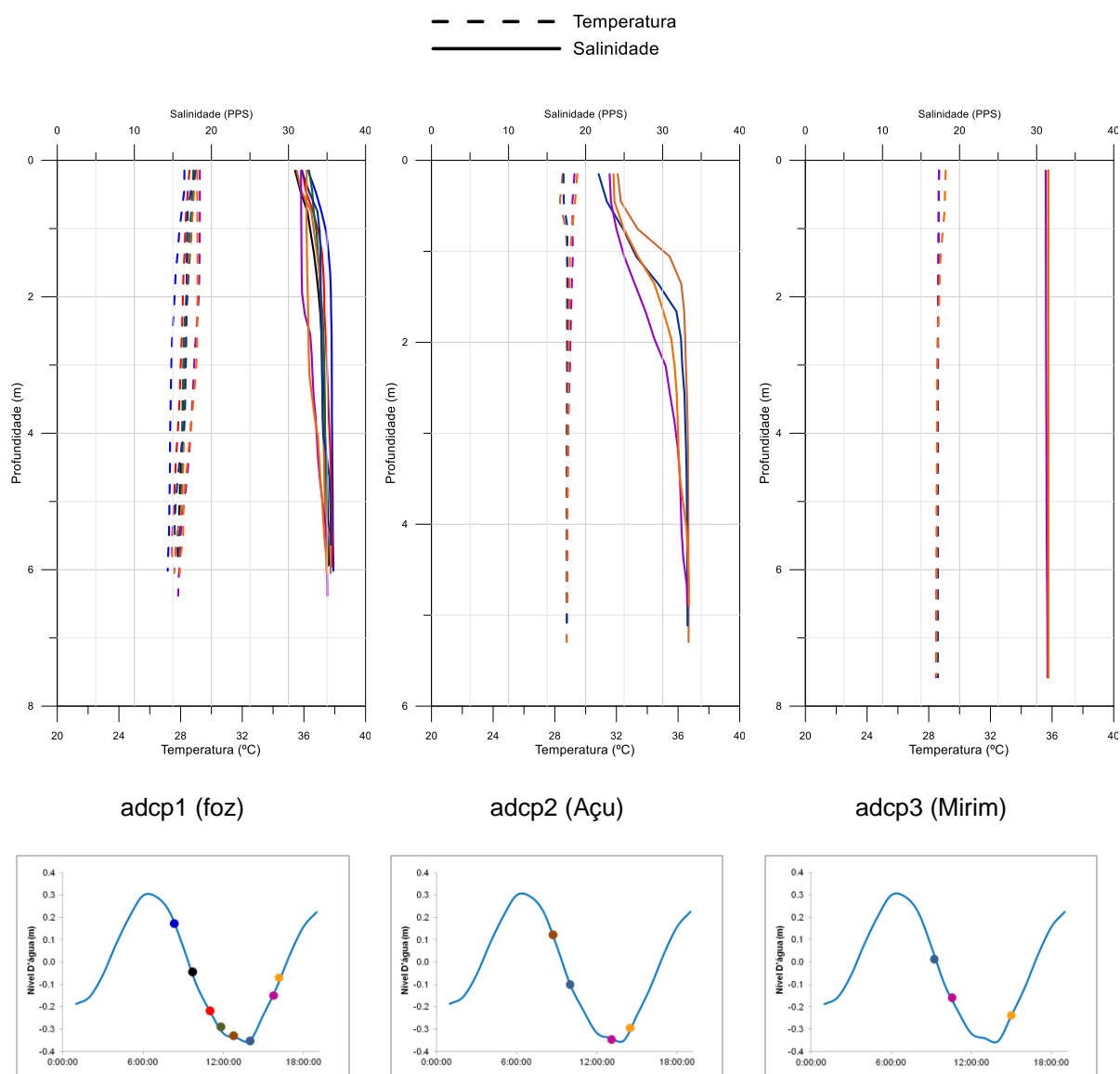
O Piraquê-Mirim pode ser caracterizado como bem misturado (verticalmente homogêneo), com aumento de salinidade em direção ao mar.

A seção localizada no Piraquê-Açu apresentou pouca estratificação durante as campanhas de abril/maio/julho/2019, em condições de marés de quadratura. Em junho/2018 essa seção apresentou salinidade e temperatura bem misturadas verticalmente (Figura 29 a Figura 32). Esse braço do estuário pode ser classificado como fracamente estratificado.

A foz do Piraquê apresentou pequenas variações de salinidade entre a superfície e o fundo, influenciado pelo aporte de água doce oriundo do Piraquê-Açu (Figura 29 a Figura 32).

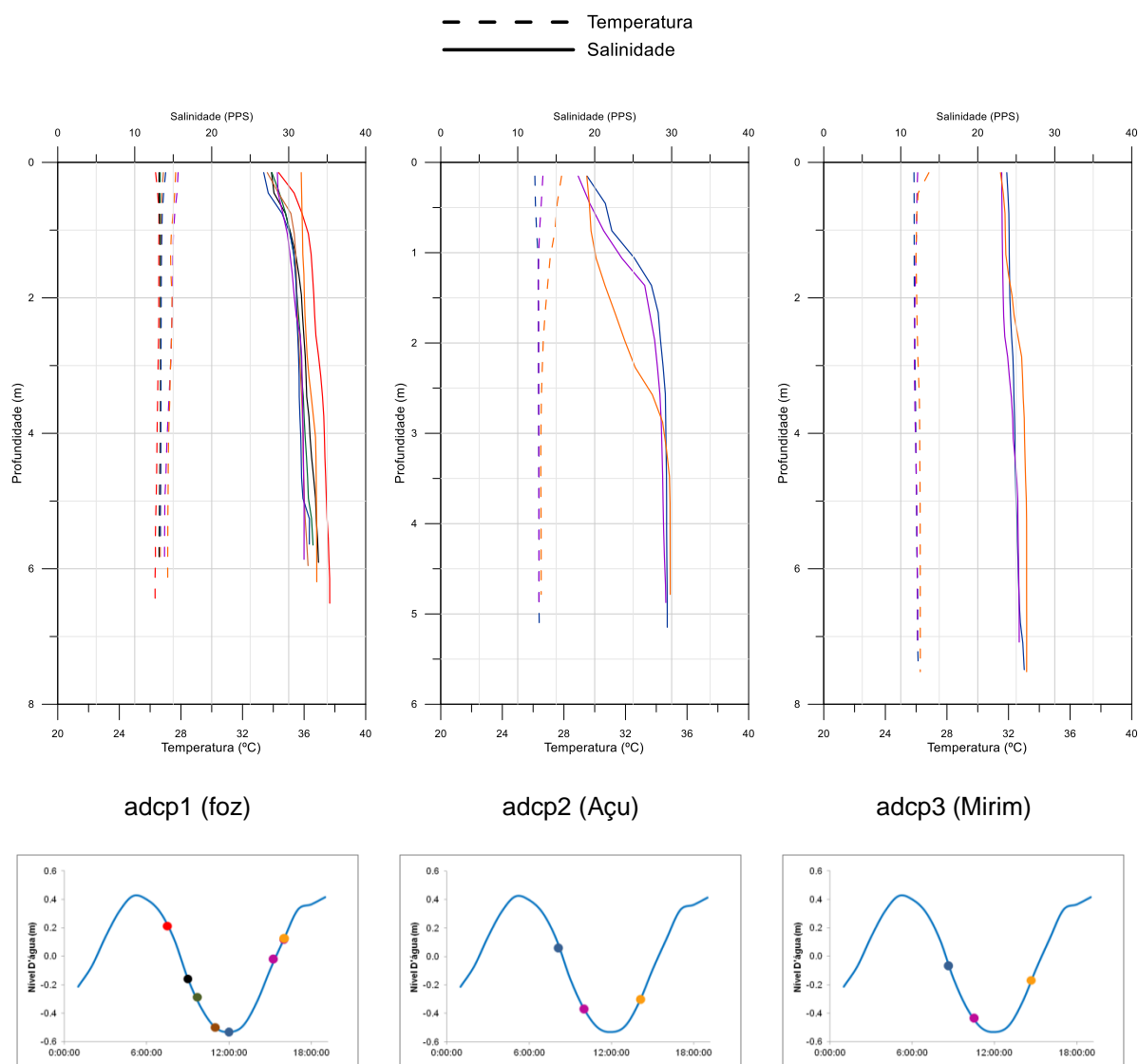
De acordo com classificação proposta por Pritchard (1955) o Sistema Estuarino Piraquê-Açu-Mirim pode ser classificado como bem misturado. Influenciado por descargas fluviais, que tem maior alcance durante as marés de quadratura, principalmente no trecho do Piraquê-Açu. A baixa profundidade e a circulação imposta pela maré são os fatores que mais contribuem para o alto grau de mistura observado.

Figura 29: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, na campanha de 25/04/2019 (maré de quadratura)



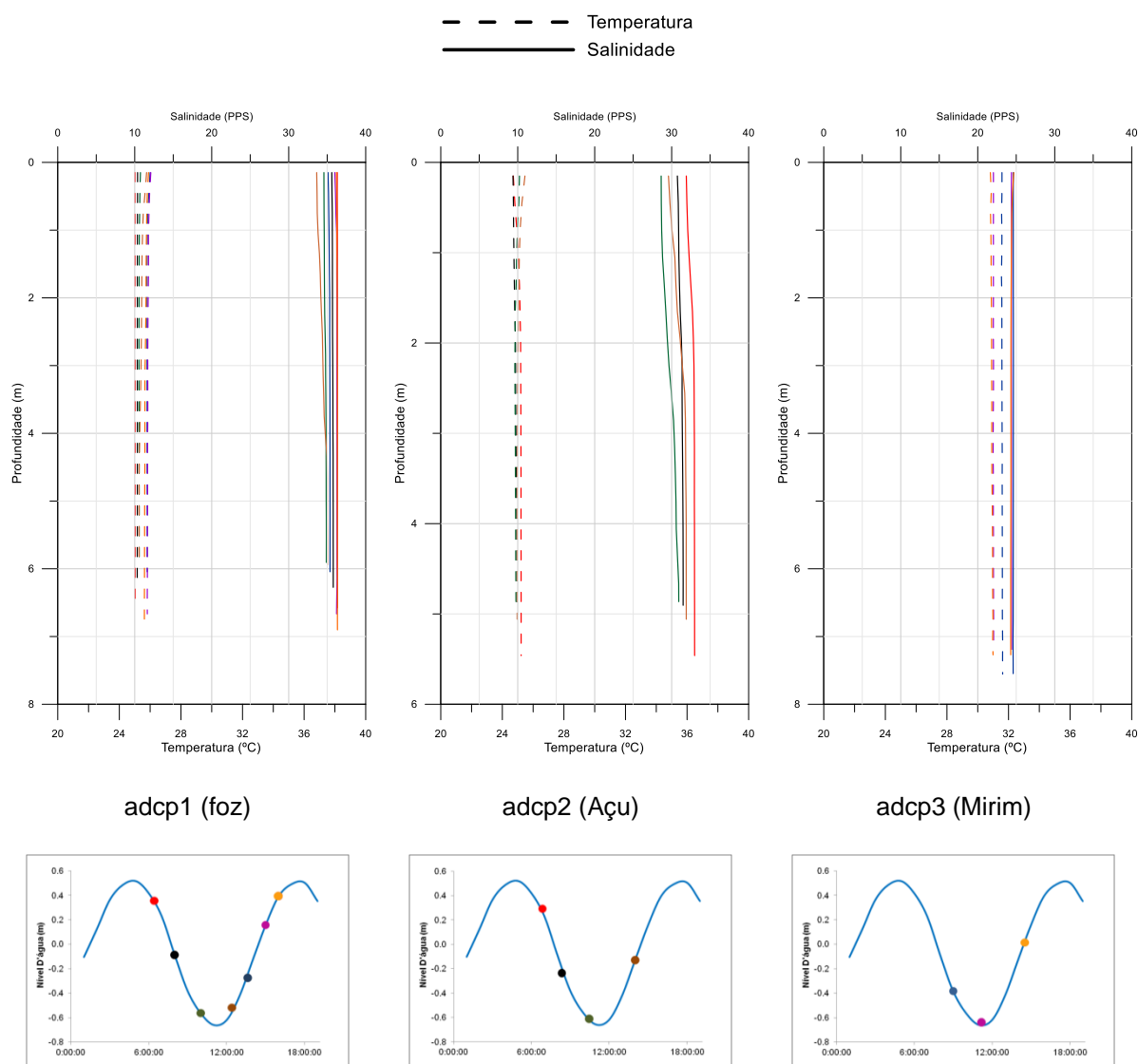
Indicação dos horários das medições em relação à maré

Figura 30: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, na campanha de 23/05/2019 (maré de quadratura)



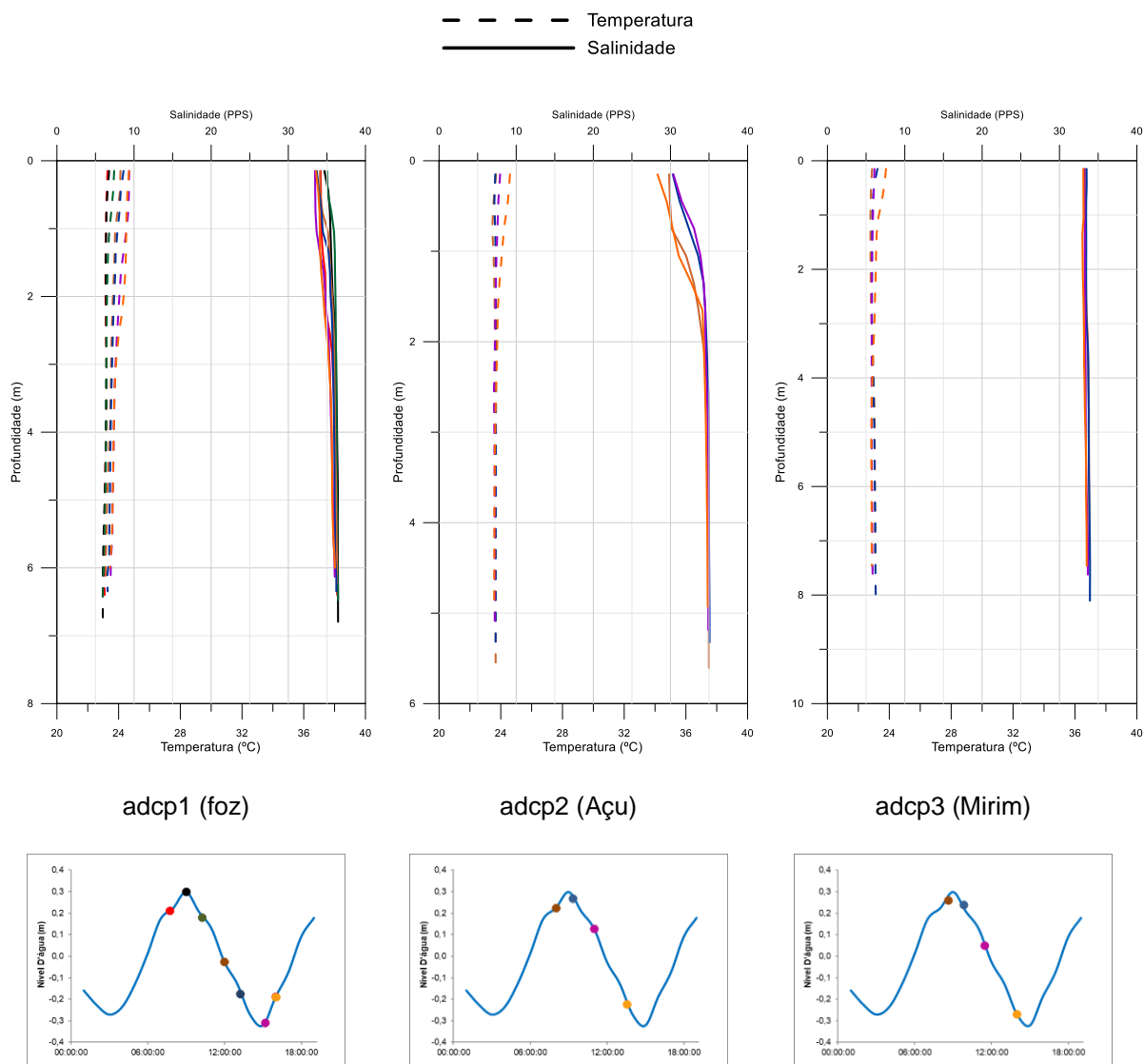
Indicação dos horários das medições em relação à maré

Figura 31: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, na campanha de 20/06/2019 (maré intermediária)



Indicação dos horários das medições em relação à maré

Figura 32: Perfis de salinidade e temperatura medidos no estuário do rio Piraquê, na campanha de 25/07/2019 (maré de quadratura)



Indicação dos horários das medições em relação à maré

3.2 INUNDAÇÃO FLORESTAS DE MANGUEZAL

A Tabela 7 apresenta os locais, dias e tipo de maré em cada uma das áreas monitoradas para a avaliação do período (em horas), amplitude e frequência de inundação local. As localidades situadas na Apa Costa das Algas e no Rio Doce não possuem amostragens.

Tabela 7: Descrição das datas de amostragens por estuário, tipos de marés e lua para o levantamento da inundação nas parcelas.

Ponto de Coleta	Instalação	Desinstalação	Tipo de Maré	Lua
PA1FD	09/04/2019	10/04/2019	Sizígia	Nova
PA1BD	09/04/2019	10/04/2019	Sizígia	Nova
PA1FE	09/04/2019	10/04/2019	Sizígia	Nova
PA1BE	09/04/2019	10/04/2019	Sizígia	Nova
PA2FD	10/04/2019	11/04/2019	Sizígia	Nova
PA2BD	10/04/2019	11/04/2019	Sizígia	Nova
PA2FE	09/04/2019	10/04/2019	Sizígia	Nova
PA2BE	09/04/2019	10/04/2019	Sizígia	Nova
PA3FD	11/04/2019	12/04/2019	Sizígia/quadratura	Nova/crescente
PA3BD	11/04/2019	12/04/2019	Sizígia/quadratura	Nova/crescente
PA3FE	11/04/2019	12/04/2019	Sizígia/quadratura	Nova/crescente
PA3BE	11/04/2019	12/04/2019	Sizígia/quadratura	Nova/crescente
PM1FD	17/04/2019	18/04/2019	Quadratura	Crescente
PM1BD	17/04/2019	18/04/2019	Quadratura	Crescente
PM1FE	17/04/2019	18/04/2019	Quadratura	Crescente
PM1BE	17/04/2019	18/04/2019	Quadratura	Crescente
PM2FD	17/04/2019	18/04/2019	Quadratura	Crescente
PM2BD	17/04/2019	18/04/2019	Quadratura	Crescente
PM2FE	16/04/2019	17/04/2019	Quadratura	Crescente
PM2BE	16/04/2019	17/04/2019	Quadratura	Crescente
PM3FD	16/04/2019	17/04/2019	Quadratura	Crescente
PM3BD	16/04/2019	17/04/2019	Quadratura	Crescente
PM3FE	16/04/2019	17/04/2019	Quadratura	Crescente
PM3BE	16/04/2019	17/04/2019	Quadratura	Crescente
BR1FD	04/04/2019	05/04/2019	Quadratura/sizígia	Minguante/nova
BR2FD	04/04/2019	05/04/2019	Quadratura/sizígia	Minguante/nova
BR3FD	04/04/2019	05/04/2019	Quadratura/sizígia	Minguante/nova
URF1E	30/05/2019	31/05/2019	Quadratura	Minguante
URF2D	30/05/2019	31/05/2019	Quadratura	Minguante
URF3E	30/05/2019	31/05/2019	Quadratura	Minguante
URB3E	30/05/2019	31/05/2019	Quadratura	Minguante
BN1FE	03/06/2019	04/06/2019	Sizígia	Nova
BN1BE	03/06/2019	04/06/2019	Sizígia	Nova

Ponto de Coleta	Instalação	Desinstalação	Tipo de Maré	Lua
BN2FD	03/06/2019	04/06/2019	Sizígia	Nova
BN2BD	03/06/2019	04/06/2019	Sizígia	Nova
BN3FD	04/06/2019	05/06/2019	Sizígia	Nova
BN3BD	04/05/2019	05/06/2019	Sizígia	Nova
SM1FD	06/06/2019	07/06/2019	Sizígia	Nova
SM1BD	06/06/2019	07/06/2019	Sizígia	Nova
SM1FE	10/06/2019	11/06/2019	Quadratura	Crescente
SM1BE	10/06/2019	11/06/2019	Quadratura	Crescente
SM2FD	06/06/2019	07/06/2019	Sizígia	Nova
SM2FE	06/06/2019	07/06/2019	Sizígia	Nova
SM2BE	10/06/2019	11/06/2019	Quadratura	Crescente
SM3FD	06/06/2019	07/06/2019	Sizígia	Nova
SM3BD	06/06/2019	07/06/2019	Sizígia	Nova
SM3FE	13/08/2019	14/08/2019	Quadratura	Crescente
SM3BE	13/08/2019	14/08/2019	Quadratura	Crescente
CR1FD	21/04/2019	22/04/2019	Sizígia	Cheia
CR1BD	21/04/2019	22/04/2019	Sizígia	Cheia
CR1FE	21/04/2019	22/04/2019	Sizígia	Cheia
CR1BE	21/04/2019	22/04/2019	Sizígia	Cheia
CR2FD	19/04/2019	20/04/2019	Sizígia	Cheia
CR2BD	19/04/2019	20/04/2019	Sizígia	Cheia
CR2FE	19/04/2019	20/04/2019	Sizígia	Cheia
CR2BE	19/04/2019	20/04/2019	sizígia	Cheia
CR3FD	21/04/2019	22/04/2019	Sizígia	Cheia
CR3BD	21/04/2019	22/04/2019	Sizígia	Cheia
CR3FE	19/04/2019	20/04/2019	Sizígia	Cheia
CR3BE	19/04/2019	20/04/2019	Sizígia	Cheia

Os dados referentes ao rio Piraquê-Açú (Figura 33 a Figura 35) descrevem comportamentos da inundação e salinidade diferente entre as margens e entre os tipos de floresta para a mesma margem. Salinidade é maior na margem direita (em ambas florestas) e inundação mais acentuada na margem direita. Ocorrem dois picos de inundação nas florestas de franja que não são similares na bacia. A baixa amplitude de inundação induz ao aumento da salinidade nas bacias como são observados nos gráficos, indicando que o ingresso da maré remobiliza sais depositados anteriormente e que são ressuspensos aumentando os teores nestes locais.

Os resultados para o rio Piraquê-Mirim mostram claramente a influência marinha nos pontos 1 e 2 tanto na questão da inundação quanto na salinidade (Figura 36 a Figura 38). Destaca-se para as florestas de bacia a influência da pressão do fluxo de maré sobre a água intertidal, uma vez que ocorre aumento de salinidade mesmo em baixa amplitude de inundação.

Em Barra do Riacho foram amostrados os três pontos de monitoramento e estão descritos na Figura 39. Este sistema tem pouca inundação pelas marés e baixa salinidade, apesar dos dados terem sido coletados na transição entre a influência de máre de quadratura para a sizígia.

Figura 33: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Açú: A) PA1FD; B) PA1BD; C) PA1FE; D) PA1BE; E) PA2FD; F) PA2BD; G) PA2FE; H) PA2BE; I) PA3FD; J) PA3BD; K) PA3FE; e L) PA3BE. Continua.

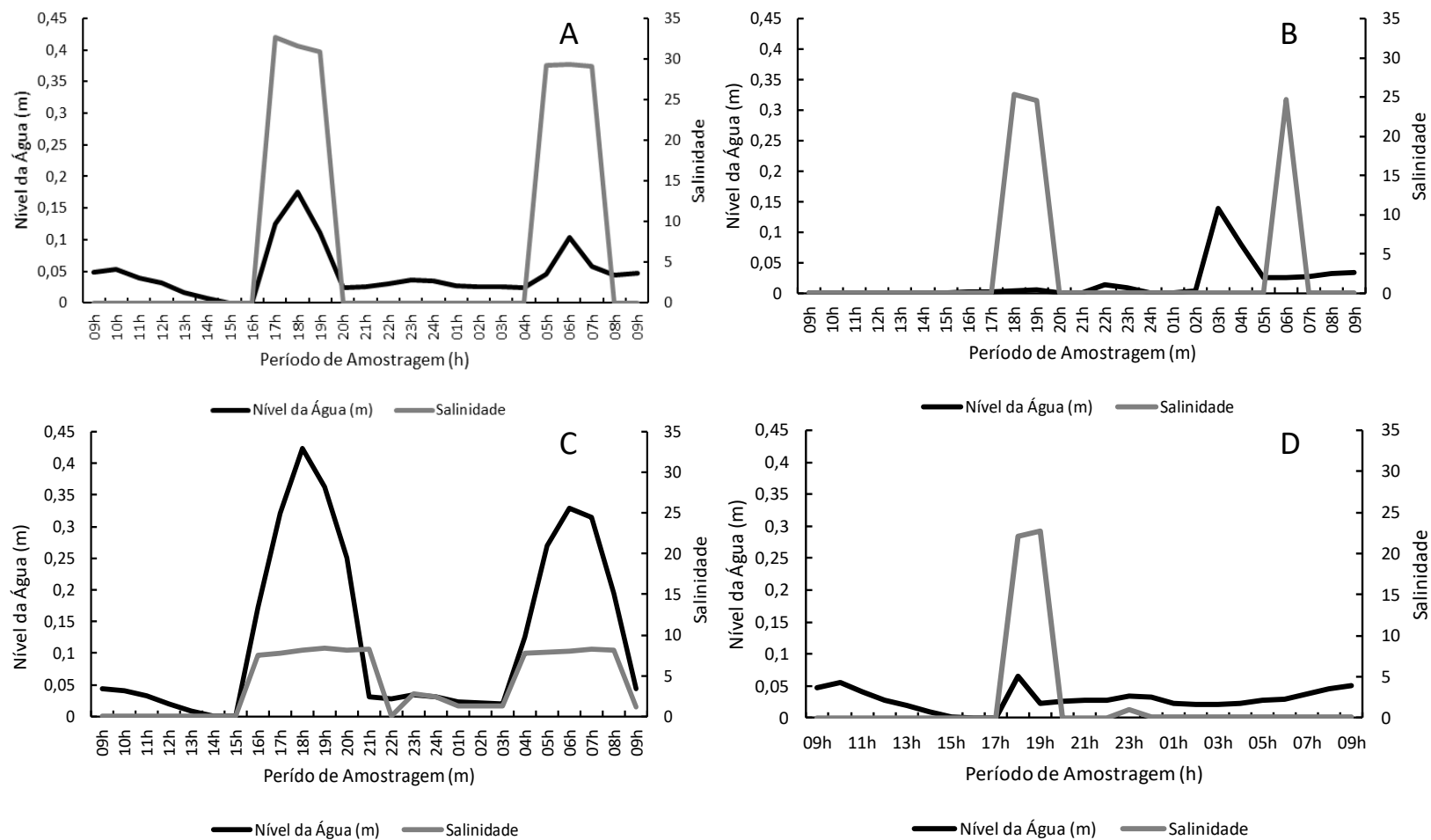


Figura 34: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Açú: A) PA1FD; B) PA1BD; C) PA1FE; D) PA1BE; E) PA2FD; F) PA2BD; G) PA2FE; H) PA2BE; I) PA3FD; J) PA3BD; K) PA3FE; e L) PA3BE. Continua

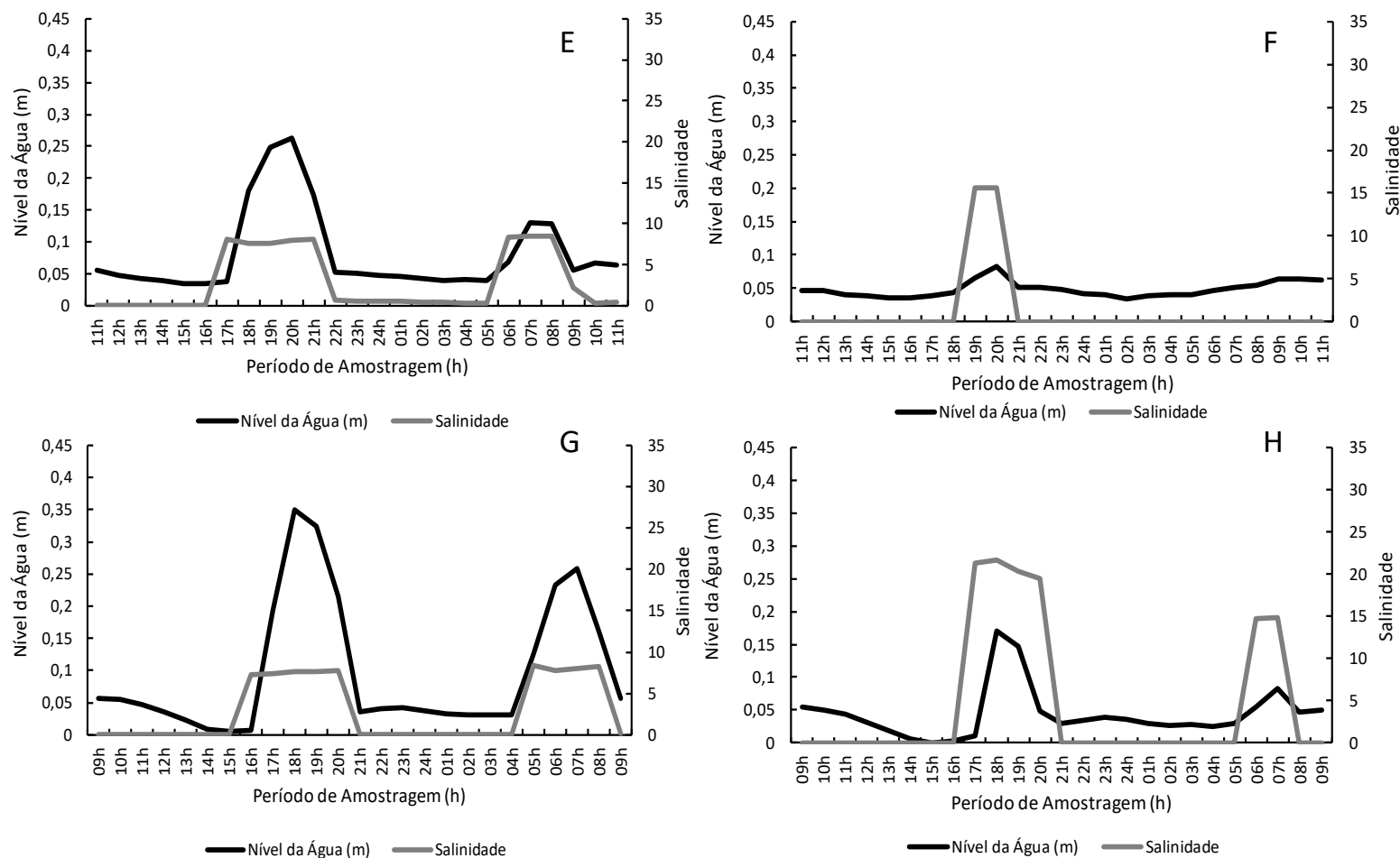


Figura 35: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Açú: A) PA1FD; B) PA1BD; C) PA1FE; D) PA1BE; E) PA2FD; F) PA2BD; G) PA2FE; H) PA2BE; I) PA3FD; J) PA3BD; K) PA3FE; e L) PA3BE.

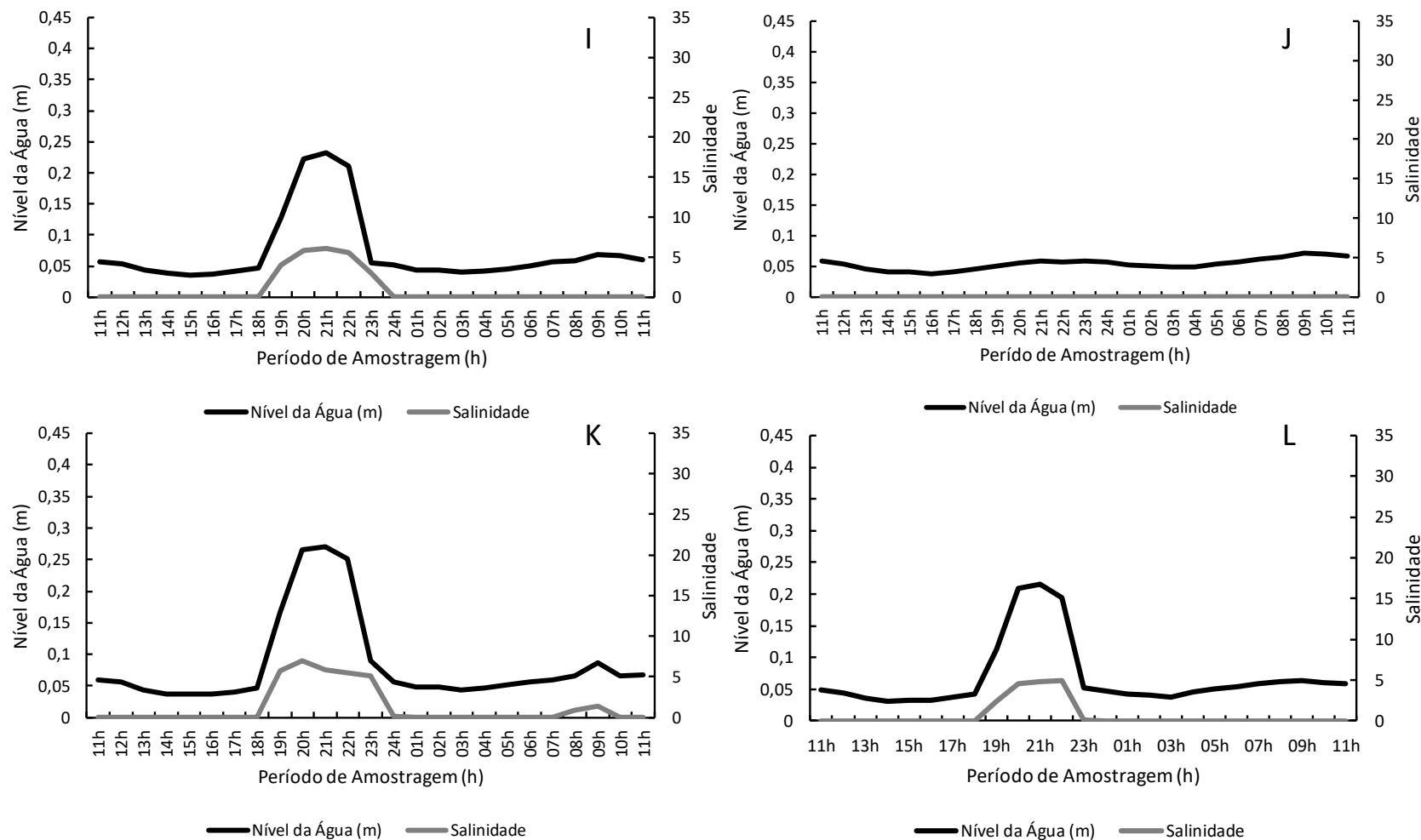


Figura 36: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Mirim: A) PM1FD; B) PM1BD; C) PM1FE; D) PM1BE; E) PM2FD; F) PM2BD; G) PM2FE; H) PM2BE; I) PM3FD; J) PM3BD; K) PM3FE; e L) PM3BE. Continua.

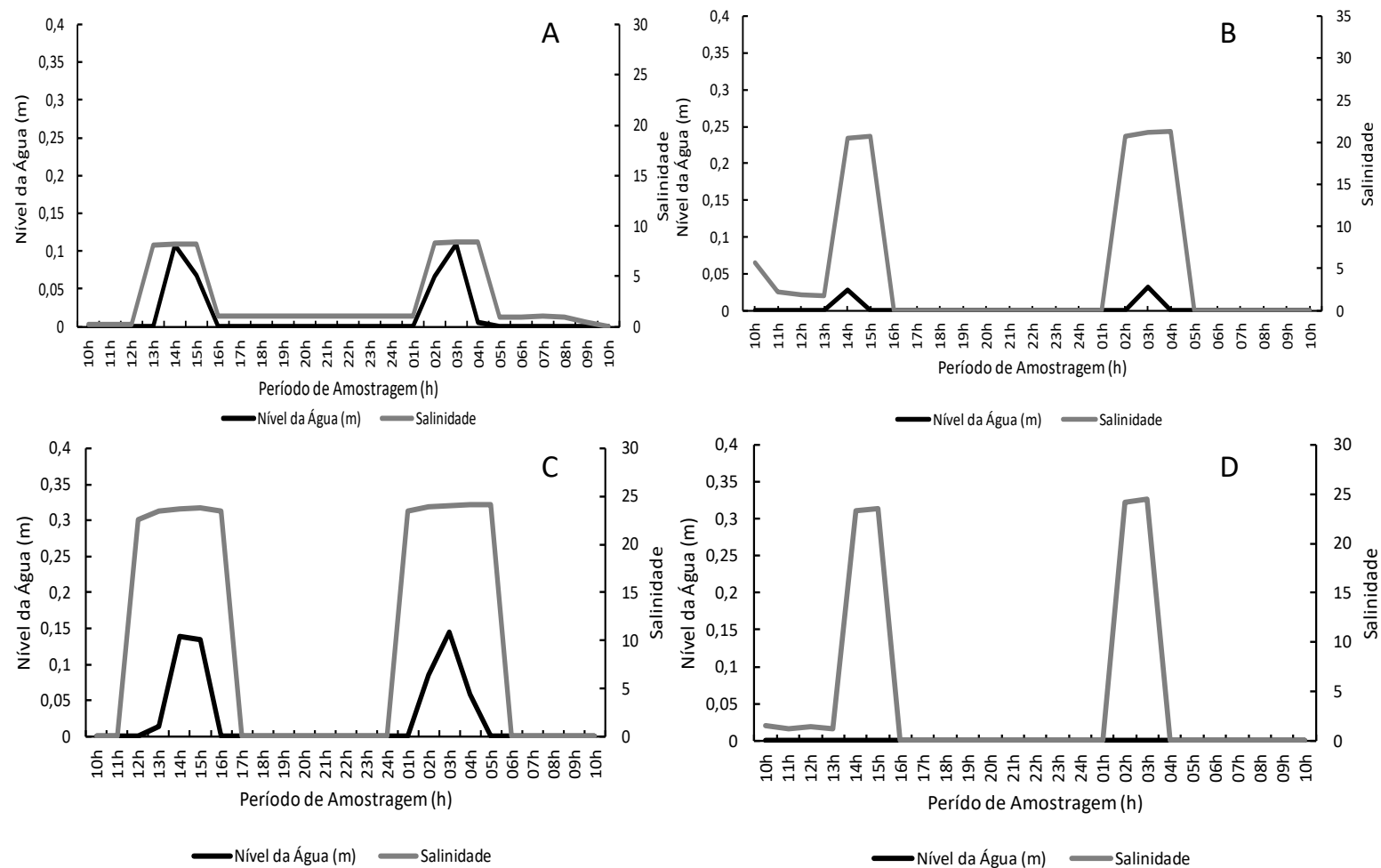


Figura 37: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Mirim: A) PM1FD; B) PM1BD; C) PM1FE; D) PM1BE; E) PM2FD; F) PM2BD; G) PM2FE; H) PM2BE; I) PM3FD; J) PM3BD; K) PM3FE; e L) PM3BE. Continua.

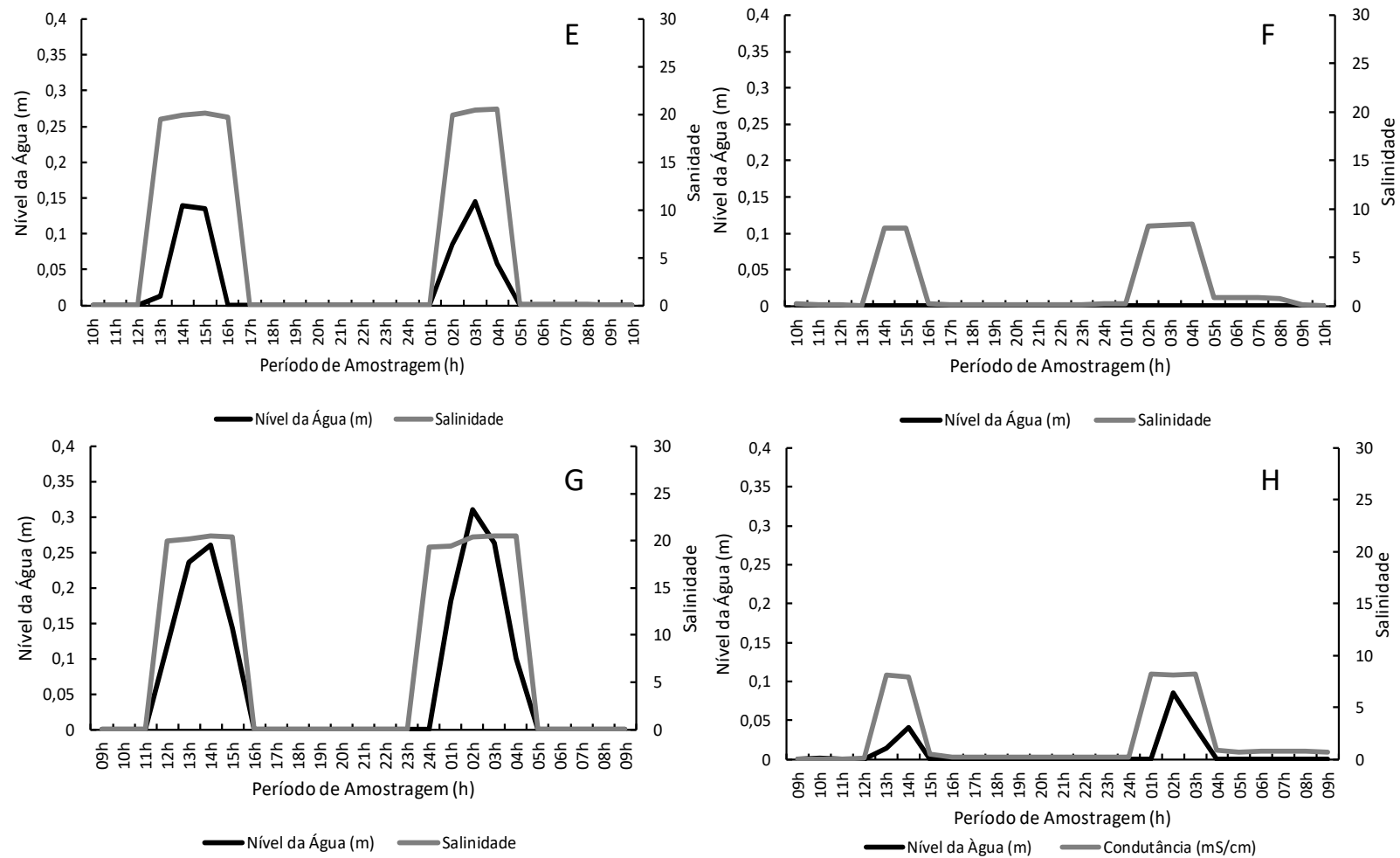


Figura 38: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Piraquê-Mirim: A) PM1FD; B) PM1BD; C) PM1FE; D) PM1BE; E) PM2FD; F) PM2BD; G) PM2FE; H) PM2BE; I) PM3FD; J) PM3BD; K) PM3FE; e L) PM3BE.

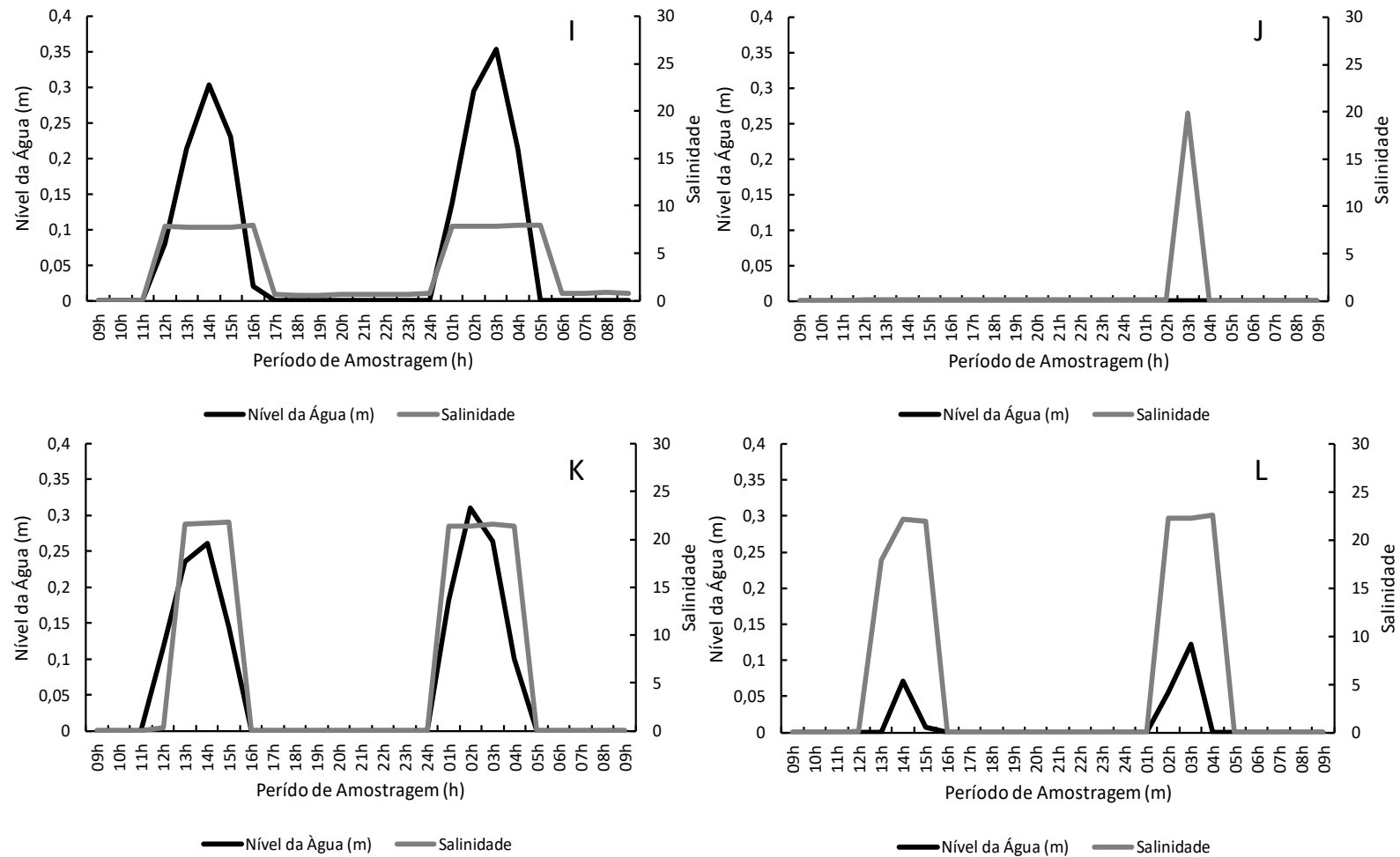
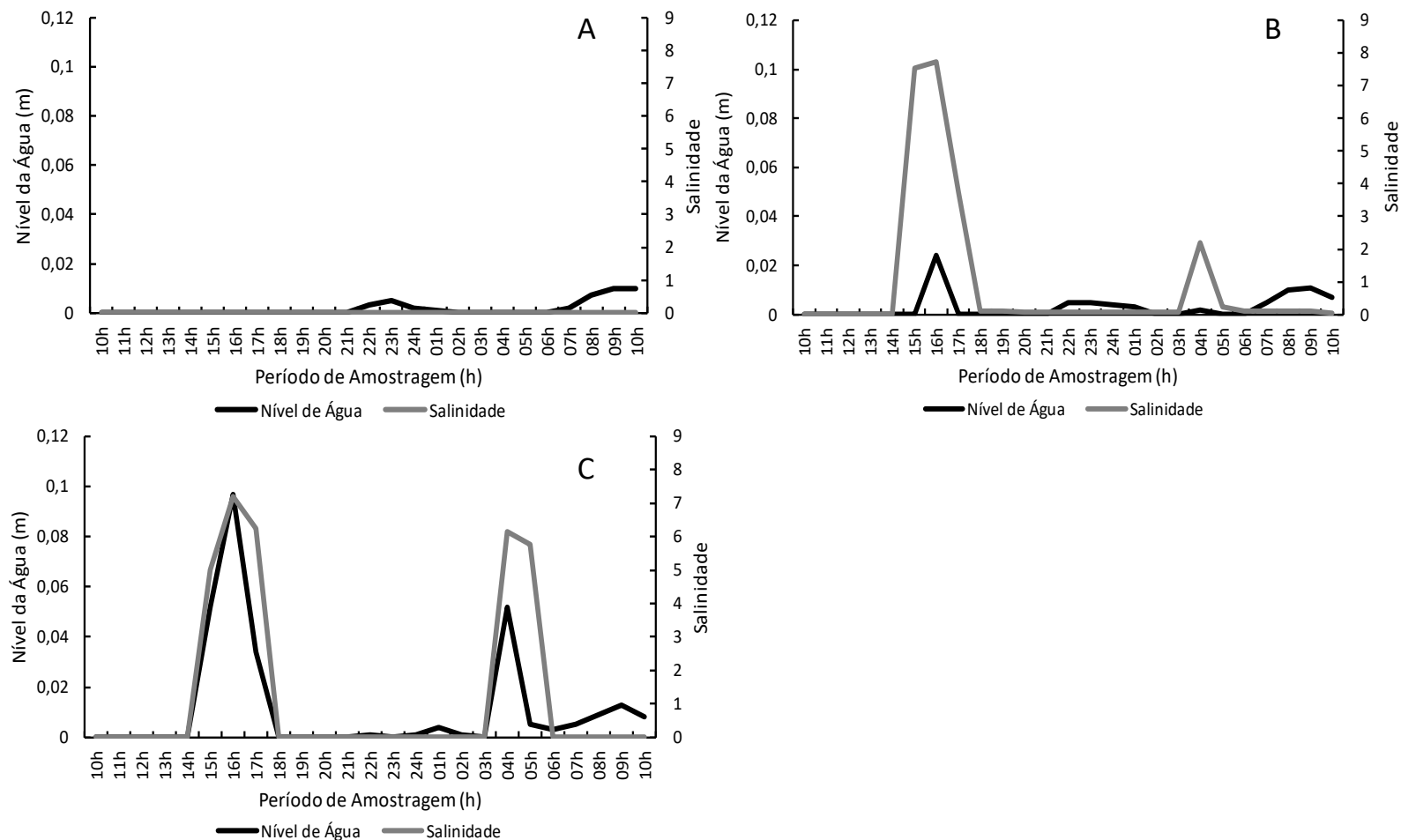


Figura 39: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Riacho na localidade de Barra do Riacho: A) BR1FD; B) BR2FD; C) BR3FD.



Os dados de Urussuquara (Rio Ipiranga) foram obtidos na maré de quadratura e possuem registros extremamente baixos de amplitude de inundação, não sendo apresentados neste texto.

Para Barra Nova serão descritos os resultados das florestas de franja, uma vez que por ocasião do levantamento dos dados as florestas de bacia tiveram pequena inundação e sem registro de salinidade (Figura 40). Nota-se que no ponto 3 há empilhamento de água sobre o bosque ao final do ciclo de maré.

O estuário do Rio São Mateus foi amostrado em todas as áreas, entretanto, os dados são melhor descritos para os pontos 1 e 2 e para as florestas de franja (Figura 41).

Em Caravelas, os dados de inundação são similares aqueles observados no estuário dos rios Piraquê-Mirim e Açú com baixa influência nas florestas de bacia (Figura 42 a Figura 44). A baixa amplitude de maré registradas nestas florestas no ponto 2 e 3 levam a formação dos apicuns uma vez que o clima nesta região possui a estação de seca bastante definida

Figura 40: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Mariricu na localidade de Barra Nova em São Mateus: A) BN1FE; B) BN2FD; C) BN3FD.

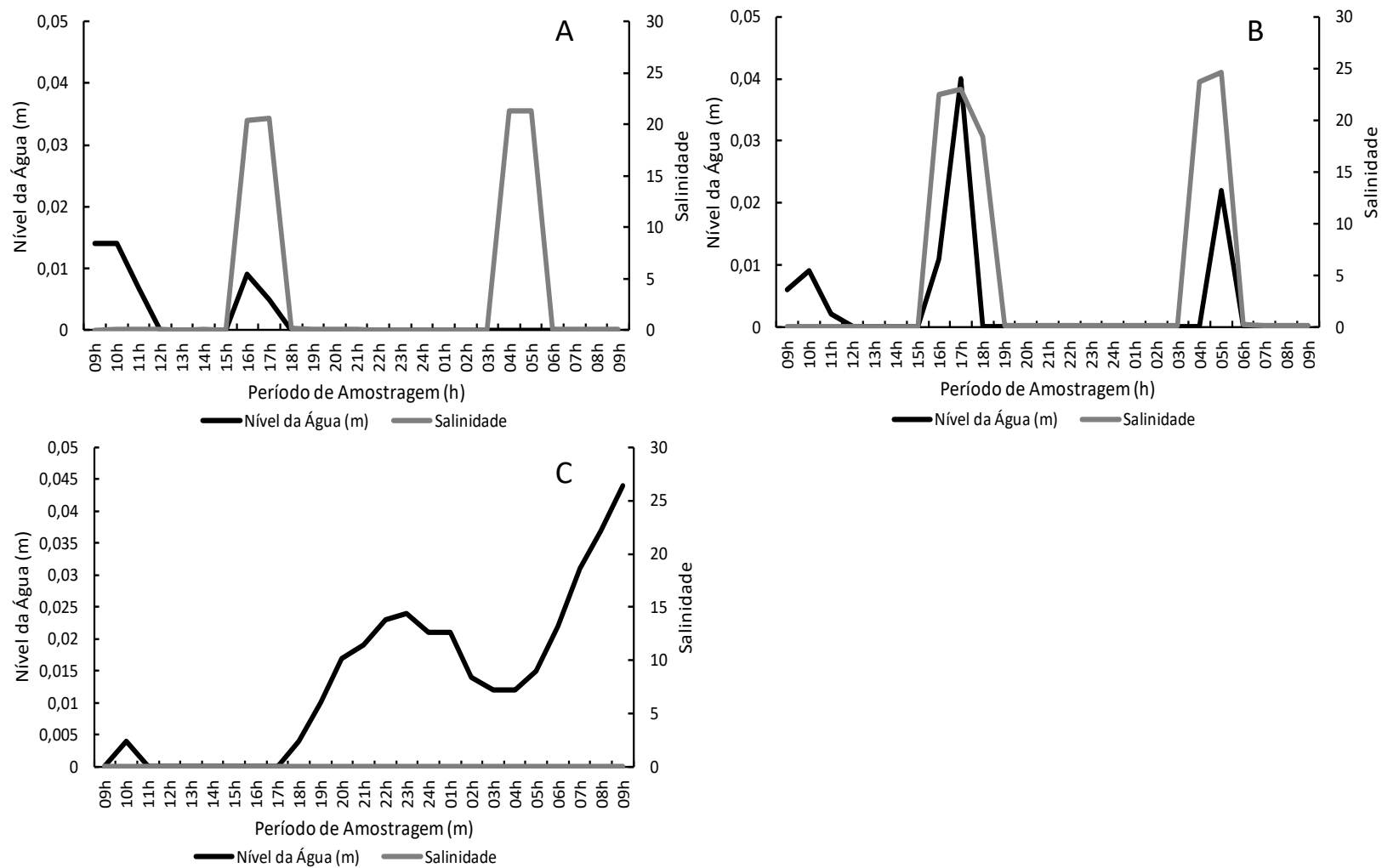


Figura 41: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio São Mateus: A) SM1FD; B) SM1FE; C) SM2FD; D) SM2FE.

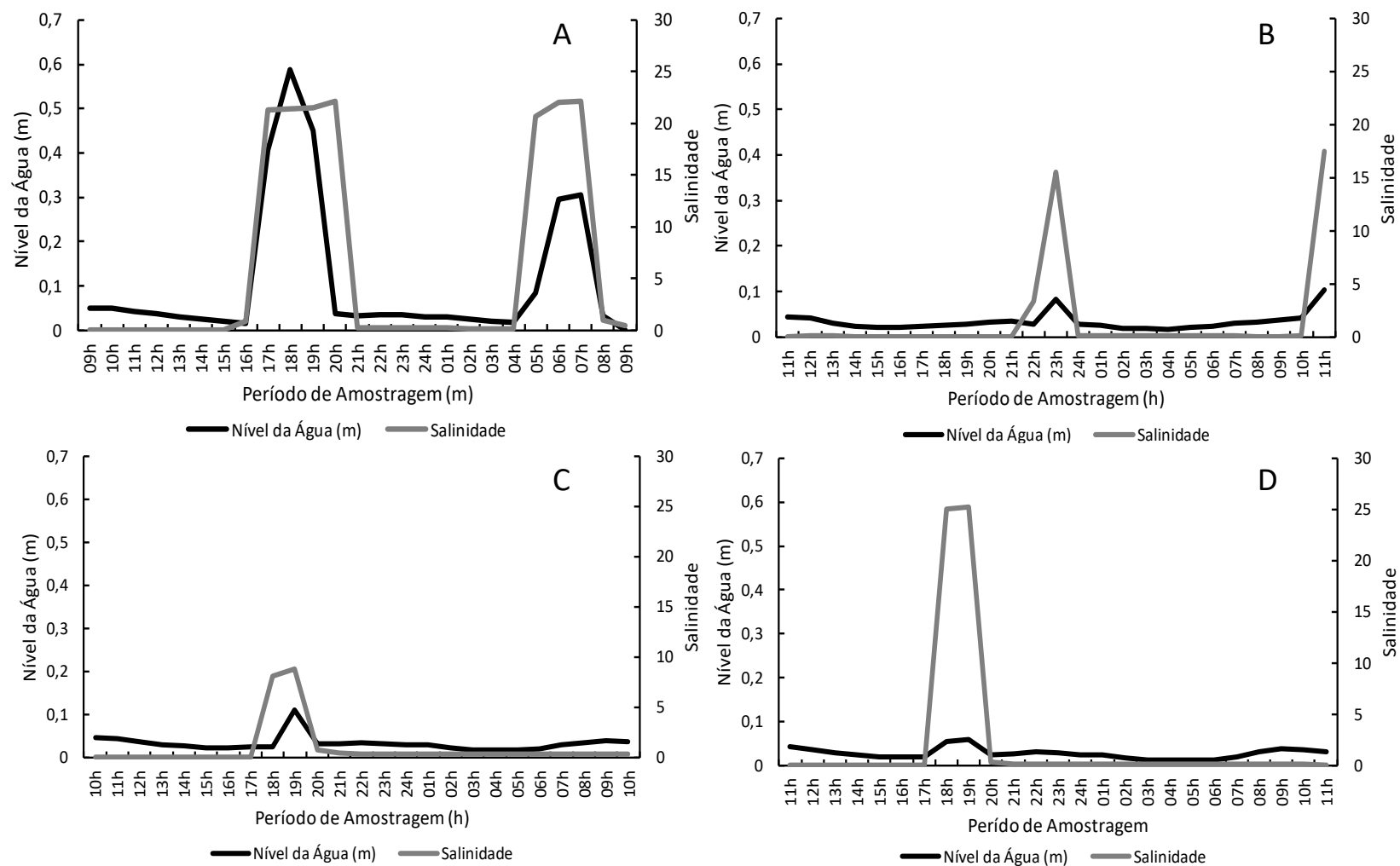


Figura 42: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Caravelas: A) CR1FD; B) CR1BD; C) CR1FE; D) CR2FD; E) CR2BD; F) CR2FE; G) CR2BE; H) CR3FD; I) CR3BD J) CR3FE; K) CR3BE; L) CR1BE.

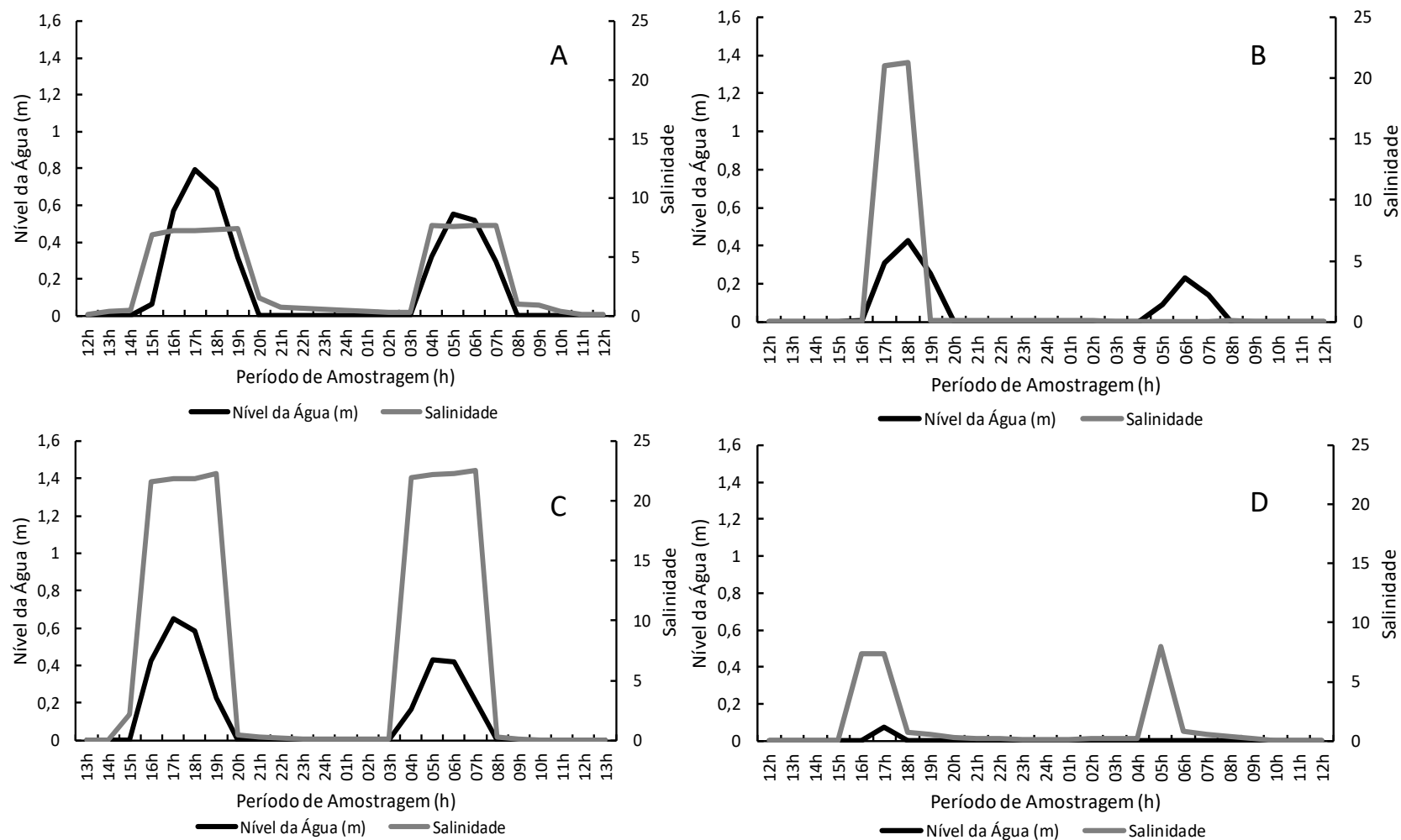


Figura 43: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Caravelas: A) CR1FD; B) CR1BD; C) CR1FE; D) CR2FD; E) CR2BD; F) CR2FE; G) CR2BE; H) CR3FD; I) CR3BD J) CR3FE; K) CR3BE; L) CR1BE.

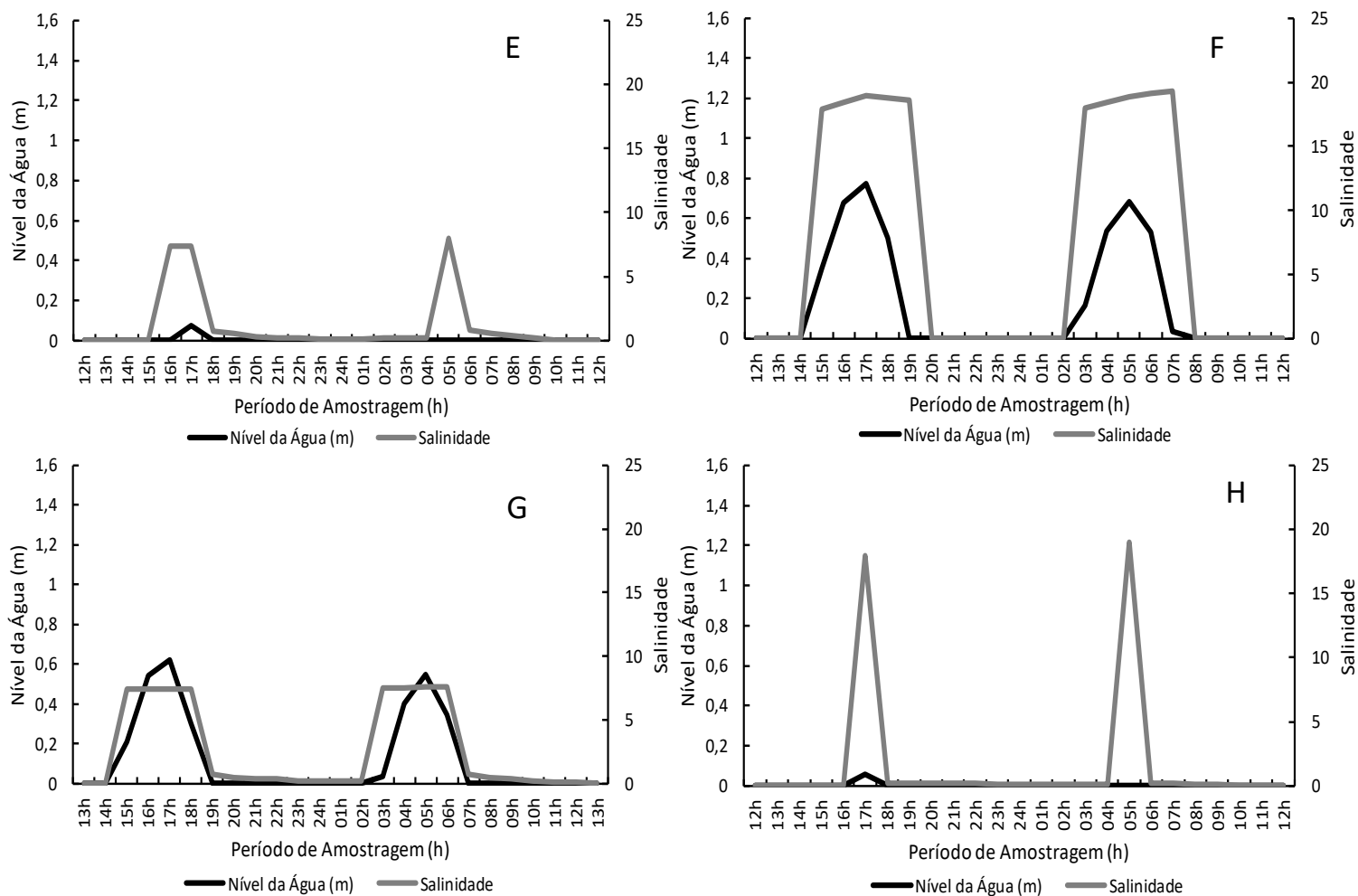
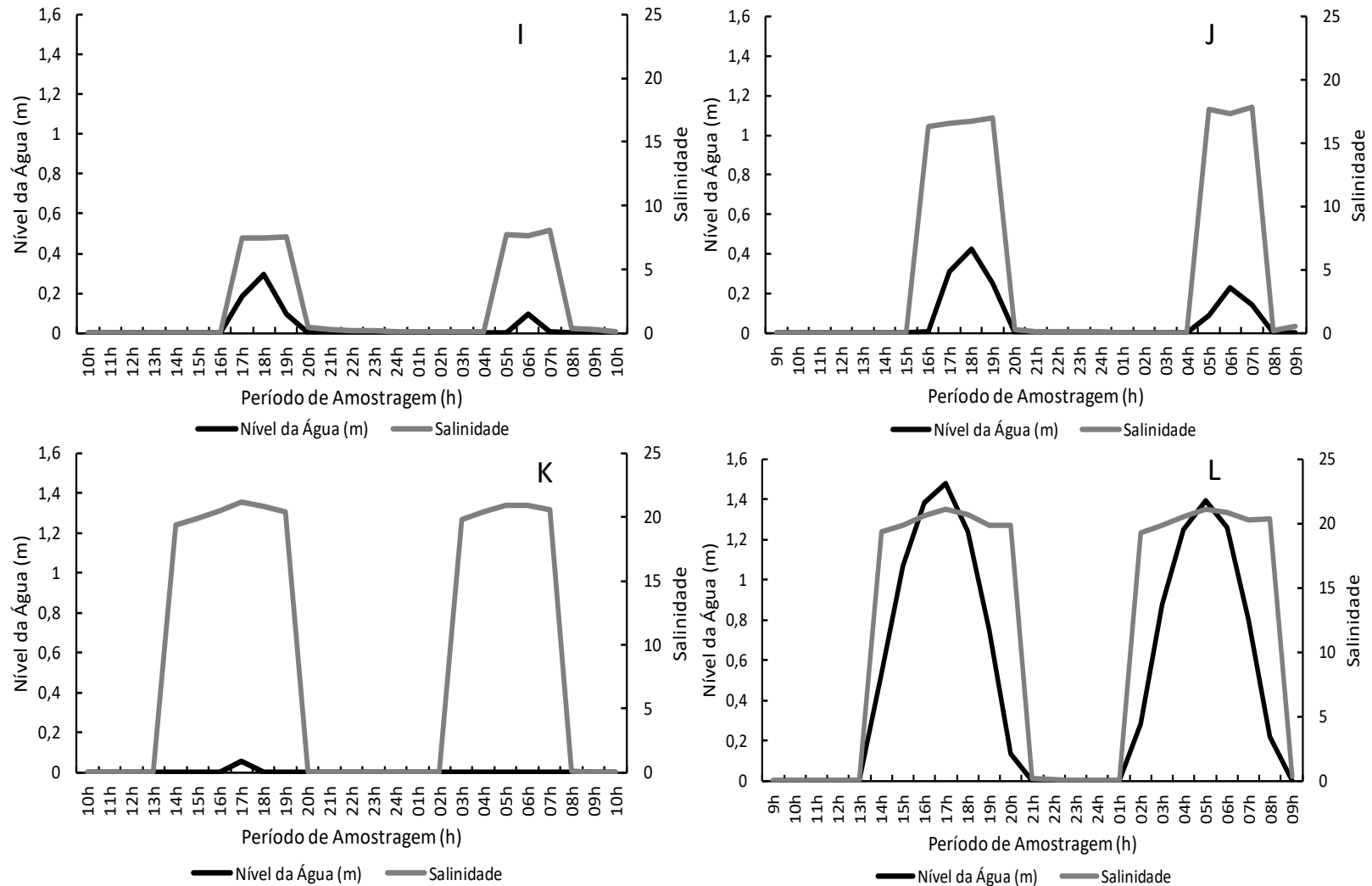


Figura 44: Descrição dos dados de amplitude de inundação e salinidade para o Rio Carevelas: A) CR1FD; B) CR1BD; C) CR1FE; D) CR2FD; E) CR2BD; F) CR2FE; G) CR2BE; H) CR3FD; I) CR3BD J) CR3FE; K) CR3BE; L) CR1BE.

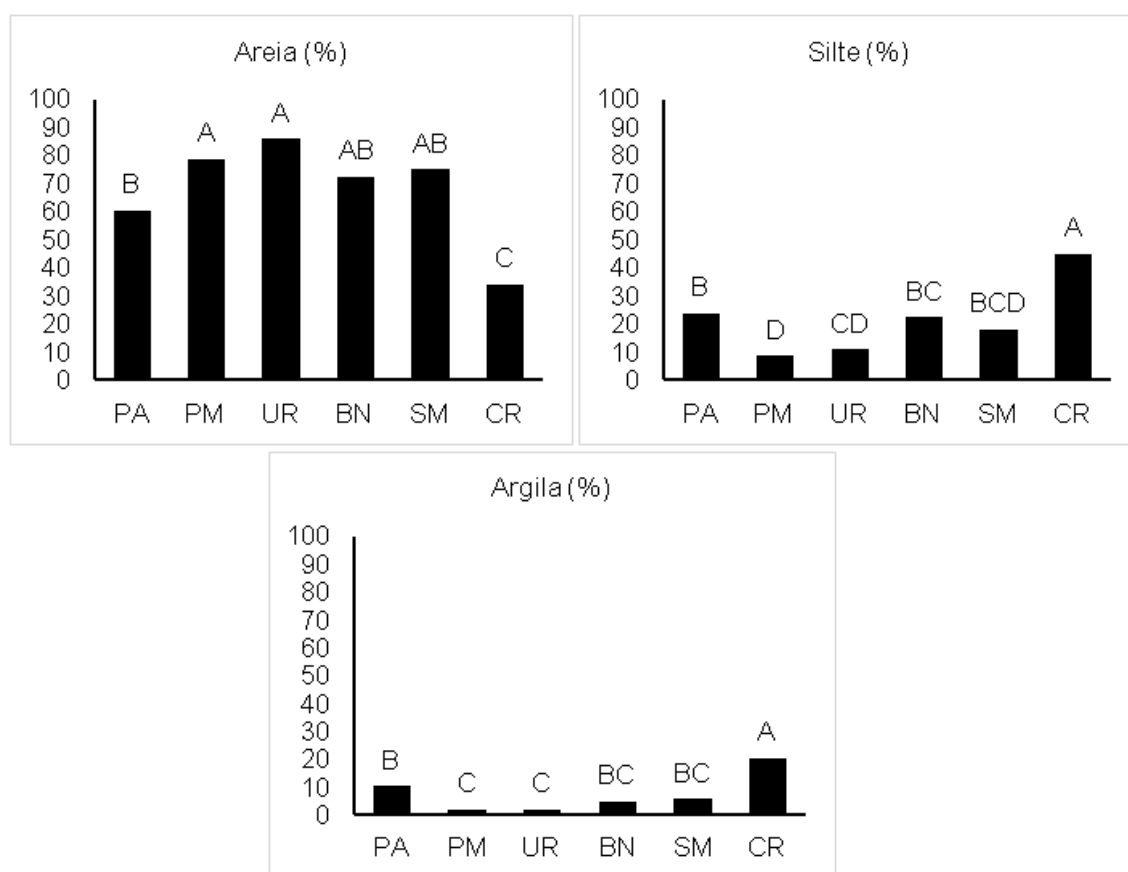


3.3 SEDIMENTOLOGIA

3.3.1 Granulometria

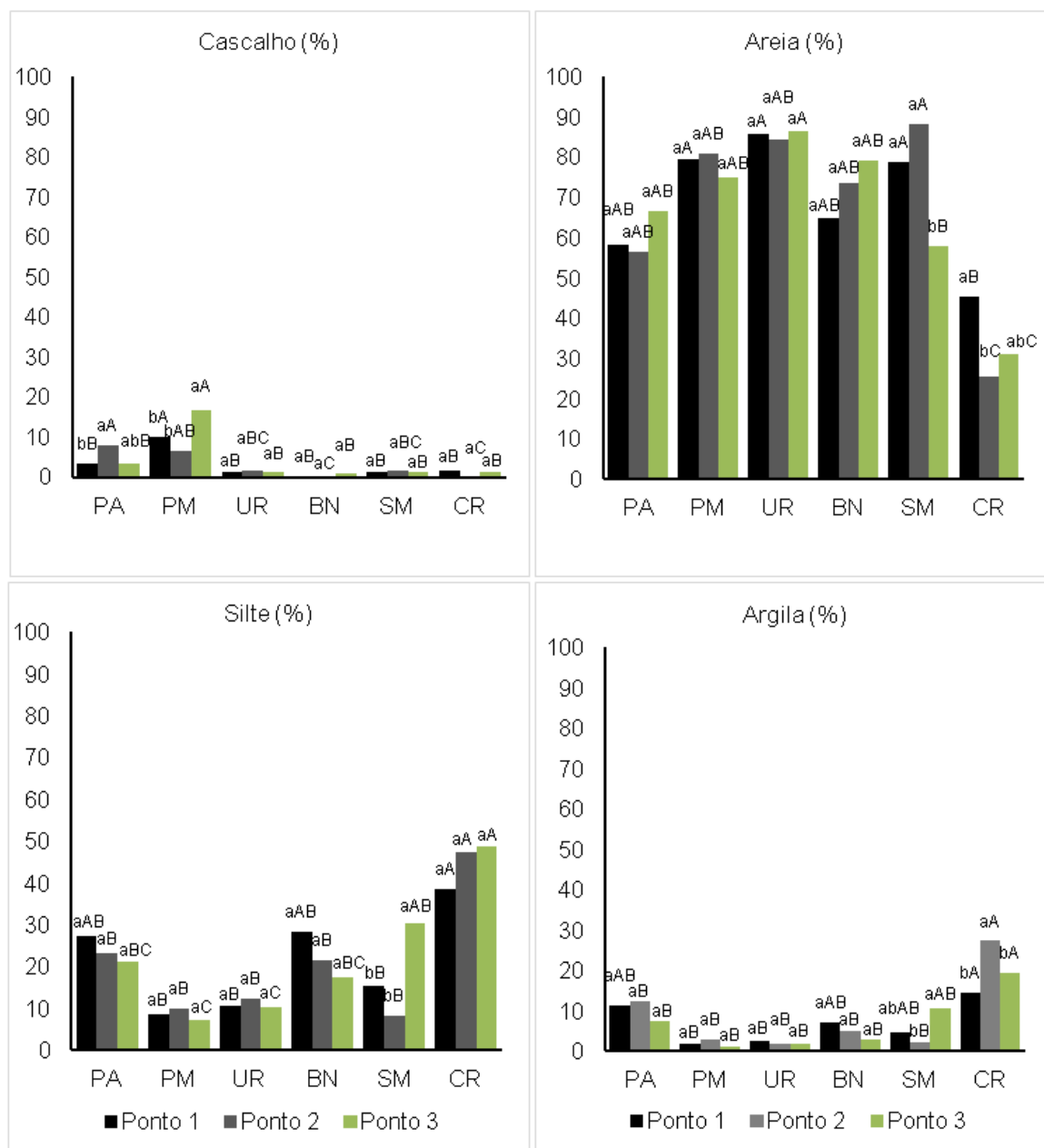
Segundo Cintron e Shaeffer-Novelli (1983), os solos de mangue são formados por sedimentos autóctones ou alóctones, esses ambientes são em geral de baixa energia com predomínio de acúmulo de frações finas, compostas por argila e silte. No entanto, com exceção de Caravelas ($p < 0,05$), todos outros estuários predominaram a fração areia (Figura 45). O estuário de Caravelas se destaca pela maior presença de argila em comparação os demais estuários, pois faz parte de sistema costeiro protegido da ação de ondas, permitindo que materiais mais finos sejam depositados, conforme observado por Souza-Júnior et al. (2007).

Figura 45: Percentual de areia e argila nos estuários estudados. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade.



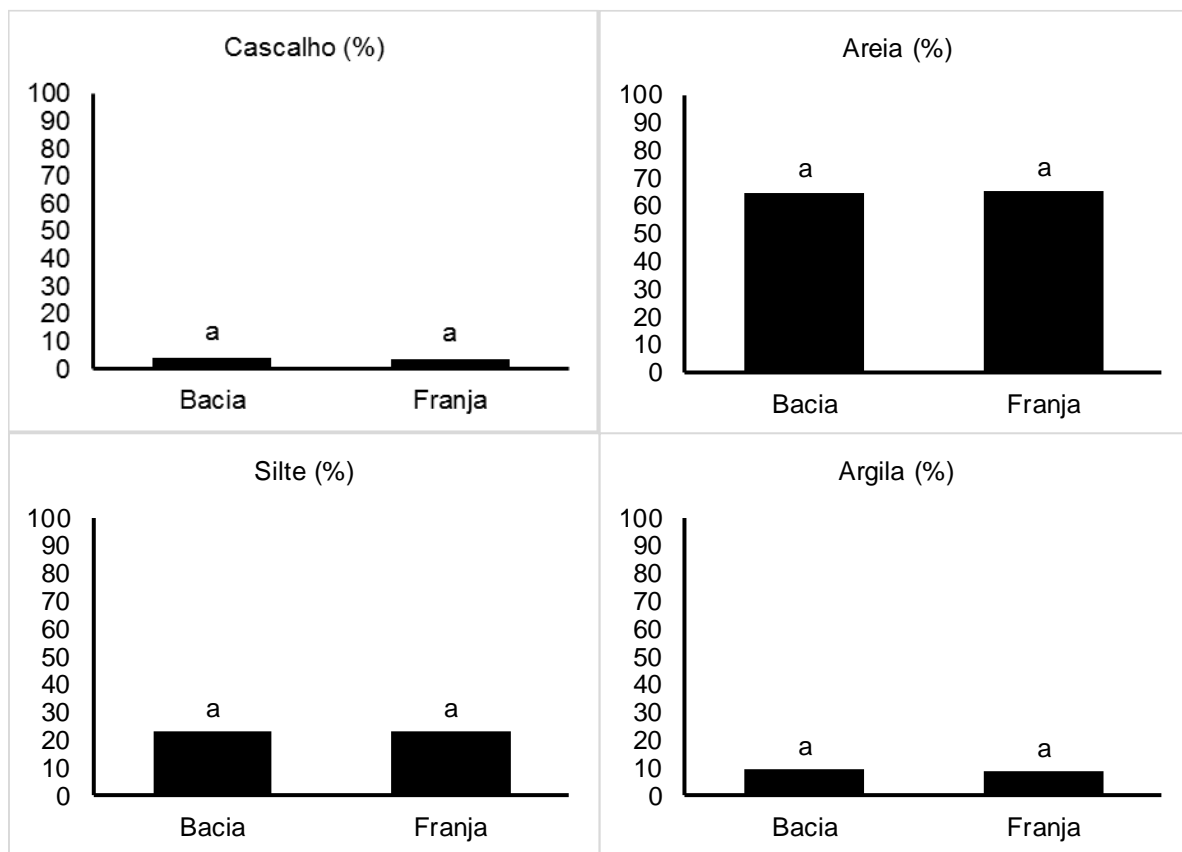
A fração areia predomina nos estuários com exceção de Caravelas (Figura 46), onde a maior concentração não ultrapassa os 50% da granulometria ($p < 0,05$). Quanto aos pontos 1, 2 e 3, que representam distribuição das parcelas a partir da foz até montante no estuário, não houve tendência clara de deposição de argila, apesar de existir similaridade entre os estuários. Entretanto, Caravelas novamente é bem distinta das demais áreas com valores mais elevados nesta fração e o ponto 2 se destaca, demonstrando ser o ponto com menor energia hidráulica no estuário.

Figura 46: Percentual de cascalho, areia, silte e argila nas áreas de franja e bacia nos diferentes pontos de amostragem em relação à distância da foz dos rios estudados. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Ponto 1, Ponto 2 e Ponto 3 - Distância da foz do estuário ao ponto e coleta. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre os pontos em cada estuário. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre os estuários em cada ponto. Teste de Tukey 5% de probabilidade.



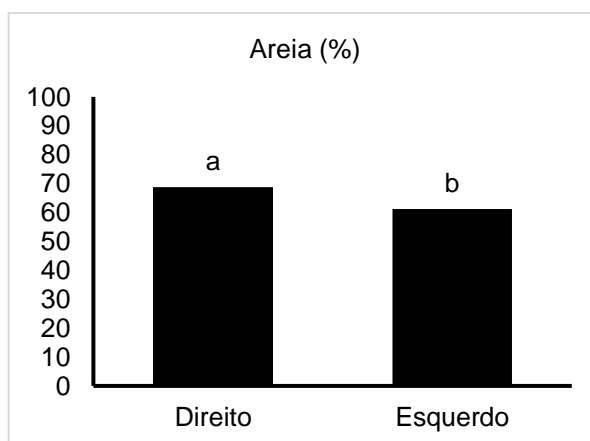
Quanto ao tipo de bosque, não houve diferença estatística ($p > 0,05$) para todas as frações estudadas conforme pode ser observado na Figura 47.

Figura 47: Percentual de cascalho, areia, silte e argila nas áreas de franja e bacia nos diferentes estuários amostrados. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



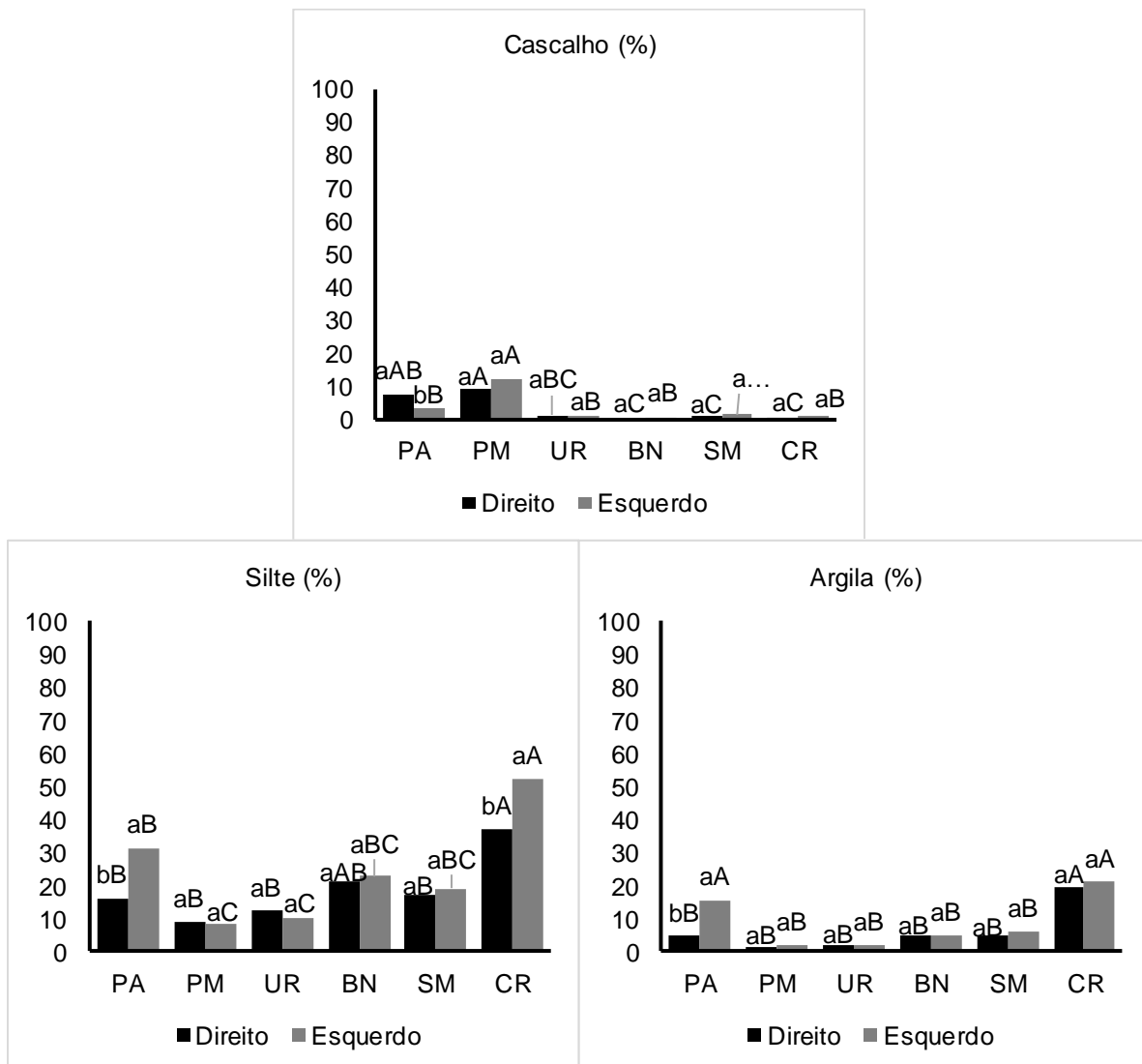
Houve diferença quanto ao teor de areia considerando as margens esquerda e direita dos rios (Figura 48) em todos os estuários ($p < 0,05$), o que depende, de modo geral, da conformação e declividade dos cursos dos rios que refletem na presença de meandros e que, por sua vez, determinam a energia de arrasto nas margens côncavas e convexas do mesmo.

Figura 48: Percentual de areia quanto às margens estudadas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Quanto às margens em cada estuário, observa-se que em relação ao teor de cascalho e argila (Figura 49), somente Piraquê-Açu (PA) apresentou diferença entre as margens ($p < 0,05$). A fração silte foi distinta entre as margens para os estuários do rio Piraquê-Açu e em Caravelas.

Figura 49: Percentual de cascalho, areia, silte e argila nos dados direito e esquerdo dos rios estudados. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre os lados em cada estuário Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre os estuários em cada margem. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.



3.3.2 Matéria Orgânica Total

Devido à importância da matéria orgânica total dos sedimentos na retenção de diversas espécies dissolvidas e particuladas a exemplo dos metais, esta foi avaliada indiretamente por perda de voláteis a 550°C, segundo metodologia padrão descrita no item 2.2 deste relatório.

Foram realizadas duas amostragens de matéria orgânica MO em duas épocas (Figura 50), denominadas campo 2 (amostragem em janeiro de 2019/verão) e campo 5 (amostragem em julho de 2019/inverno), observa-se que não houve diferença no teor de MO entre as duas épocas de amostragem ($p > 0,05$), o que indica não ter incremento ou diminuição no teor de MO no intervalo de seis meses. Entretanto, houve diferença significativa entre os rios Piraquê-Açu e Mirim ($p < 0,05$), como mostrado na Figura 51.

Figura 50: Teor de Matéria orgânica total nas duas épocas de amostragem, primeiro e segundo semestres de 2019. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

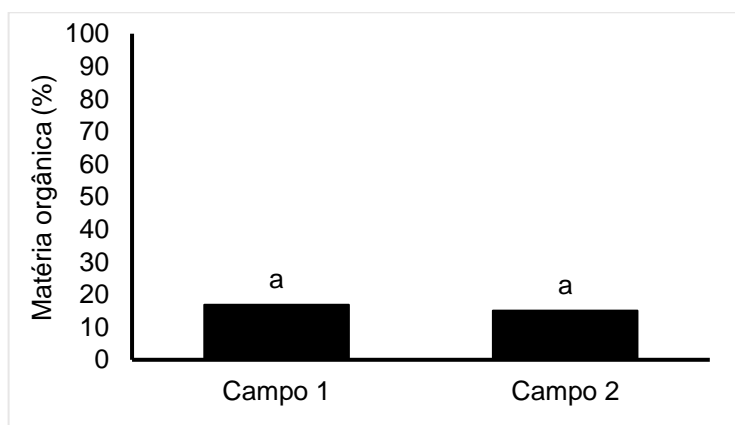
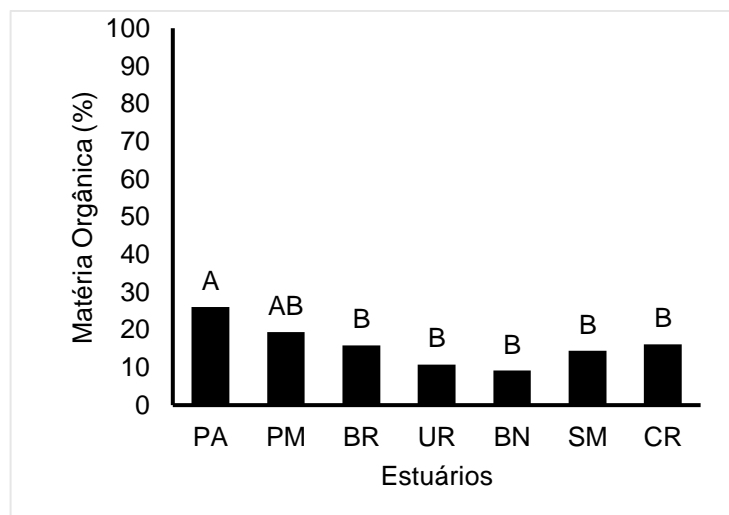
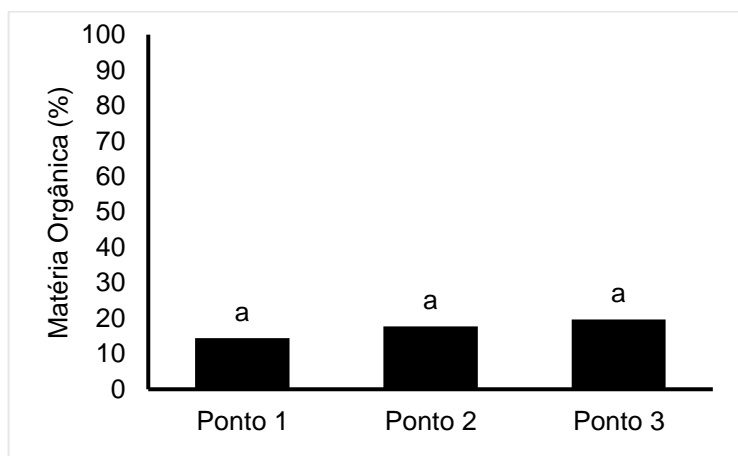


Figura 51: Teor de Matéria orgânica total nos estuários considerando os dois campos nos semestres de 2019. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu.



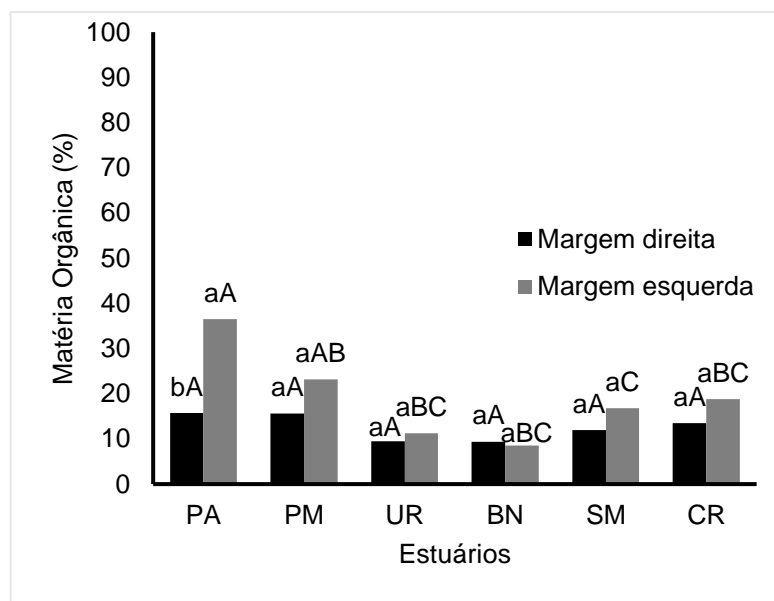
Quanto aos pontos de amostragem em cada estuário, considerando os pontos 1, 2, e 3 relativos à distância da foz dos rios (Figura 52), observa-se que não houve diferença significativa ($p < 0,05$).

Figura 52: Teor de Matéria orgânica total entre diferentes pontos de coleta de acordo com a distância da foz dos rios estudados. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Médias seguidas da mesma letra minúscula entre os estuários e seguidas de mesmas letras maiúsculas entre os pontos em cada estuário não diferem entre si pelo teste de Teste de Tukey a 5% de probabilidade.



A taxa de sedimentação e acúmulo de MO é alta nos pontos mais próximos às margens, nas florestas de franja, em função da pequena velocidade do fluxo onde há manguezais (JESUS et al., 2004), no entanto para este tipo de florestas não houve diferença entre os seis estuários avaliados. Já para as florestas de bacia, mais distante da margem, o estuário de Piraquê-Açu se destaca com maiores teores de MO (Figura 53). Esse maior teor de MO está envolvido com maior possibilidade de manter-se um ambiente redutor, interferindo na retenção e sorção de metais catiônicos, especialmente Fe e Mn. A sorção pode ser vista como um processo chave para a determinação do destino dos metais no sedimento. Esta habilidade que o sedimento possui na retenção de solutos retarda o seu transporte no perfil do solo (OLIVEIRA et al., 2014).

Figura 53: Matéria orgânica total no solo entre diferentes estuários nos bosques franja, bacia e na comparação entre os bosques de cada estuário. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu. Médias seguidas da mesma letra maiúscula entre os estuários dentro de cada margem não diferem entre si e médias seguidas de mesmas letras minúsculas entre as margens não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Quanto à presença de MO em relação às margens dos rios, mais uma vez observa-se (Figura 53) que o rio Piraquê-Açu se destaca com maior teor e por apresentar diferença significativa entre elas ($p < 0,05$). Quando se avalia a matéria orgânica em relação à margem, comprova-se que para todos os estuários a margem direita não apresenta diferença estatística ($p > 0,05$). Em termos gerais, ocorre maior teor de MO na margem esquerda dos rios avaliados (Figura 53) no entanto, somente para o rio Piraquê-Açu a margem esquerda difere estatisticamente com maior valor ($p < 0,05$).

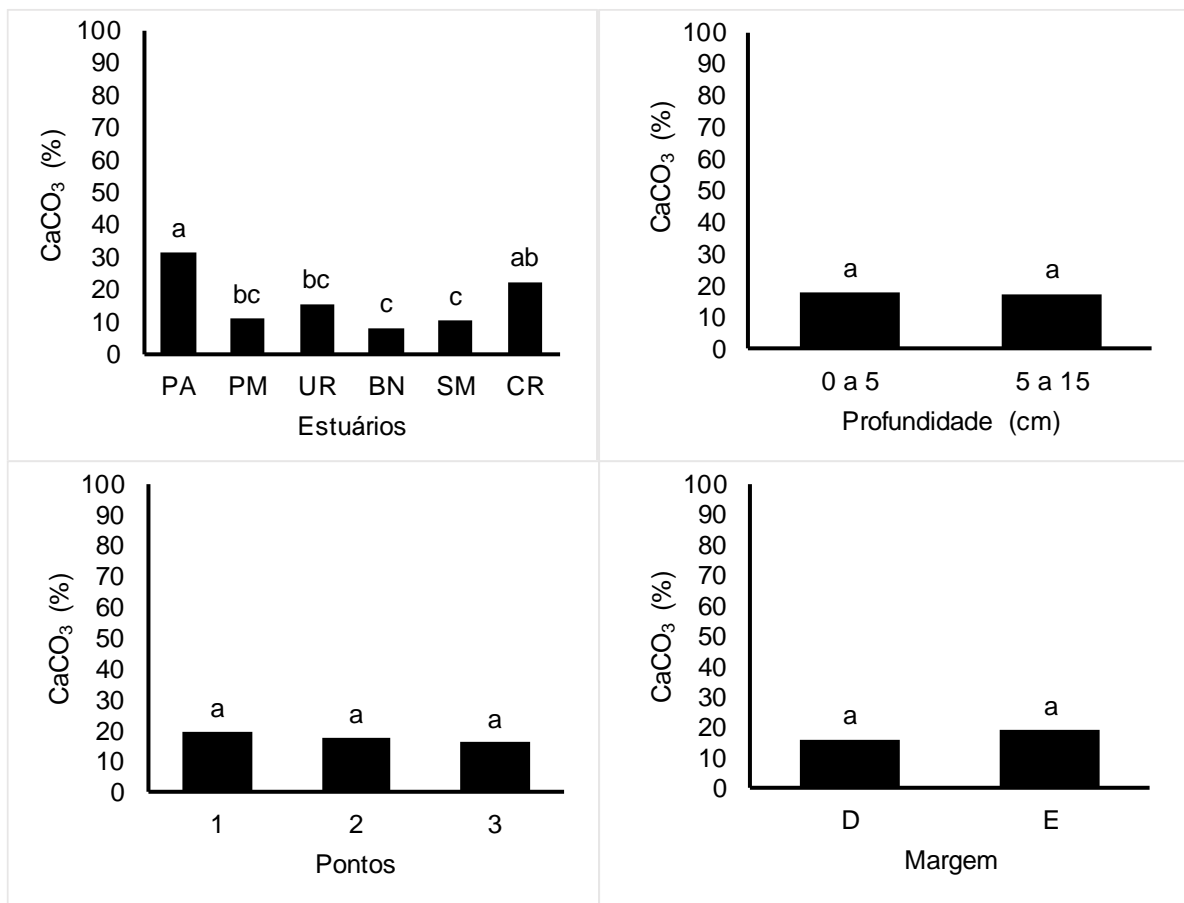
A relação entre MO e a granulometria dos sedimentos pode ser explicada pela velocidade de deposição similar entre as partículas orgânicas e os grãos minerais finos, como silte e argila, dessa forma, os locais de baixa hidrodinâmica favorecem a deposição de sedimentos finos e de material orgânico. Outro fator seria a sazonalidade climática, onde no período chuvoso aumenta a migração unidirecional dentro do estuário no sentido foz proporcionando um preenchimento de sedimentos finos (RESENDE et al., 2016).

3.3.3 Carbonato de Cálcio

No sedimento, o carbonato de cálcio (CaCO_3) pode ser formado quando a água contendo alta concentração de dióxido de carbono e cálcio perde CO_2 para atmosfera, ou quando o pH é acrescido em virtude de reações fotossintéticas (REZENDE, 2013). Em sedimentos de manguezal, o carbonato é considerado um produto do próprio ambiente deposicional, podendo ser oriundo de múltiplas fontes, como as carapaças de organismos marinhos, por exemplo.

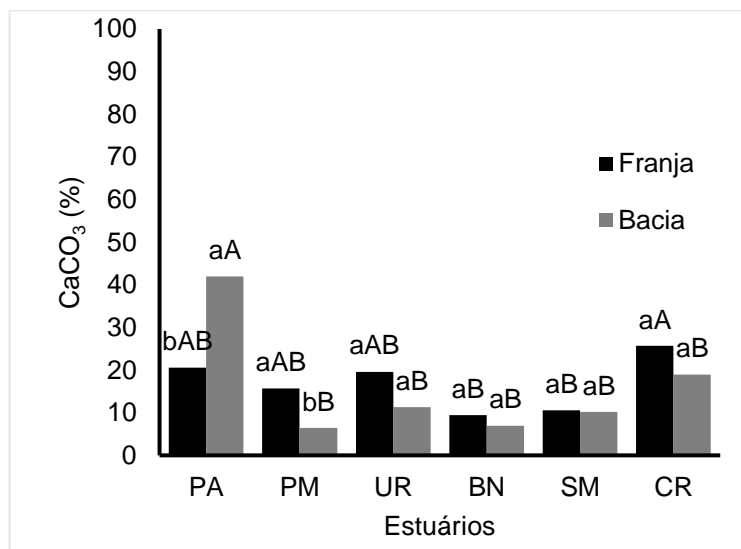
Para os dados de carbonato não houve interação significativa entre profundidade, pontos e margens (Figura 54), somente a comparação entre estuários foi significativo ($p < 0,05$). O teor de carbonato de cálcio com valores mais elevados ocorre nos estuários de Piraquê-Açu (31,3%) e Caravelas (22,3%), seguidos por Urussuquara (15,5%), Piraquê-Mirim (11,0%), São Mateus (10,4%) e Barra Nova (8,2%).

Figura 54: Teor de carbonato de cálcio dentro de cada estuário, nas profundidades 0-5 e 5-15 cm, nos pontos de coleta e nas margens. CR - Caravelas; SM - São Mateus; BN - Barra Nova; UR - Urussuquara; PM - Piraquê-Mirim; PA - Piraquê-Açu; D - Direita; E - Esquerda. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey a 5% e probabilidade.



A interação entre estuários e bosque para a concentração de carbonatos apresentou-se significativa (Figura 55), para os estuários de Caravelas, Piraquê-Açu e Mirim e Urussuquara e, em relação as margens, somente os rios Piraquê-Açu e Mirim ($p < 0,05$).

Figura 55: Teor de carbonato de cálcio entre bosques em cada estuário e entre os estuários em cada bosque. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os bosques (franja e bacia) em cada estuário e médias seguidas de mesma letra maiúscula nos estuários, dentro de cada bosque, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% a de probabilidade.



3.3.4 Metais

A análise da distribuição dos parâmetros estudados nos sedimentos teve como principal objetivo avaliar a associação entre a granulometria dos sedimentos e a concentração dos elementos, bem como a correlação entre as concentrações dos vários parâmetros analisados ao longo dos estuários.

Os dados médios de matéria orgânica nas duas amostragens, granulometria, carbonado de cálcio, Fe e Mn totais são apresentados na Tabela 8.

A quantificação da matéria orgânica (MO) indicou concentrações no intervalo de 8,82 a 20,35% na primeira amostragem (MO1) e de 9,43 a 31,83% na segunda amostragem (MO2), conforme Tabela 8. Os baixos valores para o estuário BN (Barra Nova), provavelmente, decorrem da energia fluvial, com o transporte em suspensão da matéria orgânica, bem como da textura grosseira desses sedimentos, visto que a matéria orgânica não forma complexos com partículas grossas predominante, nos sedimentos estudados. De fato, relação positiva de dependência foi detectada entre a concentração de matéria orgânica (determinada em amostra *in natura*) e o percentual de finos nos sedimentos estudados (Figura 56), sugerindo que a presença de grãos de menor diâmetro exerça papel importante na fixação da matéria orgânica. Nesse sentido, é importante assinalar que a matéria orgânica também possui forte tendência para formação de complexos com formas iônicas de metais, reduzindo a mobilidade e a biodisponibilidade desses elementos no ecossistema (CESAR et al., 2011).

As concentrações de Fe nos sedimentos marinhos variaram de 9706 a 32948 mg kg⁻¹, e os maiores valores corresponderam ao estuário dos rios Piraquê-Açu (PA) e Piraquê-Mirim (PM), justamente os que apresentam maior teores de matéria orgânica. Os sedimentos de manguezais são ricos em matéria orgânica e em compostos de Fe e Mn e tendem a complexar e a coprecipitar metais (SOUZA et al., 2014). Os estuários de Urussuquara, São Mateus e Barra Nova apresentaram valores de Fe e Mn

abaixo dos indicados pelo limite estabelecido pela NOAA, de 22.000 mg kg⁻¹ (22,0%) (AET) para Fe. Os teores de Mn variaram entre 27 a 183 mg kg⁻¹ (0,27% a 1,83%), estando todos os estuários acima do limite NOAA, de 260 mg kg⁻¹ (0,26%) (Tabela 8).

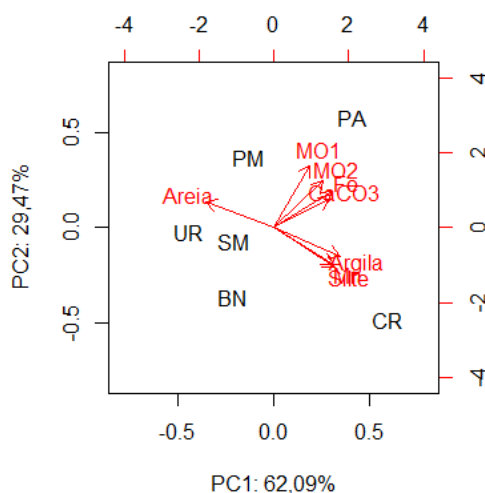
Tabela 8: Médias dos parâmetros avaliados por estuários Piraquê-Mirim (PM), Piraquê-Açu (PA), Barra Nova (BN), Urussuquara, São Mateus (SM) e Caravelas (CR).

Estuários	MO1 %	MO2 %	Areia %	Silte %	Argila %	CaCO ₃ %	Fe mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹
PA	31,8	20,4	60,5	23,8	10,2	31,3	32948	90
PM	19,6	19,1	78,5	8,6	1,9	11,0	25250	75
SM	15,3	13,5	75,0	18,0	5,7	10,8	14626	72
CR	13,4	16,9	33,9	44,8	20,3	22,3	24958	183
UR	11,2	10,4	85,7	10,9	2,0	15,5	9706	27
BN	9,4	8,8	72,5	22,3	4,9	8,2	17494	107

MO1: matéria orgânica na primeira amostragem; MO2: matéria orgânica na segunda amostragem; Areia: > 63 µm; Silte: > 63 µm a > 0,5 µm; Argila: < 0,5 µm.

A análise de componentes principais (PCA) (Figura 56) envolvendo os resultados da granulometria do sedimento, da matéria orgânica, dos carbonatos e de Fe e Mn são explicadas em 62,09 % de sua variabilidade pela primeira componente (PC1), enquanto que a segunda (PC2) explica 29,47 %.

Figura 56: Análise de componentes principais (PCA) considerando-se os dados de matéria orgânica, granulometria e carbonato de cálcio nos estuários estudados.



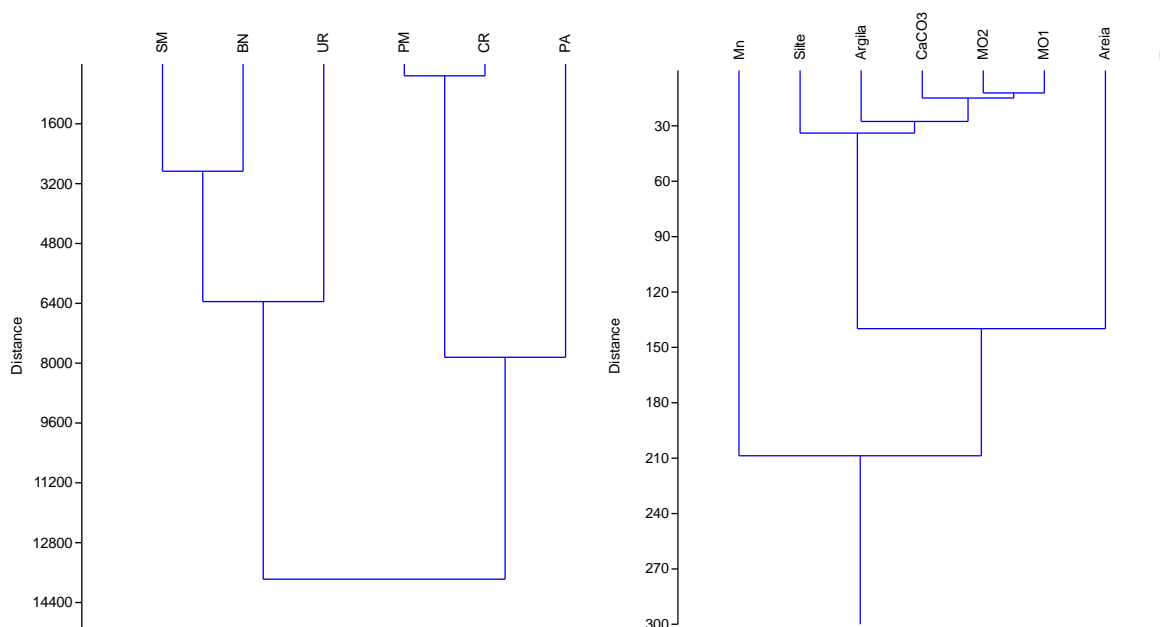
Pode-se verificar que as variáveis MO1, MO2, CaCO₃ e Fe são correlacionados positivamente entre si, identificando que a matéria orgânica (MO1 e MO2) encontra-se em maior quantidade nos ambientes favoráveis à precipitação de carbonato (CaCO₃) e associada à adsorção do Ferro. Dentre os estuários, o rio Piraquê-Açu apresenta os maiores teores destes elementos da análise. Ao mesmo tempo em que as partículas finas estão negativamente correlacionadas com a Areia e em maior concentração no estuário de Caravelas (Figura 56).

Os resultados das análises granulométricas mostraram relativa homogeneidade das amostras, com exceção da estação CR (Caravelas), que apresentou uma fração sedimentar predominante de Silte (44,8 %) e Argila (20,3 %), todas as outras estações apresentaram uma classificação textural de areia fina e muito fina (> 60 %).

A Análise de Agrupamento (Figura 57) associou as variáveis: granulometria, matéria orgânica, carbonato e metais, sendo ordenado os dados de estuário em quatro grupos: grupo 1 (G1E): UR; grupo 2 (G2E): BN e SM; grupo 3 (G3E): CR e PM e grupo 4 (G4E): PA. Assim como, independente do estuário, os parâmetros também foram agrupados, obteve-se os seguintes grupos: grupo 1 (G1P): Mn; grupo 2 (G2P): Silte, Argila, CaCO_3 , MO1 e MO2; grupo 3 (G3P): Areia e grupo 4 (G4P): Fe.

Na Figura 57 observa-se a Análise de Agrupamento dos parâmetros estudados sendo distinguido dois comportamentos. Um grupo onde estão agrupados os sedimentos finos, matéria orgânica e carbonato de cálcio. Ficando os elementos metais Fe e Mn dissociados, sendo o primeiro relacionado a fração areia e o Mn adsorvidos aos grãos finos onde a superfície de contato é maior, como observado por Salaroli (2013).

Figura 57: Análise de Cluster (dendogramas) considerando-se os dados de matéria orgânica, granulometria e carbonato de cálcio nos estuários estudados.



Os coeficientes de correlação entre os elementos metálicos determinados e a quantidade de MO e carbonato estão expressos na Tabela 9. Não houve correlação de granulometria com MO1 e MO2 (Tabela 9), embora seria esperada uma correlação entre a matéria orgânica com o aumento da quantidade de silte e argila (< 63 μm). Este comportamento pode estar associado às diferentes classes de organismos que contribuíram com a matéria orgânica sedimentar nos diferentes períodos. A remineralização preferencial do nitrogênio, assim como a sua sorção em partículas minerais também podem afetar a distribuição da matéria orgânica no ambiente (RAU et al., 2013); isto pode ter

contribuído para a correlação não significativa com a granulometria. Uma correlação forte entre a MO e Fe foi observada, provavelmente porque em ambientes com grandes quantidades de matéria orgânica, como manguezais, há uma maior tendência à imobilização de metais por interações químicas de superfícies (quelação), além de associações à rede molecular não superficial nas moléculas constituintes da matéria orgânica (SANTOS et al., 2018).

Tabela 9: Correlação de Pearson dos atributos do sedimento, considerando 6 estuários.

	Areia	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃	As	Cr	Fe	Pb	Al	Mn
Areia	1	-0,93	-0,93	0,04	-0,47	-0,50	0,33	-0,82	-0,48	-0,86	-0,61	-0,89
Silte		1	0,94	-0,19	0,17	0,33	-0,24	0,82	0,43	0,90	0,54	0,87
Argila			1	-0,02	0,37	0,52	-0,01	0,93	0,54	0,89	0,61	0,71
MO1				1	0,79	0,72	0,22	-0,22	0,70	-0,23	0,64	-0,20
MO2					1	0,61	0,20	0,25	0,85	0,21	0,89	0,39
CaCO ₃						1	0,15	0,31	0,69	0,18	0,70	0,21
As							1	0,11	0,25	-0,28	0,05	-0,64
Cr								1	0,34	0,87	0,39	0,55
Fe									1	0,29	0,98	0,31
Pb										1	0,39	0,77
Al											1	0,49
Mn												1

Itálico: significativo a 5%; Negrito: significativo a 1%. MO1: matéria orgânica na primeira amostragem (janeiro 2019); MO2: matéria orgânica na segunda amostragem (junho 2019).

Destaca-se que o carbonato se distribui tanto na fração silte e argila, quanto na areia, indicando influência marinha na ocorrência e precipitação deste mineral nas florestas. Apesar da correlação moderada entre CaCO₃ e MO1 e MO2, não houve significância ($p > 0,5$) entre esses parâmetros, mas há proximidade entre estes parâmetros observados na análise de agrupamento quando se avalia o conjunto dos estuários.

Correlação positiva e moderada também foi observada entre o CaCO₃ e Fe. Considerado como uma das principais fases ligantes de metais presentes nos sedimentos, o CaCO₃ é classificado como suporte geoquímico na retenção de elementos metálicos, o que explica resultados de coeficientes na associação entre estes compostos de baixa solubilidade e os elementos metálicos estudados (SANTOS et al., 2018).

Considerando a fração areia dominante nessas amostras, é de se esperar correlação negativa para o par Mn-areia (-0,89), enquanto que para a fração silte+argila, o coeficiente é significativo e a correlação positiva entre Mn (0,87 e 0,71). Tais considerações levam a inferir sobre o domínio das frações silte e argila na associação com manganês.

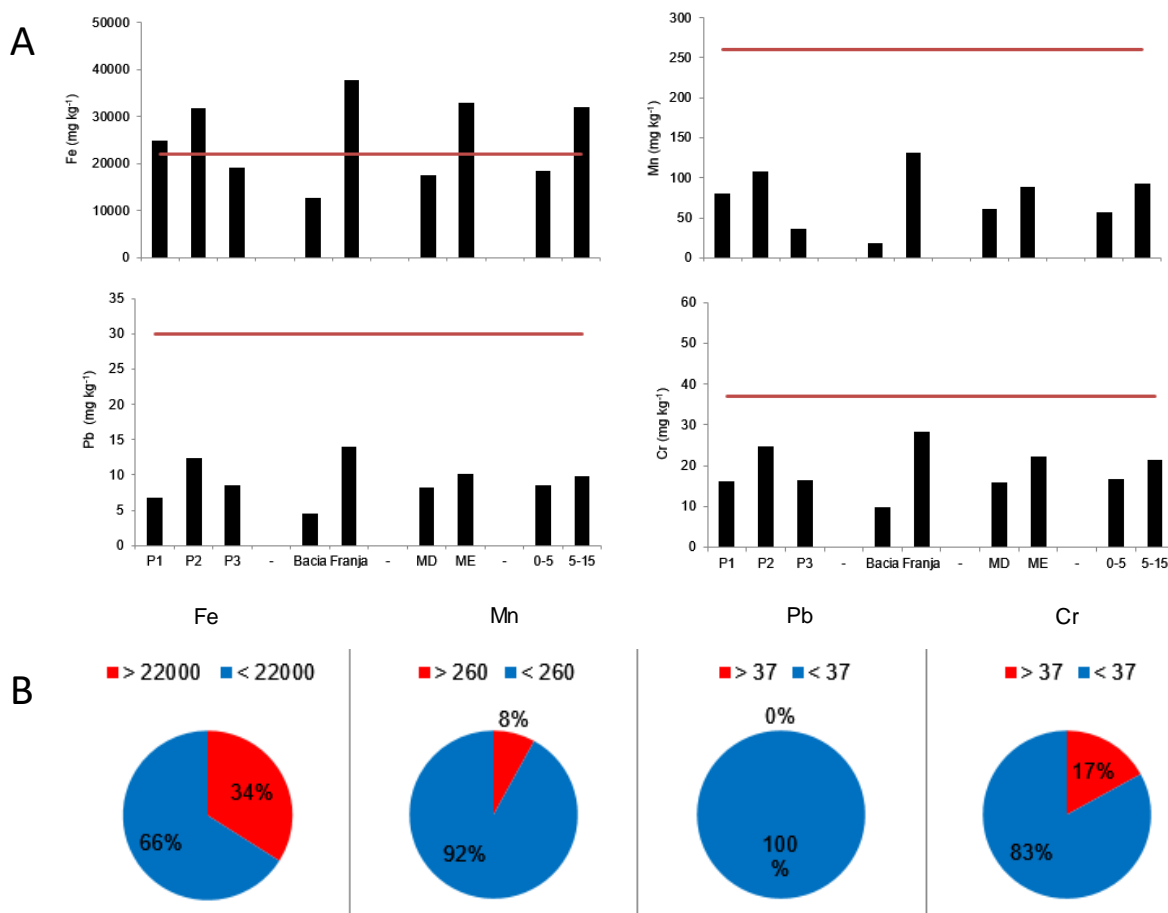
Os metais pesados estão entre os contaminantes mais tóxicos e persistentes do ambiente aquático. O estabelecimento de valores de background geoquímico como medida relativa para distinguir concentrações naturais de um elemento e a influência das atividades antrópicas representa um dos

assuntos mais importantes das ciências ambientais recentes (CAGNIN, 2018). Os testemunhos sedimentares são ferramentas eficazes para este fim, pois suas amostras basais muitas vezes compreendem períodos antes da era industrial. O uso inadequado de valores de referência pode levar a interpretação errada de dados geoquímicos (FRANKLIN et al., 2016). Os valores de referência classificam a potencialidade tóxica do metal aos organismos, sendo suas concentrações no sedimento controladas pela legislação CONAMA. Esta lei brasileira preconiza as concentrações de médio (Nível 1) a alto (Nível 2) potencial tóxico. Valores de referência globais, como o NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration* Buchman (1999), também são utilizados para comparação entre os ambientes sedimentares, que são entendidos como Nível Limite de Efeito (TEL) e Nível Provável de Efeito (PEL) nocivo ao ecossistema (Apêndice). Dentre as características destes metais destaca-se a capacidade de bioacumulação e magnificação nas cadeias tróficas. Dessa forma, torna-se importante a avaliação e monitoramento contínuo de suas fontes, transporte e destino. Tabela de valores de referência CONAMA e NOAA, entre outros, estão apresentados no Apêndice.

Nas Figura 58 a Figura 63 estão apresentados os teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , por ponto amostral, de acordo com a distância da foz, sendo P1 mais próximo, P2 intermediário e P3, mais distante da foz dos rios. Bosque, região da franja, próximo da água e bacia, mais distante da margem. Além desses pontos, foram amostrados ainda sedimento nas duas margens, esquerda e direita e profundidades de 0-5 e 5-15 cm. São apresentados também, por gráficos setoriais, o percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999) de 22000, 260, 37 e 37 mg kg^{-1} para Fe, Mn, Pb e Cr, respectivamente. A parte “A” da Figura 58 a Figura 63, representa os teores médios e a parte “B” são os dados brutos ou primários, considerando todos os pontos amostrados dentro de cada estuário. A forma gráfica de representação dos dados deste estudo também foi adotada por Tavares (2008), Belo et al. (2010) e Ramos (2011).

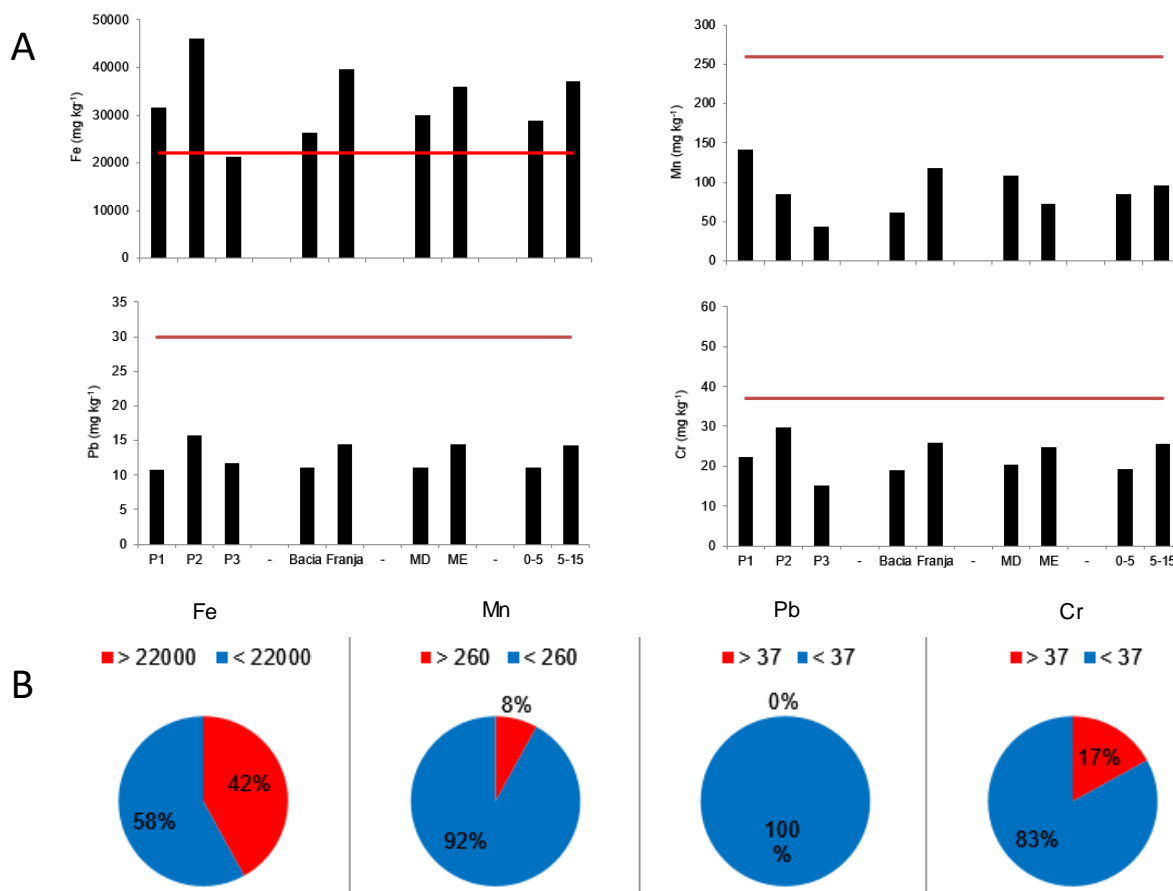
Na Figura 58 são apresentados dados do estuário de Piraquê-Mirim. Nota-se que, com exceção do Fe, nenhum dos teores médios os metais apresentados ultrapassaram os limites propostos. No entanto, considerando-se os teores brutos (Figura 58B), Fe e Cr apresentaram-se acima do limite, com 34 e 17% das amostras, respectivamente. A diferença entre Figura 58A e Figura 58B se dá pela variação dos valores dentro de cada ponto estudado (Figura 58A) e abordagem dos dados primários, estudando todo o conjunto de informações (Figura 58B).

Figura 58: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Piraquê-Mirim.



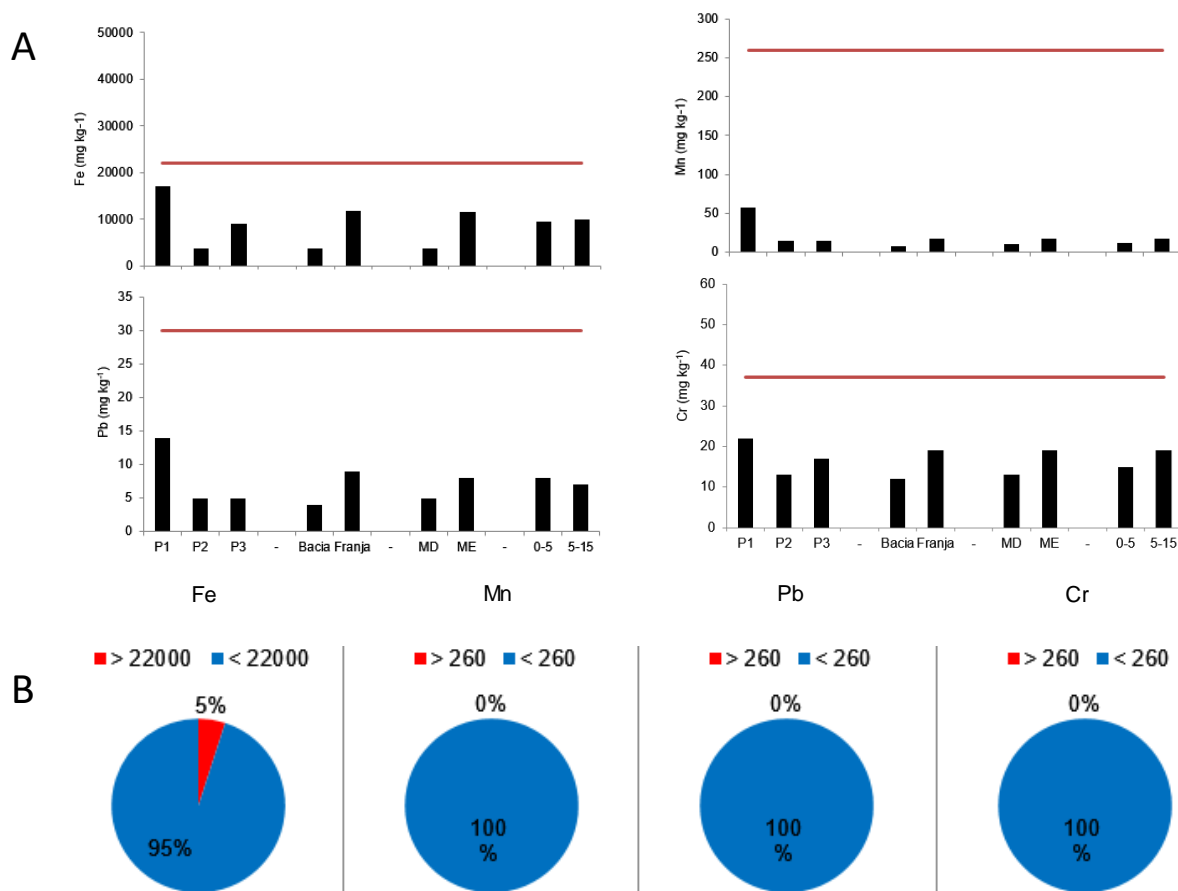
Na Figura 59 são apresentados dados do estuário de Piraquê-Açu. Nota-se que, com exceção do Fe, nenhum dos teores médios os metais apresentados ultrapassaram os limites propostos. Considerando-se os teores brutos (Figura 59B), Fe, Mn e Cr apresentaram-se acima do limite, com 42%, 8% e 17% das amostras, respectivamente. Comportamento similar ao observado para o estuário de Piraquê-Mirim, devido à proximidade desses estuários.

Figura 59: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Piraque-Açu.



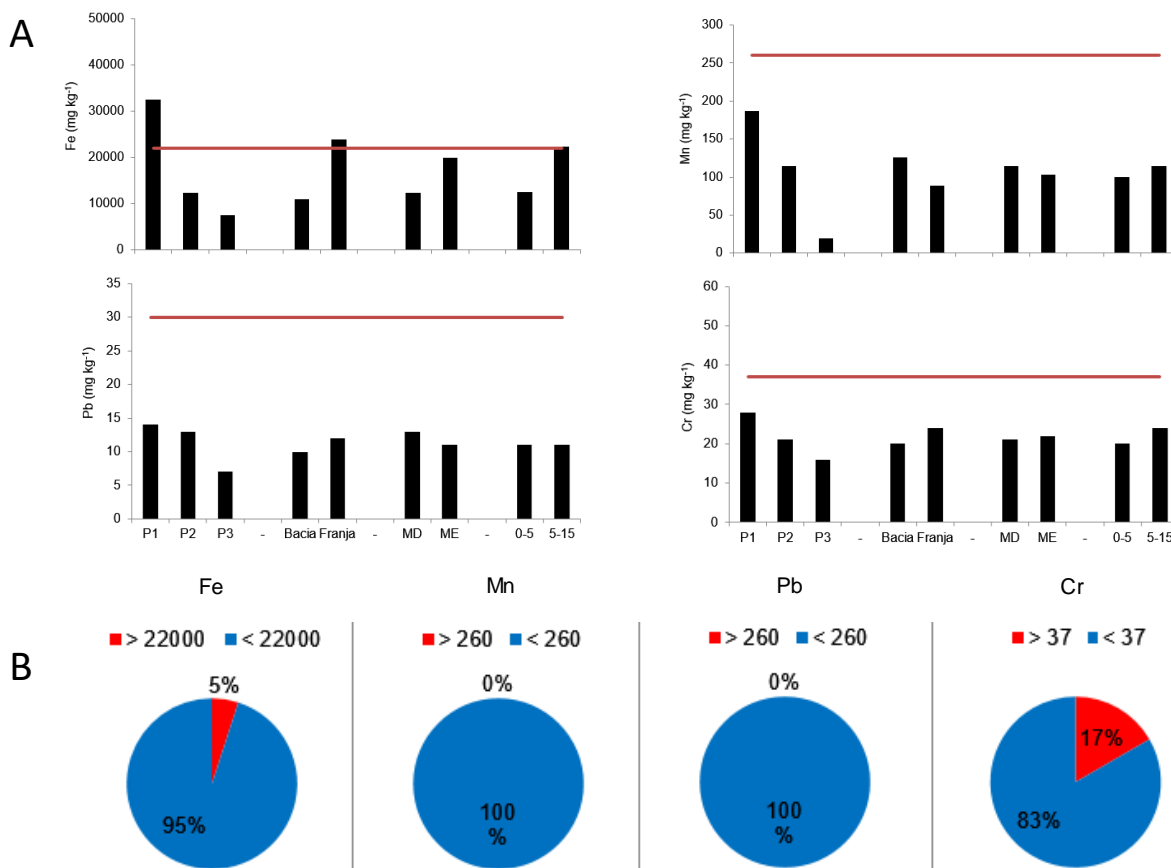
O estuário de Urussuquara (Figura 60), foi aquele que apresentou menores teores de metais dentre os estuários estudados. Todos os metais estudados apresentaram teores médios abaixo do limite nos diferentes pontos agrupados. Apenas 5% dos teores de Fe encontraram-se acima do limite estabelecido.

Figura 60: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr em mg kg^{-1} por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr em mg kg^{-1} abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Urussuquara.



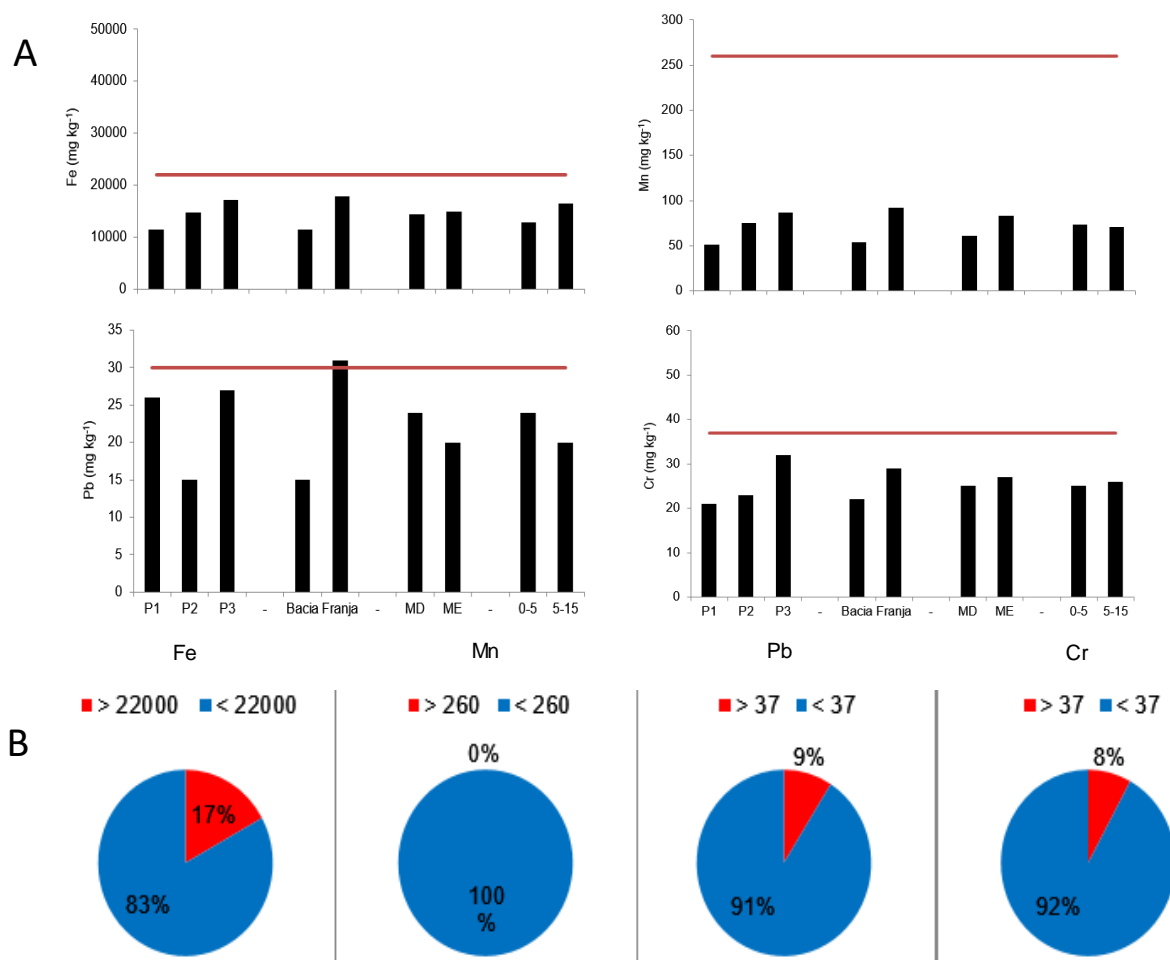
Na Figura 61 são apresentados dados do estuário de Barra Nova. Para os dados médios (Figura 61A), somente os teores de Fe no ponto 1 (P1) e na região da franja, ultrapassaram o limite estabelecido. Para este estuário, é possível observar, para todos os elementos apresentados, que há uma escala decrescente de valores do ponto 1 para o ponto 3, ou seja, a medida que se distancia da foz do estuário, observa-se menores teores dos elementos. Considerando os dados brutos (Figura 61B) apenas 5% do Fe e 17% do Cr extrapolaram o limite proposto.

Figura 61: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr em mg kg^{-1} por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr em mg kg^{-1} abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Barra Nova.



Na Figura 62 são apresentados dados do estuário de São Mateus. Para os dados médios (Figura 62A), somente os teores de Pb na região da Franja ultrapassaram o limite estabelecido. Para este estuário, é possível observar, para todos os elementos apresentados, que há maiores de valores na região da Franja quando comparado com a região da Bacia, devido à contribuição do curso d'água associada aos elementos em questão. Considerando os dados brutos (Figura 62B) os teores de Fe, Pb e Cr extrapolaram o limite proposto em 17, 8 e 9%, respectivamente.

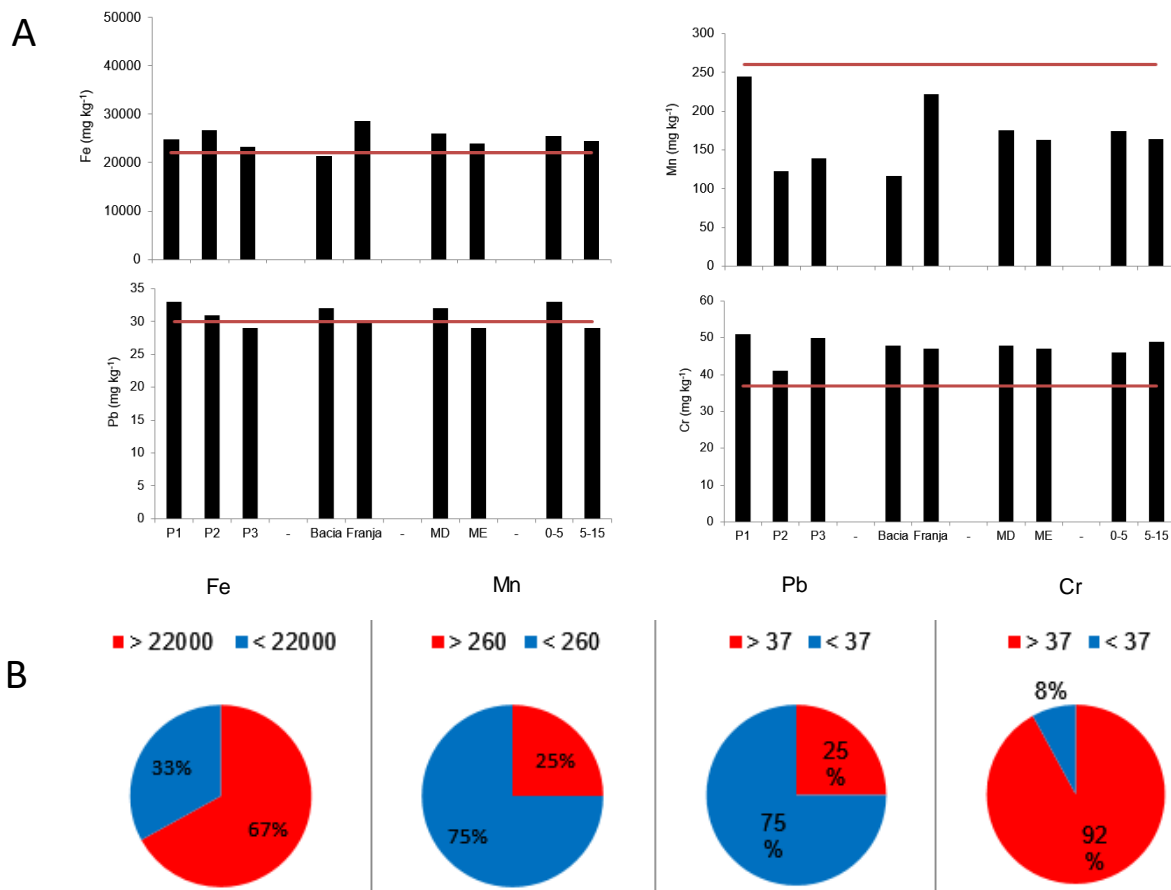
Figura 62: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de São Mateus.



O estuário de Caravelas foi o que apresentou maior frequência de valores que extrapolaram os limites tidos como valores de referência, que classificam a potencialidade tóxica dos metais. O limite NOAA utilizado foi o TEL (*Thresholds Effects Levels*) representa a concentração abaixo da qual efeitos adversos são raramente esperados, ou seja, valores abaixo não apresentam toxicidade capazes de causar efeitos adversos. Considerando os teores médios (Figura 63A), somente o Mn não apresentou valores acima do limite. Já para os dados brutos, todos estes ultrapassaram os limites estabelecidos, com destaque para o Fe e Cr, com 67 e 92% dos valores acima do limite. Considerando que, dentre os estuários estudados, Caravelas é o mais distante da foz do Rio Doce, a princípio estima-se que a fonte dos elementos encontrados é de outra origem, no entanto há necessidade de uma maior investigação sobre a origem dos elementos.

Oliveira et al. (2006), estudando o comportamento geoquímico de metais em sedimentos de manguezal da baía de Camamu-Bahia, encontrou valores acima do estabelecido para o TEL pela NOAA, inclusive os valores foram compatíveis com o estudo em questão, exibindo concentrações de aproximadamente 50 mg kg^{-1} para Cr (Figura 63A).

Figura 63: (A) Teores médios de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , por ponto amostral, bosque (franja e bacia), margem (esquerda e direita) e profundidades (0-5 e 5-15 cm). (B) – Percentual dos teores de Fe, Mn, Pb e Cr, em mg kg^{-1} , abaixo e acima do limite estabelecido por Buchman (1999). Dados de Caravelas.



3.3.5 Geoestatística do Rio Doce

A estatística descritiva é útil para resumir dados, controlar qualidade, identificar populações significativas e valores extremos (OUTEIRO et al., 2008), sendo assim, foi aplicada para avaliar tendência e dispersão dos dados (Tabela 10). Os resultados apresentados são referentes as análises realizadas na área de estudo na ilha situada no Rio Doce.

Tabela 10: Tabela de estatística descritiva dos atributos avaliados: matéria orgânica total total (MOT, %) nas profundidades 0-5 e 5-15 cm, carbonato de cálcio (CaCO₃, %), frações granulométricas areia, silte e argila (%) e metais ferro (Fe, mg kg⁻¹) e manganês (

Parâmetro	Fe 0-5	Fe 5-15	Mn 0-5	Mn 5-15	Areia	Silte	Argila	MOT 0-5	MOT 5-15	CaCO ₃
Média	32262,7	34655,6	585,4	619,9	19,3	61,1	19,5	12,0	12,6	17,0
Mediana	22997,5	21391,4	419,5	477,9	11,9	66,3	20,8	12,5	11,9	19,5
VA	1,0.109	1,3.109	170395,7	183237,5	414,4	233,7	30,8	21,5	33,8	28,7
DP	32111,6	36090,7	412,8	428,1	20,4	15,3	5,6	4,6	5,8	5,4
CV	99,5	104,1	70,5	69,0	105,2	25,0	28,4	38,5	45,9	31,4
Min	8432,6	5076,9	164,5	98,6	2,1	12,8	3,3	3,0	1,4	1,4
Max	156400,6	148313,2	2080,4	2275,9	83,9	76,4	26,2	29,9	30,7	25,1

VA – Variância Amostral; DP – Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação; Min – Valor Mínimo; Max – Valor Máximo.

Todas as variáveis estudadas apresentaram dependência espacial, expresso através de montagem modelo para os semivariogramas (Tabela 11). O modelo esférico foi o que melhor se ajustou a todos os parâmetros em estudo, exceto matéria orgânica total profundidade de 0-5 cm que se ajustou ao modelo gaussiano.

Tabela 11: Parâmetros estimados de semivariogramas experimentais para matéria orgânica total total (MOT, %) nas profundidades 0-5 e 5-15 cm, carbonato de cálcio (CaCO₃, %), frações granulométricas areia, silte e argila (%) e metais ferro (Fe, mg kg⁻¹) e manganês

Parâmetro	Fe 0-5	Fe 5-15	Mn 0-5	Mn 5-15	Areia	Silte	Argila	MOT 0-5	MOT 5-15	CaCO ₃
IDE	92,9	99,3	99,9	50,0	99,9	99,6	99,7	82,0	61,2	50,0
R ²	58,3	93,6	92,4	96,4	94,1	95,7	96,7	97,0	88,0	78,1
CRVC	5,5	10,8	13,2	30,2	1,13	1,02	95,5	83,3	81,5	78,1
SQR	1,2.1017	5,9.1016	9,2.108	1,6.108	8586	1799	58,8	51,4	106	50,3
A	11,6	12,8	13,7	21,1	49,4	45,3	54,9	142,03	70,6	40,3

IDE - Índice de dependência espacial (%); R² - Coeficiente de determinação; CRVC - coeficiente de regressão de validação cruzada; SQR - Soma de quadrado do resíduo; A - alcance (m).

O índice de dependência espacial foi classificado como moderado ($25 \leq IDE < 75\%$) para MOT 5-15 cm e carbonato de cálcio, e forte para os demais ($IDE \geq 75\%$). Quanto menor a proporção do efeito de pepita (Co) relativo ao patamar (Co+C) do semivariograma maior a dependência espacial apresentada pelos parâmetros estudados. Portanto, o método de krigagem ordinária resulta em melhores estimativas em áreas não amostradas e maior continuidade do fenômeno, menor variância estimada e maior confiança na estimativa do valor (LIMA et al., 2010).

O coeficiente de determinação (R^2) obtidos variaram entre 78,1 a 97,0%, indicando que mais de 78% da variabilidade dos parâmetros testados para os valores da estimativa da semivariância podem ser explicados pelos modelos ajustados.

Os coeficientes de regressão de validação cruzada (CRVC) resultaram em uma comparação entre os valores estimados e reais através de regressão (AMADO et al., 2007). O CRVC atingiu 95,5% para argila, que também apresentou um dos maiores R^2 . Isso indica um erro menor na estimativa das variáveis usando krigagem ordinária e, portanto, maior confiabilidade.

O alcance indica a distância em que a amostragem dos pontos foi correlacionada. Os valores de alcance variaram entre 40 a 142 m para CaCO_3 e MOT, respectivamente. Atributos que apresentam maior alcance de dependência espacial tendem a se apresentar mais homogêneos espacialmente; no entanto, baixos valores de alcance podem influir negativamente na qualidade das estimativas, uma vez que poucos pontos são usados para realização da interpolação (CORÁ et al., 2004). Neste estudo, uma distância mínima de 5 m entre amostras foi adotada, que possibilitou a detecção de variações em pequenas distâncias. Tal procedimento visa evitar a ocorrência do "efeito pepita puro", no caso, quando a distância mínima entre pontos coletados (malha amostral) é maior que a "dependência espacial" (ou alcance) do atributo estudado. Portanto, nas condições da presente pesquisa, assim como, visando auxiliar pesquisas futuras, na qual os mesmos atributos estejam envolvidos, os valores dos alcances a serem utilizados nos pacotes geoestatísticos, que alimentarão os pacotes computacionais empregados nos trabalhos de precisão, no geral, não deverão ser menores do que 10 m.

A área de estudo apresenta um relevo suave-ondulado (EMBRAPA, 1979), com declividade variando de 3 a 8%, com diferença de cota em torno de 6 m. Os maiores valores de Fe e Mn (Figura 64 e Figura 65), nas duas profundidades estudadas, foram observados na região central da área estudada, região esta predominantemente côncava, indicando a deposição de sedimentos mais finos, com destaque para argila. A faixa com valores mais altos de Fe e Mn, apresenta limite de 80.000 e 1000 mg kg^{-1} , respectivamente. Valores estes considerados muito altos e atípicos, o que sugere que houve uma deposição adicional desses elementos por algum evento extraordinário e esse valor não foi oriundo de sedimentação natural da bacia. Costa et al (2016), estudando a região próxima a Regência (Rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim) em amostragem pretérita ao evento do rompimento da barragem de Mariana-MG, encontraram valores médios de 54.800 e 475 mg kg^{-1} , respectivamente para Fe e Mn, o que indica que os valores encontrados na Figura 64 e Figura 65 são atípicos.

Figura 64: Distribuição espacial do Ferro (Fe) nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm.

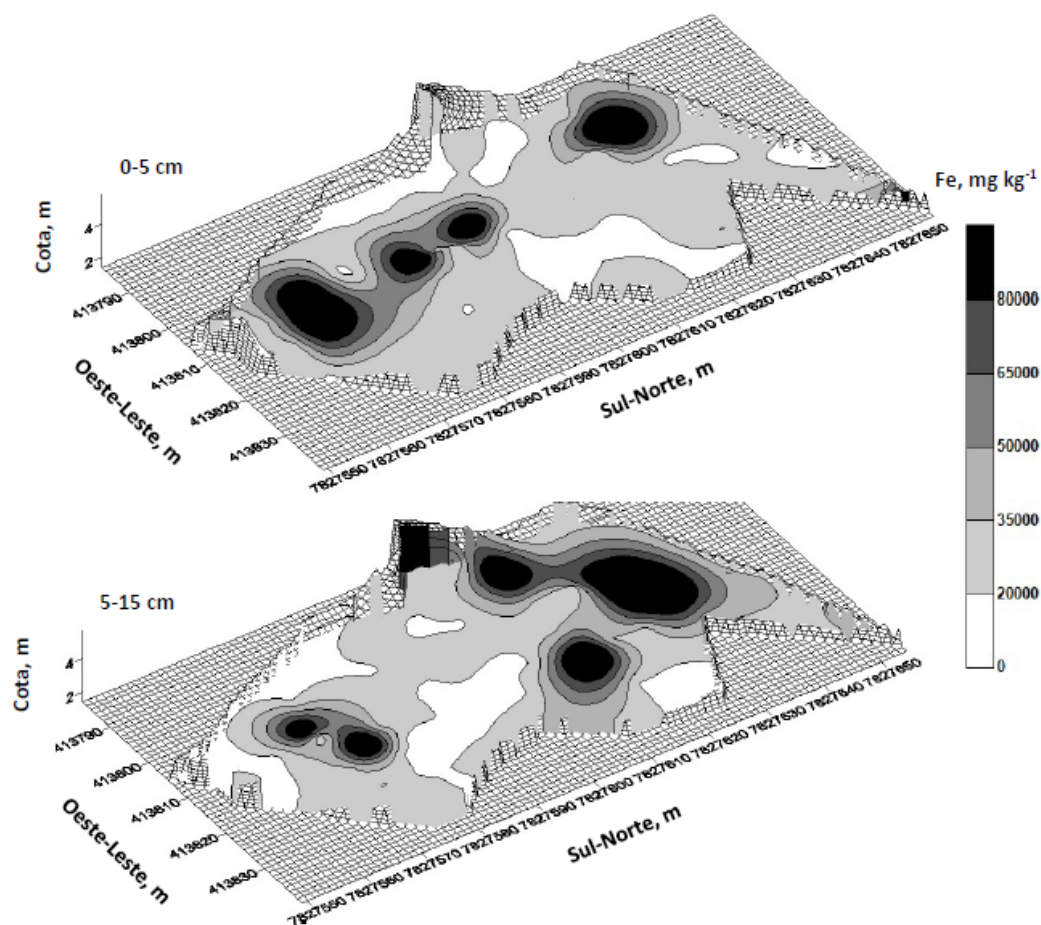
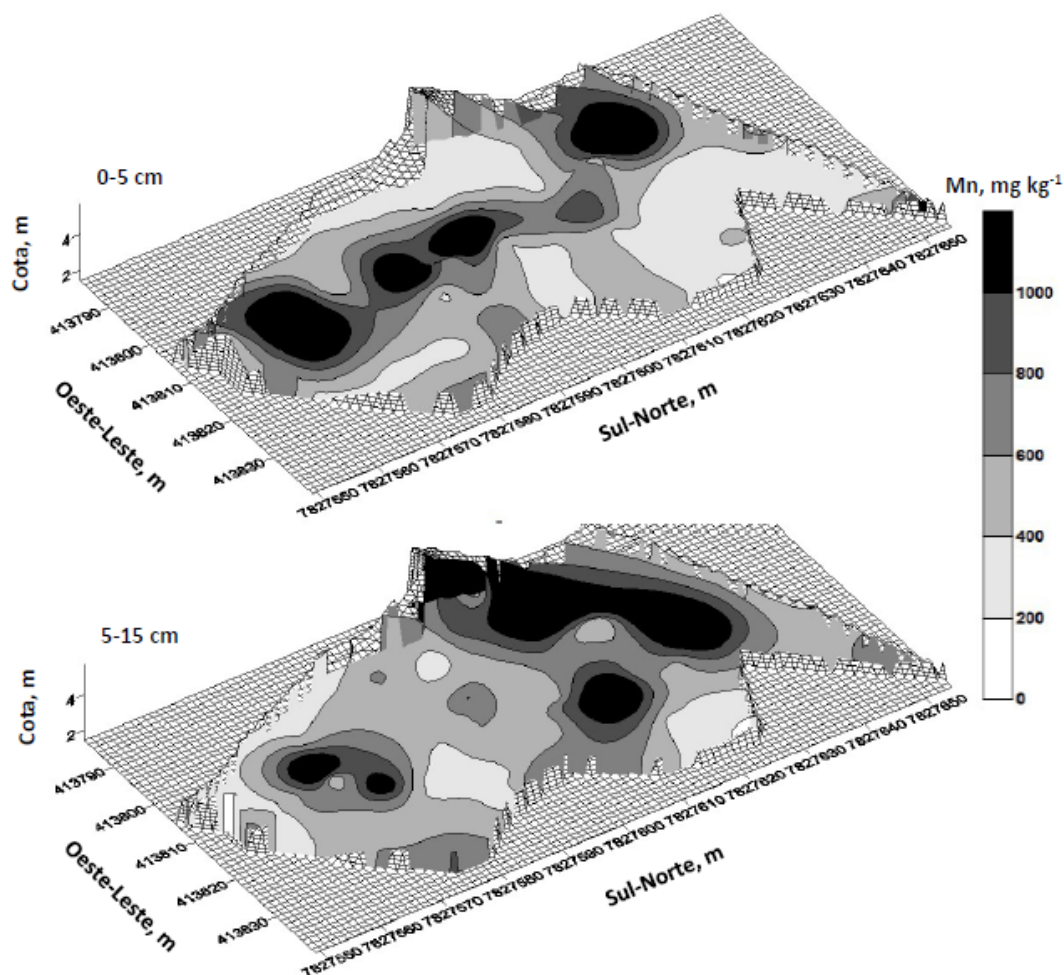


Figura 65: Distribuição espacial do Manganês (Mn) nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm.



Análises estatísticas expressas na matriz de Correlação de Pearson podem estabelecer relações entre as variáveis medidas e as concentrações de metais encontradas.

Os coeficientes de correlação entre a cota, granulometria, quantidade de matéria orgânica total, o teor de carbonato cálcio e os elementos metálicos ferro e manganês estão expressos na Tabela 12. Neste estudo, foi observado correlação negativa entre areia e todas as outras variáveis. O que era esperado para matéria orgânica total. Entretanto, não teve significância para ferro e manganês.

Há o destaque da correlação positiva da argila com o Mn e do Fe com o Mn, que pode ser atribuído à co-precipitação destes metais com óxidos-hidróxidos de Fe, apresentando este elemento como importante provável indicador, importante, dos óxidos e ou hidróxidos de Fe suporte geoquímico dos metais supracitados (MARQUES et al., 2011).

Correlações positivas também foram observadas entre o CaCO_3 e as frações silte e argila, considerado como uma das principais fases ligantes de metais presentes nos sedimentos, o CaCO_3 é classificado como suporte geoquímico na retenção de elementos metálicos (FAGANI et al., 2011; BELO et al., 2010), o que não ocorreu neste estudo.

Estudos apontam os carbonatos, óxidos de ferro e de manganês (provenientes da fração argila) e a matéria orgânica total como os fatores que mais provavelmente controlam a biodisponibilidade dos metais, além de agirem como suportes geoquímicos orgânicos e inorgânicos influenciando com isso a dinâmica de metais em uma área estudada (FARIAS et al., 2007; MARQUES et al. 2011). Não houve correlação do Fe com nenhum dos outros parâmetros avaliados. Segundo Farias et al. (2007) e Queiroz e Celino (2008), a distribuição dos metais entre sedimentos é basicamente controlada pela presença de partículas finas, pela quantidade e qualidade de matéria orgânica total. Ainda segundo estes autores, o tamanho das partículas e a matéria orgânica total presente nos sedimentos contribuem para o enriquecimento de metais no meio. Isto porque a elevada quantidade de material orgânico e a granulometria fina de argilas e silte que possuem elevada área superficial tendem ao favorecimento de processos geoquímicos como a adsorção, absorção e complexação de metais em sedimentos.

A matéria orgânica total apenas apresentou correlação negativa com a fração areia e correlação positiva moderada com as frações silte e argila.

Tabela 12: : Matriz de correlação entre a cota do terreno, frações granulométricas (areia, silte e argila), carbonato de cálcio (CaCO_3) e Matéria orgânica total (MO) na profundidade de 0-5 cm, em Regência.

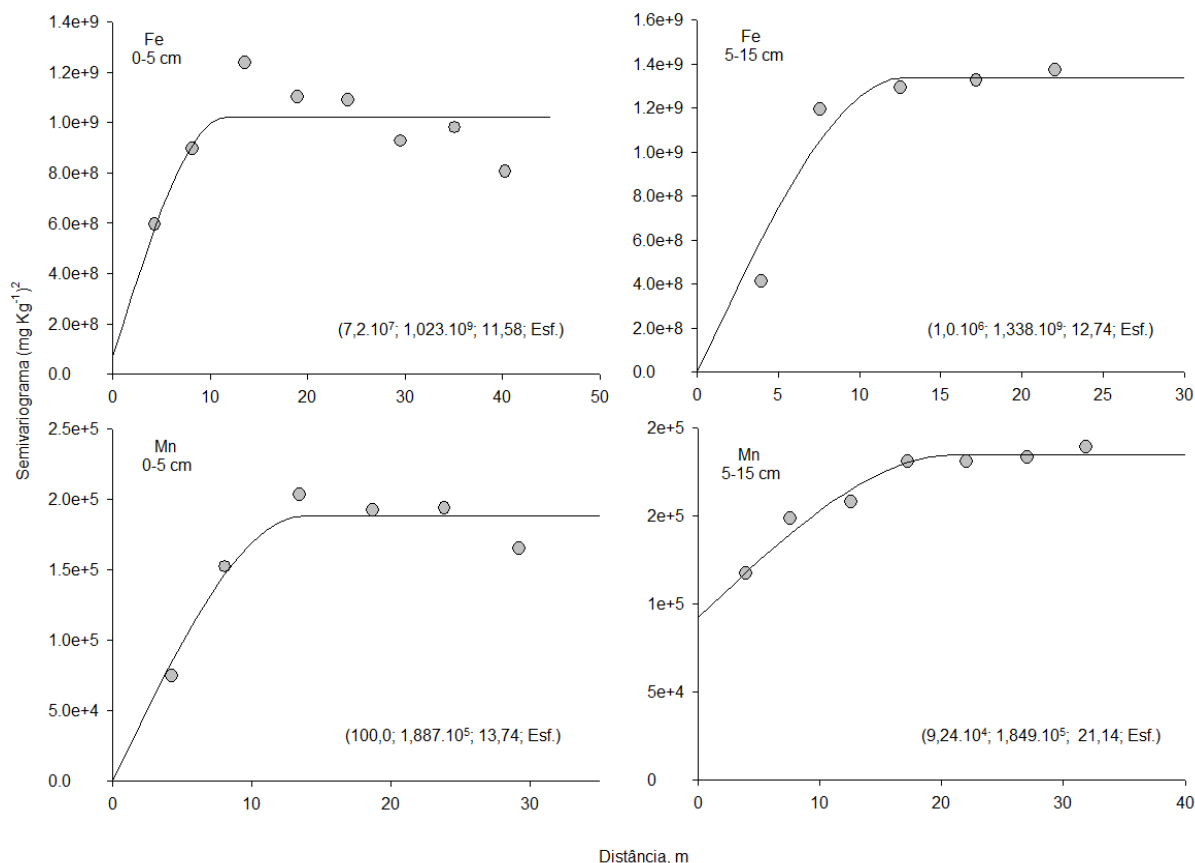
	Cota	Areia	Silte	Argila	CaCO_3	MO	Fe	Mn
Cota	1	0,0286	-0,00286	-0,0917	0,0404	0,00789	0,0227	0,0593
Areia		1	-0,994**	-0,955**	-0,574**	-0,618**	-0,178	-0,3
Silte			1	0,917**	0,585**	0,625**	0,181	0,284
Argila				1	0,509**	0,562**	0,159	0,321**
CaCO_3					1	0,3	0,148	0,192
MO						1	0,0221	-0,0293
Fe							1	0,777**
Mn								1

** - significativo a 0,01%.

Gráfico de semivariograma é uma série de pontos discretos para a qual, uma função contínua deve ser ajustada. Ajuste de modelo ao semivariograma é um dos aspectos mais importantes das aplicações da geoestatística. Os cálculos de geoestatística dependem do valor do modelo do semivariograma para cada distância especificada.

Os modelos ajustados através dos gráficos de semivariogramas estão representados na Figura 66 a Figura 68.

Figura 66: Seminariogramas ajustados para os metais ferro e manganês nas profundidades 0-5 e 5-15 cm. Os valores entre parênteses representam o efeito de efeito pepita (Co), o patamar (Co + C) e o alcance (A), respectivamente. Esf. - modelo esférico.



É sabido que existe uma relação diretamente proporcional entre as concentrações de metais pesados e o teor da fração fina dos sedimentos, assim como com a concentração de matéria orgânica total nos sedimentos (CRUZ et al., 2013). Isso caracteriza propriedades geoquímicas importantes no processo da mobilização desses poluentes inorgânicos nos sedimentos. Dessa forma, os resultados das análises de granulometria e matéria orgânica total obtidas na fração total dos sedimentos superficiais podem ser usados para se fazer um prognóstico das concentrações possíveis de metais pesados nesse material.

Figura 67: Semivariogramas ajustados para as variáveis granulometria areia, silte e argila. Os valores entre parênteses representam o efeito de efeito pepita (Co), o patamar (Co + C) e o alcance (A), respectivamente. Esf. - modelo esférico.

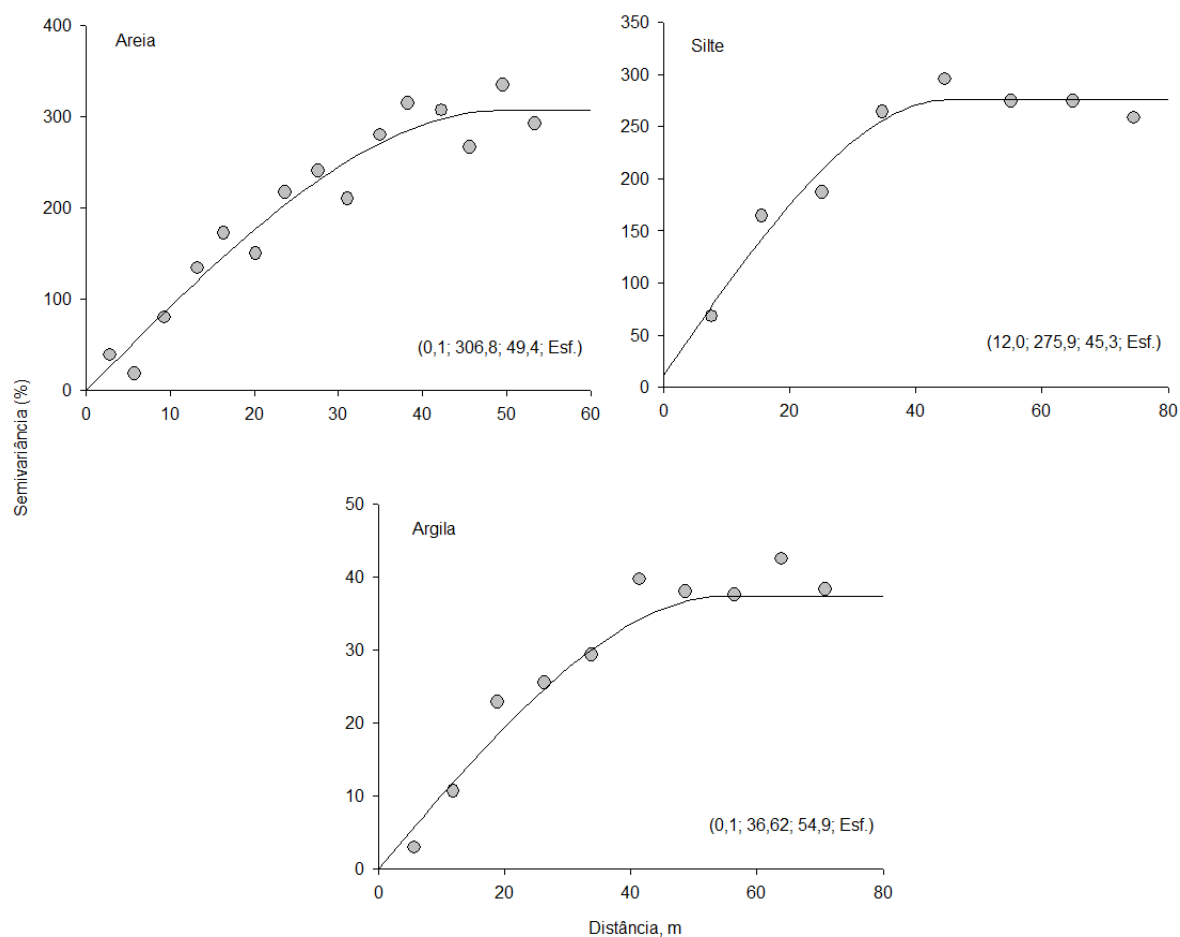
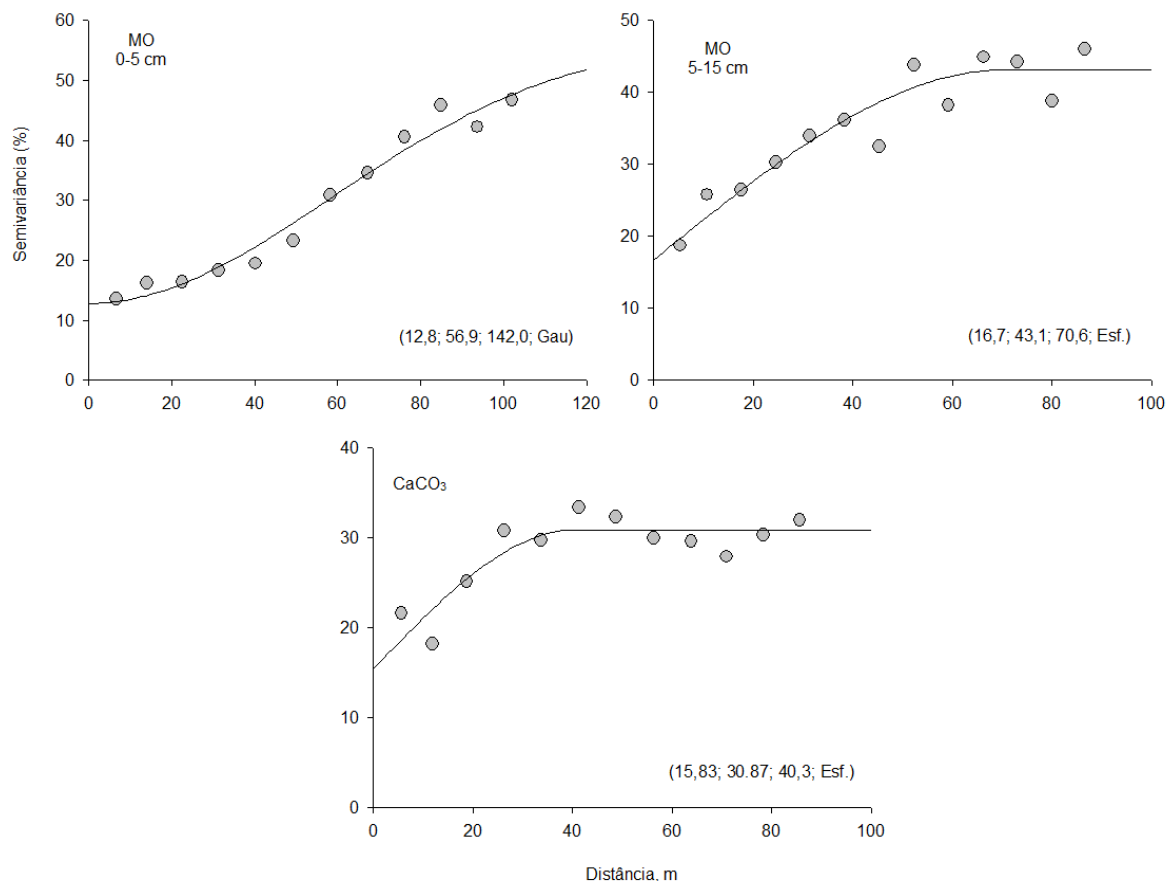


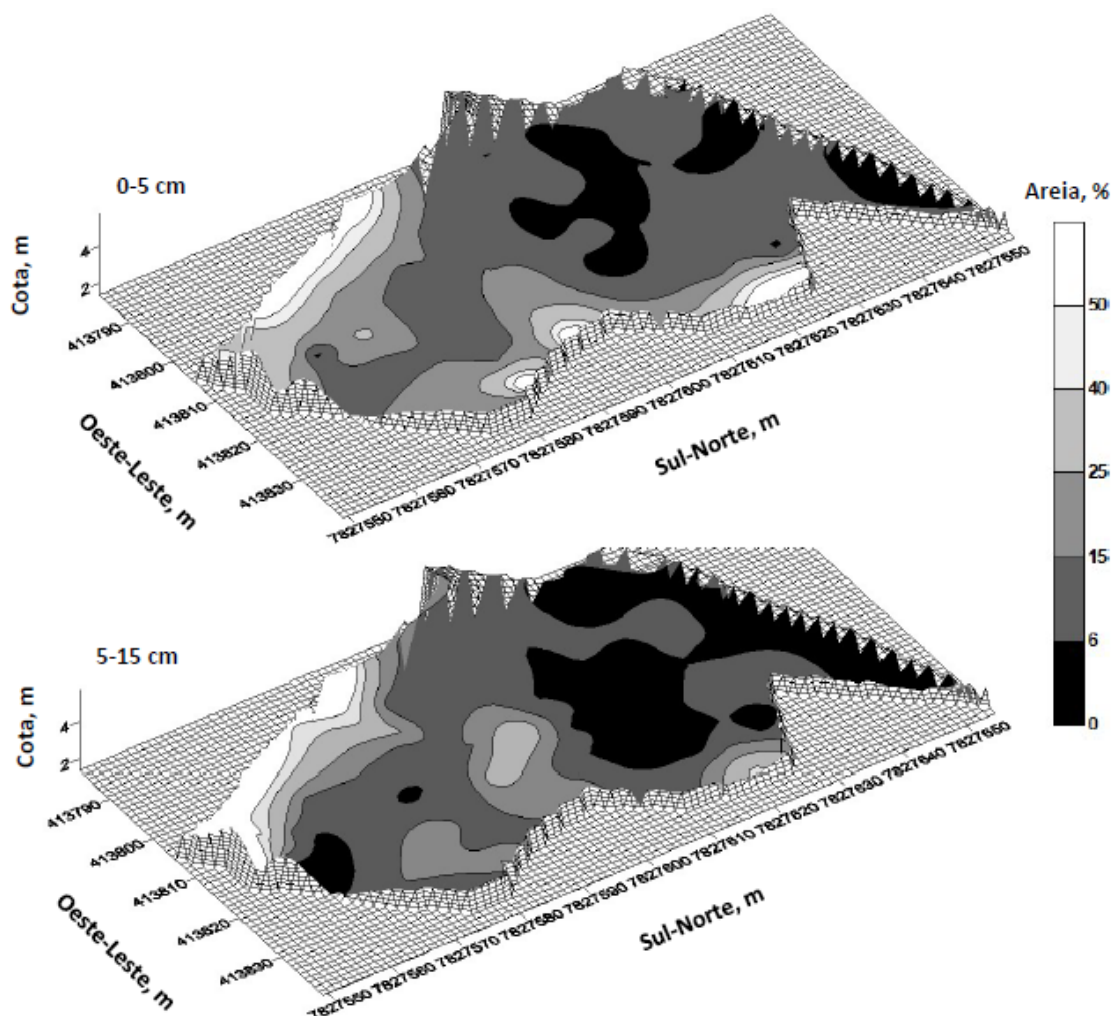
Figura 68: Semivariogramas ajustados para as variáveis matéria orgânica total nas profundidades 0-5 e 5-15 cm e carbonato de cálcio. Os valores entre parênteses representam o efeito de efeito pepita (Co), o patamar (Co + C) e o alcance (A), respectivamente. Esf.- modelo esférico. Gau - modelo gaussiano.



Em relação a granulometria (Figura 69, Figura 70 e Figura 71), a área de estudo apresentou porcentagens médias de 19,3%, 61,1% e 19,5 % de areia, silte e argila, respectivamente; com maiores teores de silte e argila na região noroeste, enquanto a região sudoeste apresentou maiores porcentagens de areia. Com isso, a área é classificada como franco-siltosa de acordo com o triângulo textural do solo de Lemos e Santos (1996).

A distribuição espacial dos teores de areia total foi influenciada pelo relevo, independente da profundidade, com teores maiores nas margens, leste e sudoeste da área estudada (Figura 69). Teores mais baixos foram observados no norte a área, região com maiores cotas. A intensidade de energia das marés neste local promove uma zanação morfológica característica, como a formação de barras arenosas de origem marinha devido à alta energia das ondas (DALRYMPLE et al., 1992). A região mais alta no terreno, que também apresenta formato côncavo, e recebe inundações com menor frequência, recebe material lamoso devido à baixa energia neste local.

Figura 69: Distribuição espacial do teor de Areia Total nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm.



Os teores de silte e argila apresentaram um padrão de distribuição semelhante (Figura 70 e Figura 71), regiões nas bordas oeste e leste com menores teores e na região central com maiores teores. É importante ressaltar que a malha amostral tem limite próximo ao Rio Doce mas não foi até a margem (Figura 1) e que, portanto, a região central é mais baixa, sendo uma região de deposição de acordo com a frequência das marés.

Tanto para silte (Figura 70) quanto para argila (Figura 71), observou-se a presença os maiores teores na região mais alta do terreno com valores maiores que 70 e 25 %, respectivamente. Essa região, apesar de mais alta, apresenta formato côncavo, o que proporciona a deposição de material mais fino com inundações em menor frequência e também menor energia que a região mais baixa.

Figura 70: Distribuição espacial do teor de Silte na profundidade de 0-5 cm.

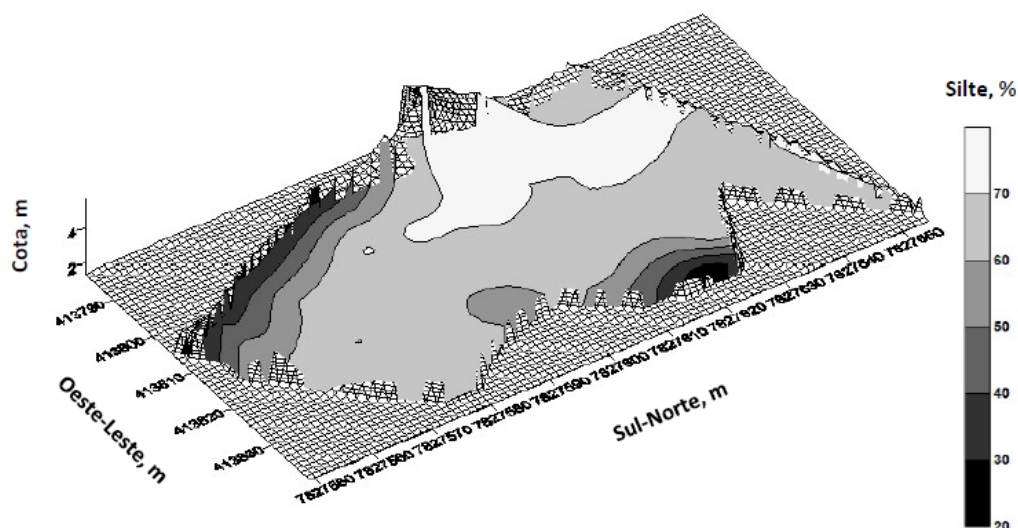
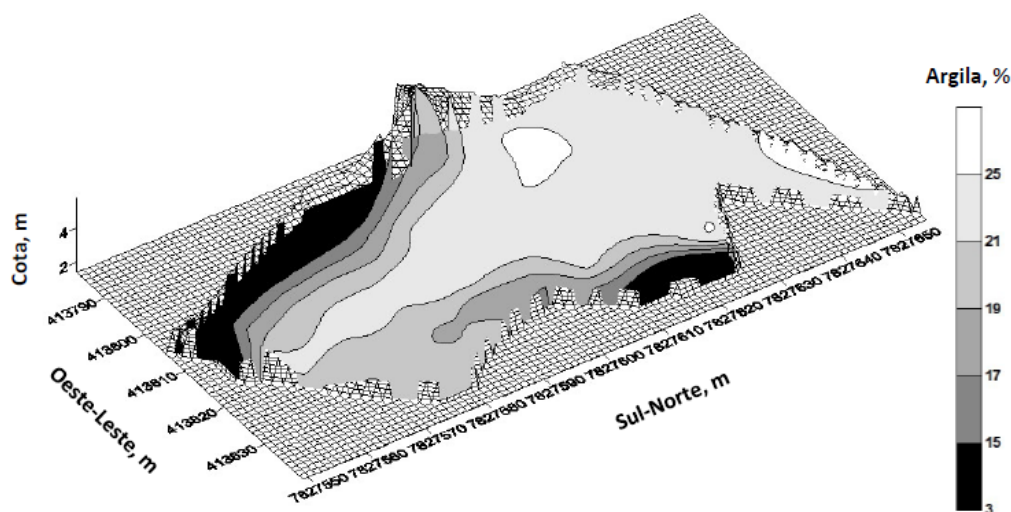


Figura 71: Distribuição espacial do teor de Argila na profundidade de 0-5 cm.



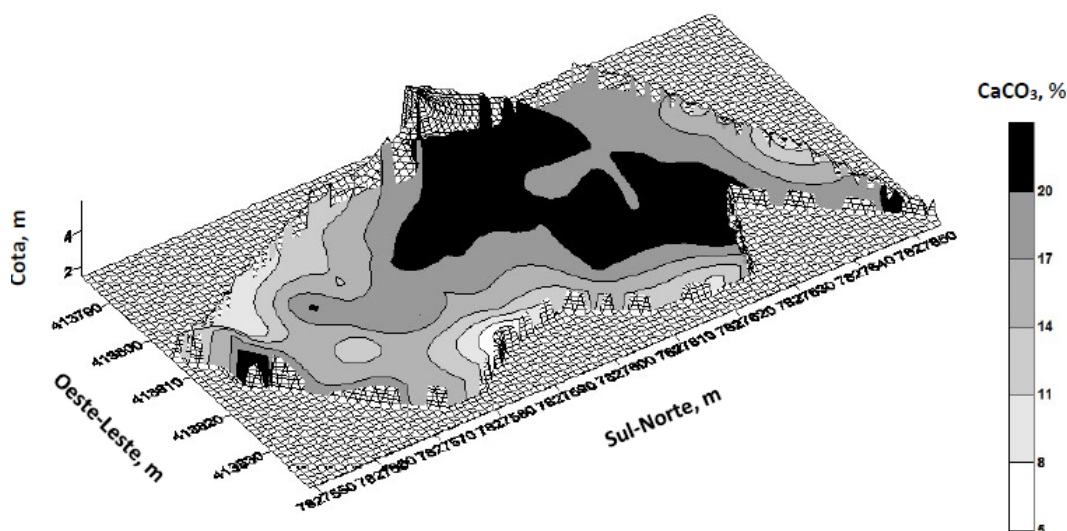
A distribuição de CaCO_3 (Figura 72) se apresenta de forma similar às frações mais finas (silte e argila) e, portanto, com uma alta correlação com a distribuição dessa fração dos sedimentos, silte e argila. Houve também uma correlação inversa com o teor de areia na área (Tabela 12). Regiões com maior cota e côncavas apresentam maiores teores de CaCO_3 .

O teor de CaCO_3 está entre as propriedades mais estudadas dos sedimentos, devido ao fato de esse composto ser responsável por designar várias características dos solos, influenciando nas propriedades, como na expansividade da argila, o que pode explicar o fato das regiões com maior teor de argila apresentar maior teores de carbonato.

Os teores de carbonatos variaram entre 1,27% e 25,06% (Figura 29), com média de 17,05 %. As menores concentrações de carbonato decorrem dos locais onde as amostras são compostas, em geral, por sedimentos arenosos pobremente selecionados e com alto conteúdo de lama. O carbonato exibe correlação maior com a fração areia (REZENDE, 2013). Segundo Froehner e Martins (2008) os

sedimentos predominantemente arenosos caracterizam-se pelo reduzido teor de carbono orgânico, ao contrário das partículas finas que apresentam maiores concentrações de carbono orgânico. Para Aguiar Neto et al. (2008), os teores de carbonato de cálcio não obedecem a uma relação direta com uma fração granulométrica específica, mas com uma fonte disponível, decorrente dos oceanos.

Figura 72: Distribuição espacial do teor de CaCO_3 na profundidade de 0-5 cm.



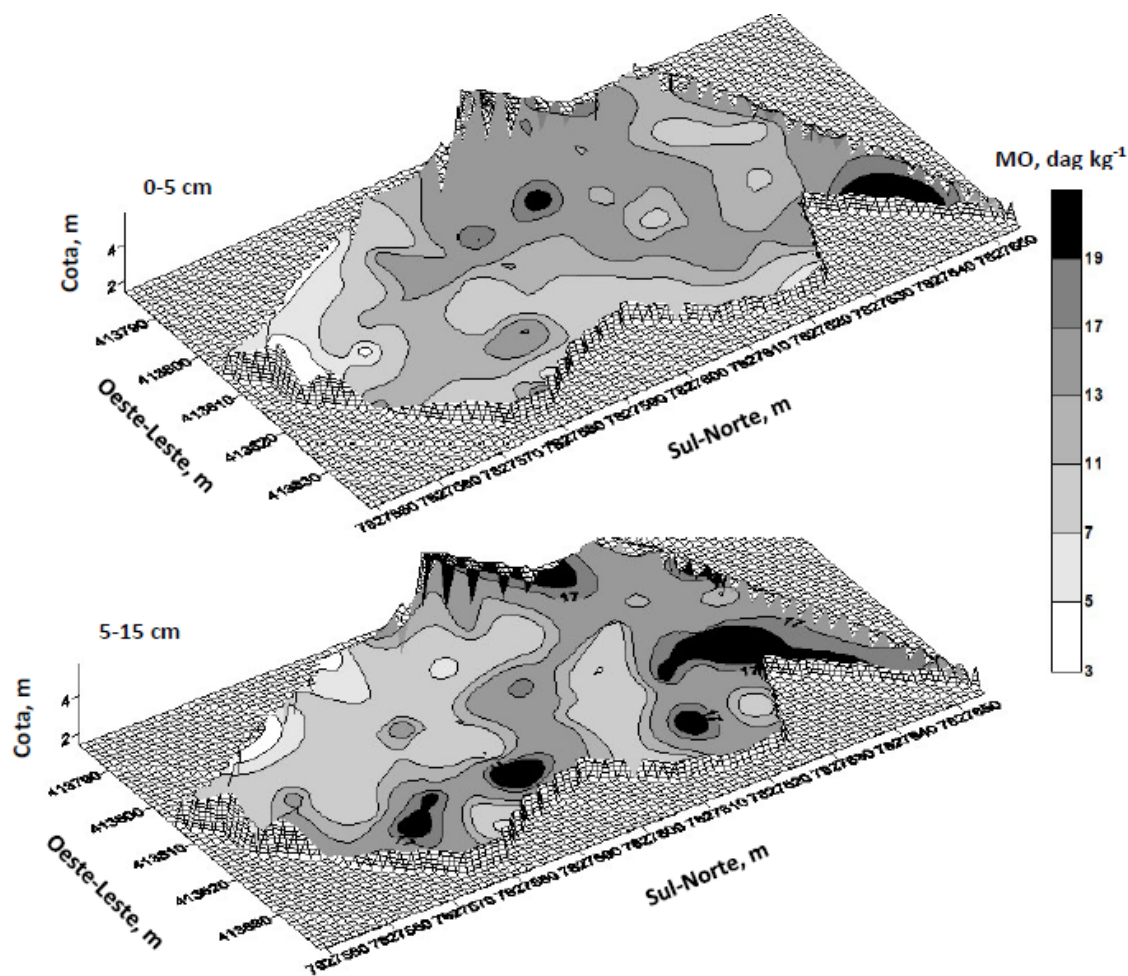
Quanto à distribuição espacial da Matéria Orgânica Total (MOT), esta se apresenta mais heterogênea, com maiores valores na região central da área estudada (Figura 73). A parte situada a sudoeste, apresenta menores teores de Matéria Orgânica Total, região está associada a maiores teores de areia e menores de material fino, silte e argila. Nessa região foi observado maiores teores de partículas finas (silte e argila), o que está associado a uma maior área superficial do sedimento, permitindo um acúmulo de matéria orgânica total. Para Cruz et al (2013), sedimentos predominantemente arenosos caracterizam-se por apresentarem reduzida concentração de carbono orgânico, ao contrário de partículas finas compostas por argila e silte, que apresentam maior teor de carbono orgânico e, consequentemente, maior será a tendência de adsorção de compostos orgânicos hidrofóbicos e de metais.

Os percentuais de MOT 0-5 cm variaram de 3,05% a 29,92% e 1,36% a 30,7 % para MOT 5-15 cm, tendo 70% das amostras com teor acima de 10%, associados a sedimentos lamosos que, no geral, é a maior fração granulométrica. A relação entre MO e a granulometria dos sedimentos pode ser explicada pela velocidade de deposição similar entre as partículas orgânicas e os grãos minerais finos, como silte e argila, dessa forma, os locais de baixa hidrodinâmica favorecem a deposição de sedimentos finos e de material orgânico.

Apesar da MOT 0-5 cm ter se ajustado a um modelo semivariograma diferente, seu mapa de isolinhas apresenta tendência aos demais mapas dos outros parâmetros avaliados, apresentando maiores teores de matéria na região noroeste da área e menores na região sudoeste. A apresentação da matéria orgânica total desta forma pode ser devido a vegetação rasteira encontrada nesta parte da área, sendo

que a medida que a área se estende para o sul, não existia vegetação rasteira, o solo era descoberto com vegetação arbórea ao acaso.

Figura 73: Distribuição espacial do teor de Matéria orgânica total em duas profundidades.



3.4 CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA VEGETAL

Para avaliação do impacto da pluma de rejeitos de minério proveniente da barragem de Fundão na estrutura da vegetação dos manguezais e vegetação halófitas foram estabelecidas 151 parcelas fixas em 9 localidades.

Para facilitar o entendimento nas tabelas, as estações estão identificadas por siglas que indicam: Localidade + N° do ponto de estudos + Letra de indicação da réplica + Tipo fisiográfico + Margem do Rio. Desta forma têm-se:

Localidade: As localidades estabelecidas e suas respectivas siglas são: Piraquê-Açu (PA), Piraquê-Mirim (PM), Costa das Algas (CA), Barra do Riacho (BR), Rio Doce (RD), Urussuquara (UR), Barra Nova (BN), São Mateus (SM), Caravelas (CR);

N° do ponto de estudos: 1, 2 ou 3;

Indicação da réplica: a, b ou c;

Tipo fisiográfico: Franja (F) ou Bacia (B);

Margem do Rio: Direita (D) ou Esquerda (E).

Exemplo: PA2aFD, ou seja, esta estação é Piraquê-Açu, ponto de estudo 2, réplica a, no tipo fisiográfico franja do lado direito da margem do rio ou do estuário,

De maneira geral, os dados obtidos para os manguezais das regiões estuarinas da costa do Espírito Santo e sul da Bahia demonstram uma grande variabilidade estrutural nas diversas estações analisadas (detalhadas a seguir). Essa variabilidade reflete-se na densidade de troncos vivos, DAP médio, altura média, área basal por hectare, contribuição das espécies e por percentual de indivíduos vivos e mortos, e relação de troncos por indivíduos.

As espécies encontradas foram *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Avicennia germinans*, esta última, porém, ocorreu somente em São Mateus e Urussuquara. Em relação à composição de espécies, foi observada ao longo da linha de costa das áreas uma grande diversidade, caracterizada por composições monoespecíficas, composições mistas por duas ou três espécies típicas. Além disso, foram encontradas espécies associadas de manguezais, estas características são descritas a seguir por localidades.

3.4.1 Piraquê-Açu (PA)

No estuário do rio Piraquê-Açu (PA) foram amostradas 34 parcelas, com tamanhos entre 9 e 324 m². Em todos os pontos de estudos foram identificadas três espécies típicas de mangue: *Rhizophora mangle*; *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. Ainda, foi observada a presença de *Acrostichum sp* na estação PA3aBE (Figura 74) (Piraquê-Açu, ponto 3, réplica a bacia, margem esquerda), geralmente a presença desta espécie é associada à baixa salinidade.

A espécie *R. mangle* foi dominante em 53% das parcelas, formando florestas monoespecíficas em 5 estações, destas, 2 na franja e 3 na bacia. *L. racemosa* dominou em 24% das estações sendo 2 monoespecíficas na bacia. Já *A. schaueriana* foi dominante em 6 % das estações e não apresentou florestas monoespecíficas, e 18% das florestas avaliadas são mistas, isto é, não apresentaram uma espécie dominante (Tabela 13). De modo geral, a franja e a bacia foram dominadas por *R. mangle*, seguida de *L. racemosa*.

Analisando a Tabela 13 observa-se que as estações apresentam uma grande variabilidade estrutural expressas em seus parâmetros. A densidade de troncos vivos variou 864 a 59.742 tr.vivos.ha⁻¹, o DAP médio de 2,64 a 19,57 cm, a altura média varia de 2,84 a 11,32 m e a área basal variou de 7,75 a 147,43 m².ha⁻¹.

Ao comparar os tipos fisiográficos, nota-se que a franja apresenta maiores valores de DAP médio (3,41 a 19,57 cm) e altura média (4,04 a 11,32 m) do que a bacia (DAP = 2,64 a 12,94 cm; altura = 2,24 a 7,67 m), que, por sua vez apresentou maior densidade (1.190 a 55.556 tr. vivos.ha⁻¹) e área basal (8,63 à 147,43 m².ha⁻¹) (Tabela 13). Tal comportamento representa um maior desenvolvimento estrutural das franjas em ambas as margens. De uma maneira geral, com exceção do ponto PA3D (Piraquê-Açú, ponto 3, margem direita), nas florestas que apresentaram um maior desenvolvimento estrutural *Avicennia schaueriana* e/ou *Rhizophora mangle* são as espécies dominantes e, seus representantes estão distribuídos nas maiores classes de diâmetro.

As árvores de mangue do Piraquê-Açú possuem baixa relação troncos/indivíduos, com oscilação entre 1,0 e 2,16.

Em relação à contribuição de troncos mortos, na franja a maior porcentagem foi de 45,74% e na bacia de 41,64%. Entretanto, houve parcelas sem a presença de indivíduos mortos, tanto na franja quanto na bacia. De modo geral, 4 florestas de franja e 7 florestas de bacia apresentaram mais de 15% da sua área basal morta.

A análise mais detalhada das curvas de distribuição diamétrica das parcelas com altas contribuições de mortos (Figura 75 até Figura 80), conforme apresentadas no item “Distribuição diamétrica por classes de DAP”, revela que a parcela PA1cFD (Piraquê-Açú, ponto 1, réplica c, margem direita), que apresentou 16,84 % de área basal morta possui curva diamétrica do “j” invertido, típica de floresta saudável em processo de amadurecimento.

A parcela PA3cFD (Piraquê-Açú, ponto 3, réplica c, franja, margem direita) apresentou 45,74 % de área basal morta, que conforme análise da curva de distribuição diamétrica (Figura 77) está distribuída por todas as classes de diâmetro, com comportamento similar ao de mortalidade massiva descrita por Soares et al. (2003). No entanto, observa-se uma alta contribuição de indivíduos vivos nas classes de menor dap, o que indica um processo de regeneração (ou sucessão ecológica) dessas florestas.

A análise da curva diamétrica da parcela PA2cFE (Piraquê-Açú, ponto 2, réplica c, franja, margem esquerda) (Figura 79), que apresentou 31,14 % de área basal morta, revela um comportamento de sobreposição de comportamentos (ou eventos como apresentado por Soares et al., 2003) onde após a

ocupação da área por uma coorte (distribuição próxima à distribuição normal nas classes intermediárias de diâmetro) e seu progressivo amadurecimento, ocorre uma atual entrada de jovens. Esse padrão, apesar da alta contribuição de mortos (concentrada nas classes de maior diâmetro), pode revelar um processo de sucessão ecológica/amadurecimento da floresta.

A parcela PA3cFE (Piraquê-Açú, ponto 3, réplica c, franja, margem esquerda) apresentou contribuição de área basal morta de 15,79 %. A análise da curva diamétrica (Figura 80) revela que trata-se de uma floresta madura (que é atestado pelos altos valores de DAP e altura média – Tabela 1) com morte de alguns indivíduos de grande porte, padrão que pode estar dentro do esperado.

A parcela PA1aBD (Piraquê-Açú, ponto 1, réplica a, bacia, margem direita), com 24,71 % de contribuição de área basal morta, apresenta maior contribuição de mortos nas classes superiores de dap e grande contribuição de vivos na menor classe de dap (Figura 75). Esse padrão é compatível com a abertura de clareiras pela morte de árvores maduras e posterior recolonização das mesmas por jovens. Padrão similar é observado na parcela PA2cBD (Piraquê-Açú, ponto 2, réplica c, bacia, margem direita), que apresentou 41,64 % de área basal morta.

A parcela PA1cBD (Piraquê-Açú, ponto 1, réplica c, bacia, margem direita) apresentou 22,81 % de área basal morta, distribuída em diversas classes de dap (Figura 75). Todavia o padrão de distribuição diamétrica demonstra comportamento de floresta com capacidade de regeneração e aporte de jovens.

A parcela PA3aBD (Piraquê-Açú, ponto 3, réplica a, bacia, margem direita), com 15,18% de área basal morta, possui característica de floresta jovem com árvores concentradas nas classes inferiores de dap e padrão de concentração de mortos nas menores classes de dap, típico de processo de desbaste natural associado ao processo de amadurecimento da floresta.

O padrão de distribuição diamétrica observado na parcela PA2aBE (Piraquê-Açú, ponto 2, réplica a, bacia, margem esquerda) (Figura 79), que apresentou 21,84 % de área basal morta, reflete a possibilidade de ter ocorrido uma ocupação inicial por uma coorte (com distribuição normal e moda na classe de 11 cm), que fica evidente com a concentração de mortos nas classes de 7 e 9 cm. A essa ocupação seguiu-se o recrutamento de novos indivíduos, que fica evidente pela contribuição de vivos nas classes de menor dap.

A parcela PA2cBE (Piraquê-Açú, ponto 2, réplica c, bacia, margem esquerda) apresentou contribuição de área basal morta de 34,5 %. No entanto, a análise da distribuição diamétrica dos troncos (Figura 79) aparenta uma floresta saudável que foi ocupada por uma coorte e tem amadurecido progressivamente (distribuição normal, com mortos concentrados nas classes inferiores de diâmetro) e que ainda apresenta morte de indivíduos de grande porte existentes anteriormente ao referido evento de ocupação da floresta.

A parcela PA3aBE (Piraquê-Açú, ponto 3, réplica a, bacia, margem esquerda) apresentou contribuição de 22,99 % de área basal morta, com mortos distribuídos ao longo de várias classes de DAP (Figura 80), porém com importante contribuição de vivos nas classes inferiores de dap, sugerindo uma floresta que mantém seu potencial de regeneração frente a distúrbios.

Vale ressaltar que na parcela PA1bBE (Piraquê-Açú, ponto 1, réplica b, bacia, margem esquerda) 16,66% da área basal viva corresponde a uma espécie não identificada.

Figura 74: Estação PA3aBE, é possível observar a presença de *Acrostichum sp.* entre as árvores de mangue.



Tabela 13: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² . ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	Morta	
PA1aFD	5.700	6,65	5,72	3,04	21,14	<i>A. schaueriana</i>	9,37	0,46	1,47
						<i>L.racemosa</i>	4,83	0,65	
						<i>R. mangle</i>	79,50	5,19	
PA1bFD	4.545	4,35	4,31	2,27	7,75	<i>A. schaueriana</i>	1,18	2,65	1,59
						<i>L.racemosa</i>	55,11	10,06	
						<i>R. mangle</i>	31,00	0,00	
PA1cFD	59.742	3,41	3,76	2,06	65,56	<i>A. schaueriana</i>	11,94	0,10	1,87
						<i>L.racemosa</i>	59,67	16,74	
						<i>R. mangle</i>	11,55	0,00	
PA1aBD	3.306	5,00	3,07	2,56	8,63	<i>A. schaueriana</i>	38,68	10,70	1,19
						<i>L.racemosa</i>	5,25	14,01	
						<i>R. mangle</i>	31,35	0,00	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² . ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	Morta	
PA1bBD	4.000	7,31	5,49	3,07	18,24	<i>A. schaueriana</i>	53,47	1,14	1,58
						<i>L.racemosa</i>	23,86	6,00	
						<i>R. mangle</i>	14,82	0,70	
PA1cBD	3.500	6,72	4,21	3,11	16,08	<i>A. schaueriana</i>	44,97	5,73	1,22
						<i>L.racemosa</i>	21,56	17,03	
						<i>R. mangle</i>	10,67	0,05	
PA2aFD	3.700	9,18	5,84	3,11	24,97	<i>A. schaueriana</i>	0,29	0,00	1,27
						<i>L.racemosa</i>	17,20	0,00	
						<i>R. mangle</i>	80,50	2,01	
PA2bFD	3.600	9,36	7,29	2,05	24,87	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,16
						<i>L.racemosa</i>	6,01	0,39	
						<i>R. mangle</i>	93,60	0,00	
PA2cFD	3.100	9,06	7,55	2,49	22,93	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,06
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	87,21	12,79	
PA2aBD	4.600	5,90	3,42	1,56	13,45	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,25
						<i>L.racemosa</i>	33,95	6,52	
						<i>R. mangle</i>	59,53	0,00	
PA2bBD	6.143	5,48	3,33	1,31	14,51	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,13
						<i>L.racemosa</i>	45,00	0,31	
						<i>R. mangle</i>	54,70	0,00	
PA2cBD	6.000	4,15	2,84	1,41	13,92	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,38
						<i>L.racemosa</i>	14,43	41,64	
						<i>R. mangle</i>	43,92	0,00	
PA3aFD	3.923	7,38	4,39	3,86	18,54	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,44
						<i>L.racemosa</i>	74,05	9,13	
						<i>R. mangle</i>	16,44	0,38	
PA3bFD	4.615	8,73	7,23	3,646	29,21	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,03
						<i>L.racemosa</i>	94,17	5,42	
						<i>R. mangle</i>	0,41	0,00	
PA3cFD	1.958	11,22	5,96	3,42	35,71	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,16
						<i>L.racemosa</i>	51,65	45,74	
						<i>R. mangle</i>	2,62	0,00	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² . ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	Morta	
PA3aBD	43.333	2,64	3,84	2,00	28,03	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,02
						<i>L.racemosa</i>	84,82	15,18	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
PA3bBD	40.000	3,64	4,08	1,67	42,74	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,08
						<i>L.racemosa</i>	97,33	2,67	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
PA3cBD	55.556	5,69	3,18	2,21	147,43	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,41
						<i>L.racemosa</i>	93,22	0,44	
						<i>R. mangle</i>	2,45	3,88	
PA1aFE	5.200	6,87	4,99	1,85	19,28	<i>A. schaueriana</i>	10,09	0,00	1,13
						<i>L.racemosa</i>	12,72	0,00	
						<i>R. mangle</i>	77,19	0,00	
PA1bFE	5.000	8,13	4,80	2,02	25,93	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,14
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	100,00	0,00	
PA1cFE	2.900	8,75	4,95	2,75	18,41	<i>A. schaueriana</i>	1,00	5,20	1,13
						<i>L.racemosa</i>	0,46	0,00	
						<i>R. mangle</i>	93,34	0,00	
PA1aBE	4.700	5,75	3,86	1,89	14,00	<i>A. schaueriana</i>	1,11	0,00	1,57
						<i>L.racemosa</i>	26,14	12,76	
						<i>R. mangle</i>	59,99	0,00	
PA1bBE	3.500	6,55	4,88	1,15	12,07	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	81,10	2,25	
PA1cBE	3.435	6,79	3,84	1,49	12,43	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	100,00	0,00	
PA2aFE	1.073	19,57	11,32	2,19	36,18	<i>A. schaueriana</i>	12,09	10,85	1,07
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	77,07	0,00	
PA2bFE	864	19,35	8,09	3,25	26,75	<i>A. schaueriana</i>	15,31	0,00	1,03
						<i>L.racemosa</i>	11,54	0,00	
						<i>R. mangle</i>	68,13	5,03	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² . ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	Morta	
PA2cFE	1,733	17,38	9,55	3,16	59,73	<i>A. schaueriana</i>	0,01	14,95	1,00
						<i>L.racemosa</i>	0,06	0,00	
						<i>R. mangle</i>	68,79	16,19	
PA2aBE	1.412	11,12	6,47	2,31	17,54	<i>A. schaueriana</i>	0,04	0,00	1,13
						<i>L.racemosa</i>	13,87	13,00	
						<i>R. mangle</i>	64,25	8,84	
PA2bBE	2.455	11,05	7,67	2,33	24,43	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,00
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	96,30	3,70	
PA2cBE	1.429	11,05	7,16	2,44	20,93	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,19
						<i>L.racemosa</i>	23,46	31,68	
						<i>R. mangle</i>	42,04	2,82	
PA3aFE	1.735	8,29	4,04	2,62	9,42	<i>A. schaueriana</i>	38,15	0,00	1,19
						<i>L.racemosa</i>	22,05	0,35	
						<i>R. mangle</i>	39,10	0,35	
PA3bFE	1.979	12,03	6,81	3,67	22,75	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,33
						<i>L.racemosa</i>	4,93	0,43	
						<i>R. mangle</i>	93,86	0,78	
PA3cFE	1.497	17,48	9,79	2,07	42,66	<i>A. schaueriana</i>	4,34	0,00	1,10
						<i>L.racemosa</i>	0,00	15,79	
						<i>R. mangle</i>	79,87	0,00	
PA3aBE	1.190	12,94	6,41	3,39	20,32	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,38
						<i>L.racemosa</i>	15,17	20,15	
						<i>R. mangle</i>	61,84	2,84	

Figura 75: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem direita (D).

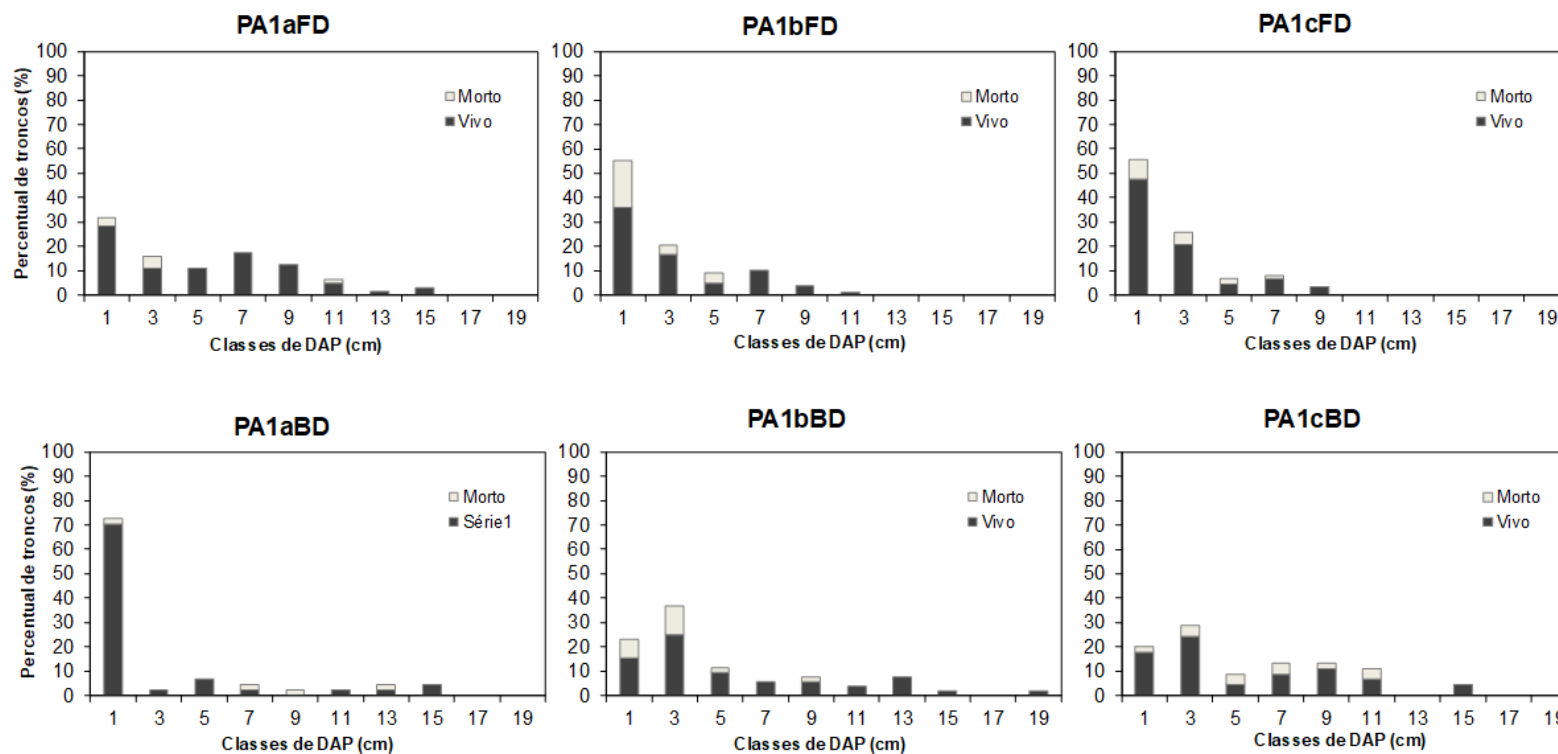


Figura 76: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem direita (D).

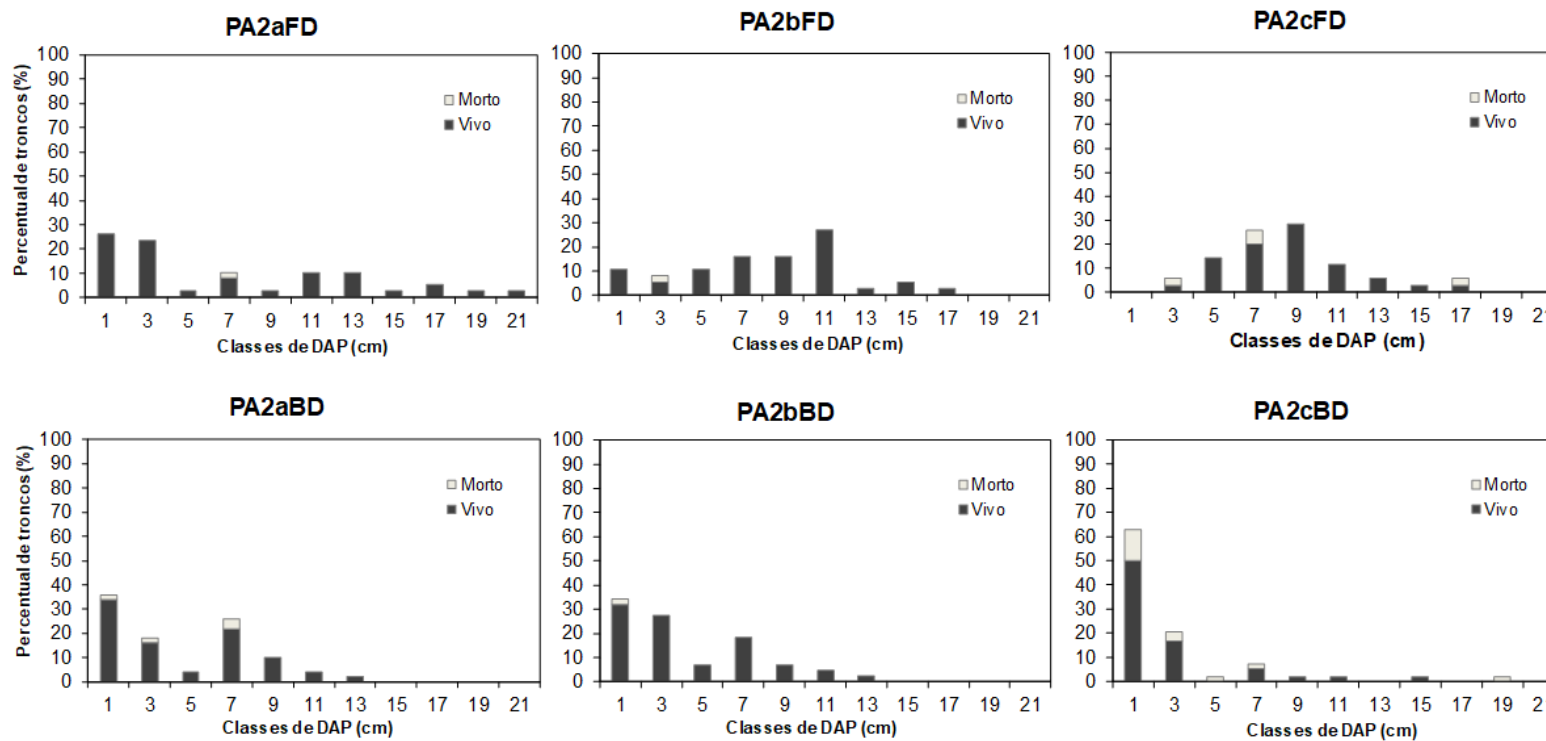


Figura 77: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem direita (D).

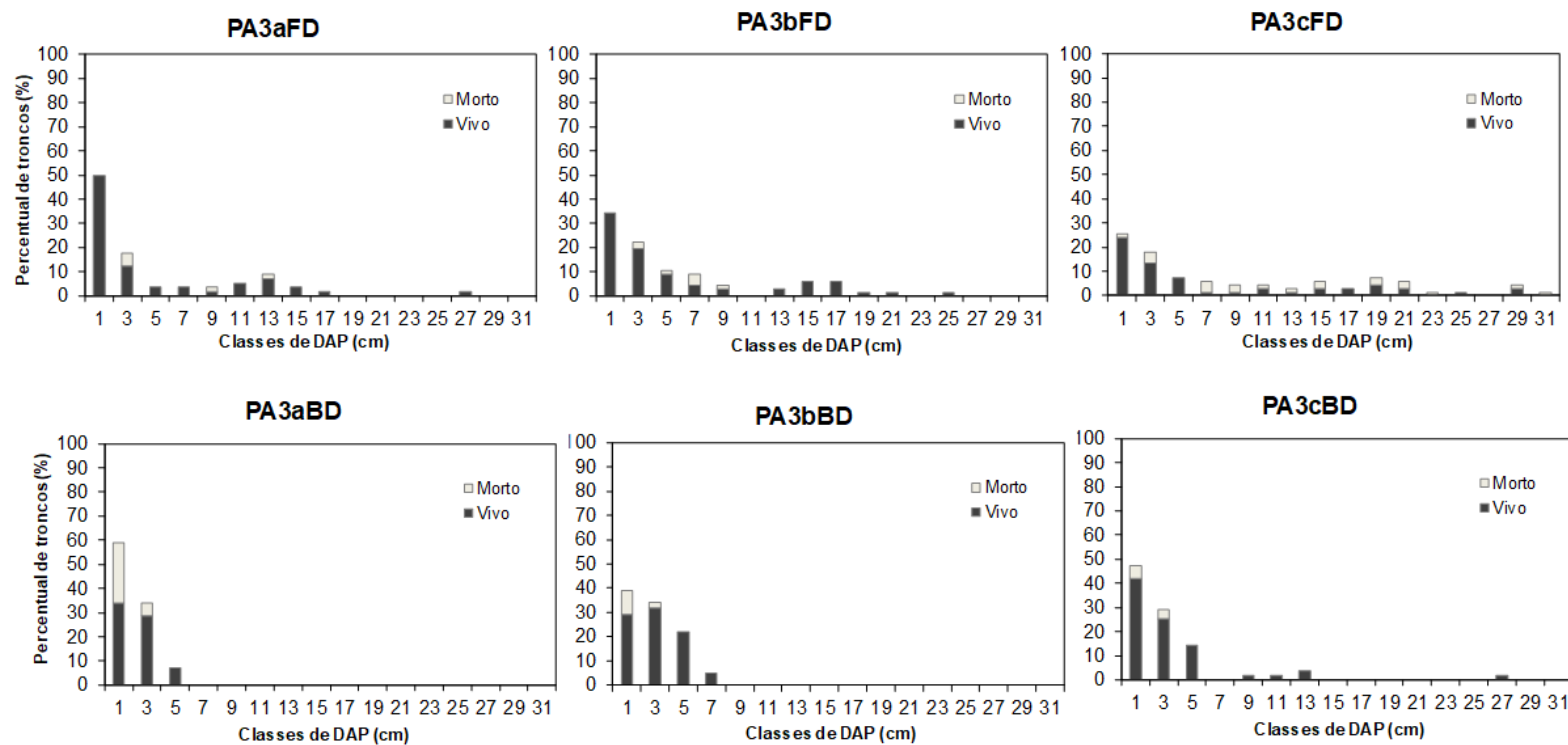


Figura 78: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem esquerda (E).

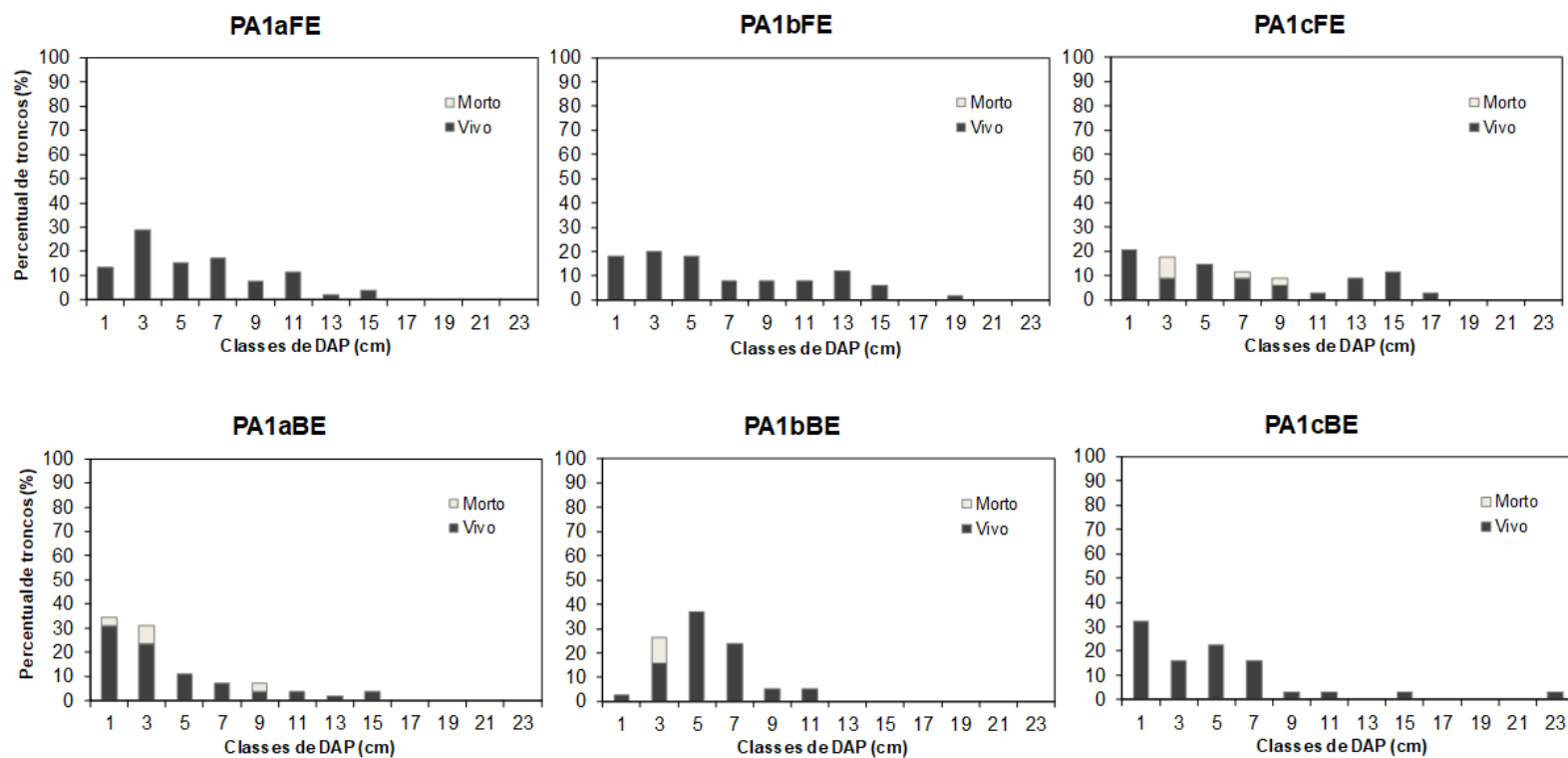


Figura 79: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem esquerda (E).

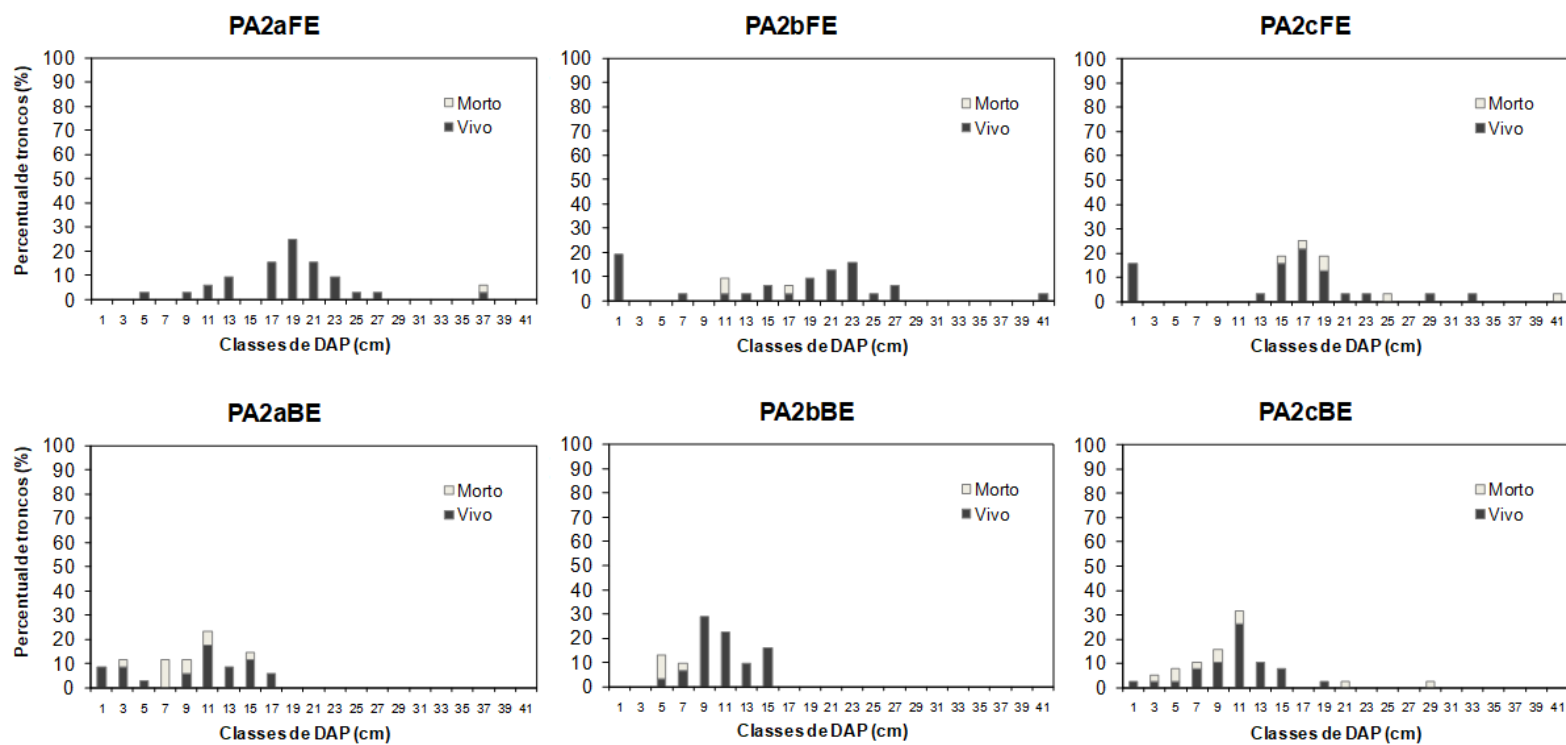
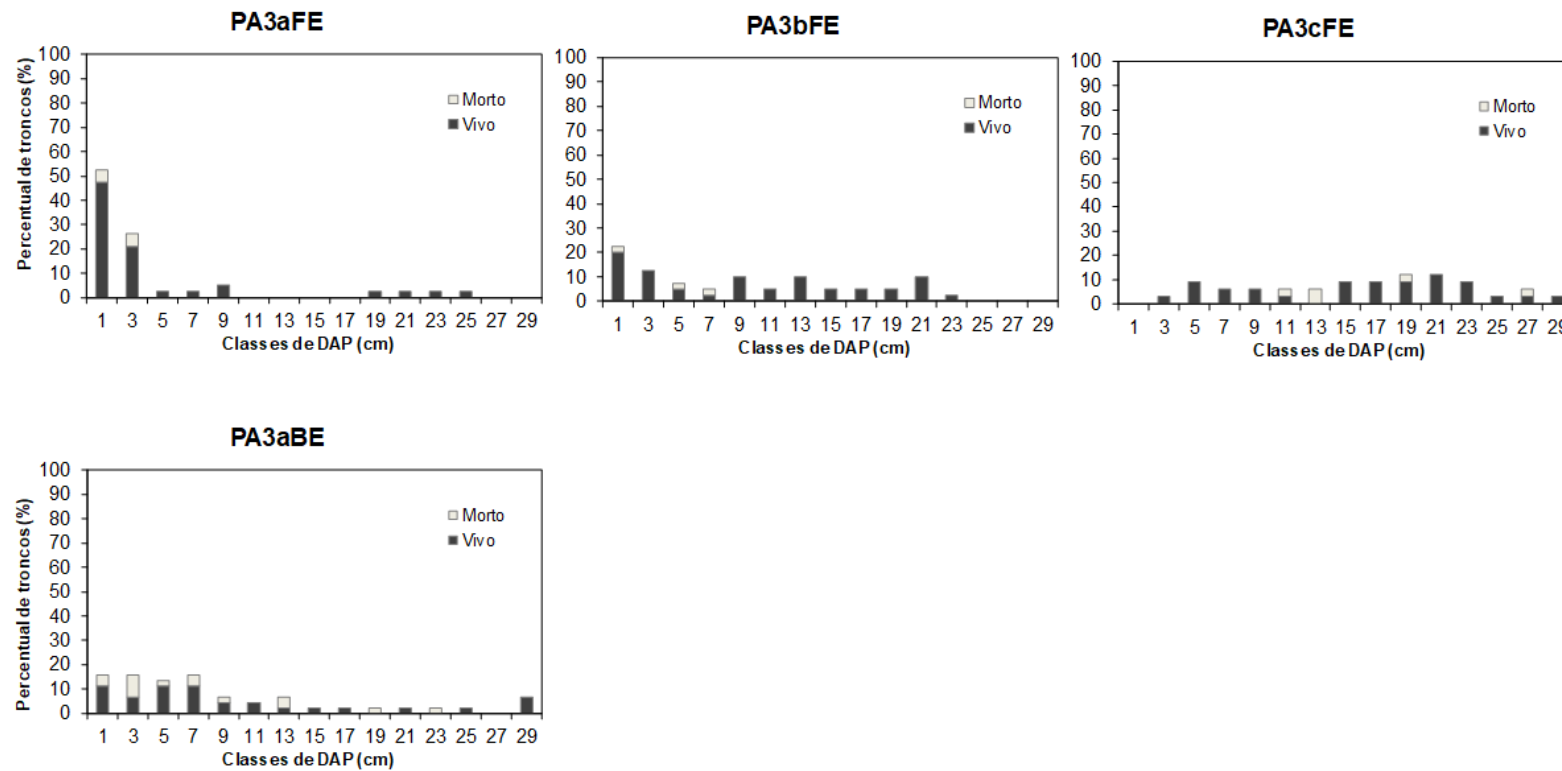
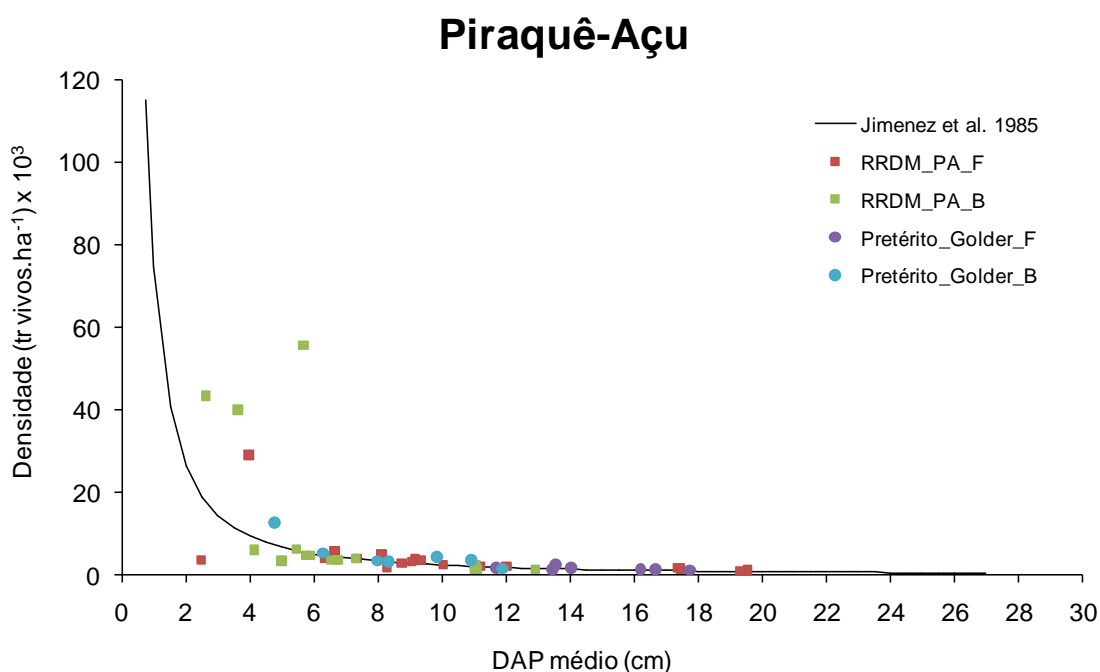


Figura 80: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Açú (PA), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem esquerda.



Ao comparar os dados de DAP e densidade obtidos neste estudo com os dados pretéritos e com o modelo proposto por Jimenez et al (1985) (Figura 81), notamos que o menor desenvolvimento estrutural das parcelas de franja deste estudo é acompanhado por valores que se se distanciam da curva esperada. O que pode indicar algum tipo de alteração natural ou antrópica no desenvolvimento da floresta.

Figura 81: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para o Rio Piraquê – Açu.



*RRDM_PA_F = Dados deste estudo para os manguezais de franja do Rio Piraquê – Açu. RRDM_PA_B = Dados deste estudo para os manguezais de Bacia do Rio Piraquê – Açu. Pretérito_Golder_F = Dados pretéritos disponibilizados pela empresa Golder nos manguezais de Franja do Rio Piraquê – Açu. Pretérito_Golder_B = Dados pretéritos disponibilizados pela empresa Golder nos manguezais da Bacia do Rio Piraquê – Açu.

3.4.2 Piraquê- Mirim

Nos bosques de mangue do rio Piraquê–Mirim (PM) foram amostradas 36 parcelas, com tamanhos entre 25 e 144 m². Foi observada a ocorrência de 3 espécies: *Rhizophora mangle*; *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. Destas, *R. mangle* foi a espécie dominante em 52% das estações, seguida por *L. racemosa* em 36%. Já *A. schaueriana* obteve a maior dominância em 3% das estações.

De modo geral, a franja é dominada por *R. mangle*, seguida por *L. racemosa*. A bacia apresenta dominância inversa em relação à franja, ou seja, é composta principalmente por *L. racemosa*, seguida de *R. mangle*.

A densidade de troncos vivos variou de 2.462 a 22.800 tr.vivos.ha⁻¹, o DAP médio de 2,39 a 10,82 cm, enquanto a altura média foi de 2,22 a 8,1 m, e a área basal apresentou valores mínimos de 8,85 e máximo de 37,03 m².ha⁻¹. A relação troncos/indivíduos foi baixa, com oscilação entre 1,0 e 2,40 (Tabela 14).

Salvo algumas exceções, os bosques de franja são mais desenvolvidos em relação aos de bacia. Tal comportamento é evidente em ambas as margens.

Na franja a maior porcentagem de troncos mortos foi de 52,14% e na bacia foi 48,50%. Entretanto, 3 estações da franja foram representadas somente por indivíduos vivos. Em tese, as florestas de bacia obtiveram a maior contribuição de troncos mortos, com 10 estações indicando mais de 15% da sua área basal morta. Já a franja, possui 4 estações com mais de 15% de indivíduos mortos. Portanto, cerca de 39% das estações dessa área apresentaram contribuição em área basal morta superior a 15%. A seguir são avaliadas as curvas de distribuição diamétrica dessas estações, as quais são apresentadas na Figura 82 a Figura 87.

A análise das curvas diamétricas das parcelas PM1bFD (Piraquê-Mirim, ponto 1, réplica b, franja, margem direita), PM1cFD (Piraquê-Mirim, ponto 1, réplica c, franja, margem direita), PM1cBD (Piraquê-Mirim, ponto 1, réplica c, bacia, margem direita), PM3aBD (Piraquê-Mirim, ponto 3, réplica a, bacia, margem direita), PM3cBD (Piraquê-Mirim, ponto 3, réplica c, bacia, margem direita) e PM3bBE (Piraquê-Mirim, ponto 3, réplica b, bacia, margem esquerda) demonstra florestas com distribuição do tipo “j” invertido, com características de florestas saudáveis com capacidade de manutenção através do recrutamento de novos jovens.

As parcelas PM2aBD (Piraquê-Mirim, ponto 2, réplica a, bacia, margem direita), PM2aBE (Piraquê-Mirim, ponto 2, réplica a, bacia, margem direita) e PM2bBE (Piraquê-Mirim, ponto 2, réplica b, bacia, margem esquerda) seguem o mesmo padrão das estações citadas acima, todavia possuem características de florestas mais jovens, com indivíduos concentrados exclusivamente nas classes de menor diâmetro (até 5 cm ou 7 cm).

As estações PM1bBD (Piraquê-Mirim, ponto 1, réplica b, bacia, margem direita), PM3bFE (Piraquê-Mirim, ponto 3, réplica b, franja, margem esquerda), PM3cFE (Piraquê-Mirim, ponto 3, réplica c, franja, margem esquerda) e PM3aBE (Piraquê-Mirim, ponto 3, réplica a, bacia, margem esquerda), todas com contribuição de área basal morta entre 29 % e 40 %, apresentam curvas de distribuição diamétrica com características de distribuição normal. Apesar da alta contribuição de mortos, o deslocamento da distribuição levemente em direção às classes de maior diâmetro, a concentração de troncos nas classes de menor diâmetro e a maior proporção de mortos nas classes inferiores sugerem florestas aparentemente jovens e saudáveis, em processo de amadurecimento com forte desbaste natural responsável pela alta proporção de mortos.

A estação PM1cBE (Piraquê-Mirim, ponto 1, réplica c, bacia, margem esquerda), com 48,5% de área basal morta, possui distribuição diamétrica que pode indicar um processo de amadurecimento e substituição de espécies. Há uma importante contribuição de indivíduos mortos em classes de maior

diâmetro, porém há recrutamento de novos jovens que pode ser evidenciado pela contribuição de indivíduos vivos nas classes de menor dap. Outro indício de um processo de substituição de espécies ou de dinâmica relacionada à abertura de clareiras é a maior concentração de indivíduos mortos de *Laguncularia racemosa*, quando comparados com as demais espécies presentes nessa estação, tanto no que se refere à comparação entre as espécies, como na comparação entre vivos e mortos de uma mesma espécie.

Tabela 14: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
PM1aFD	12.000	5,97	5,08	2,49	37,03	<i>A. schaueriana</i>	49,83	1,91	1,66
						<i>L.racemosa</i>	27,05	7,46	
						<i>R. mangle</i>	13,75	0,00	
PM1bFD	9.000	4,98	3,86	2,27	26,07	<i>A. schaueriana</i>	31,53	0,00	1,54
						<i>L.racemosa</i>	32,39	32,71	
						<i>R. mangle</i>	3,88	0,00	
PM1cFD	11.500	4,23	3,81	1,98	20,64	<i>A. schaueriana</i>	27,31	0,38	1,67
						<i>L.racemosa</i>	34,97	21,43	
						<i>R. mangle</i>	15,90	0,00	
PM1aBD	5.800	4,63	4,10	1,65	10,93	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,00
						<i>L.racemosa</i>	65,17	10,67	
						<i>R. mangle</i>	24,16	0,00	
PM1bBD	5.938	4,58	3,39	1,56	16,25	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,68
						<i>L.racemosa</i>	50,96	39,83	
						<i>R. mangle</i>	9,21	0,00	
PM1cBD	7.656	5,28	3,46	1,36	20,10	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,37
						<i>L.racemosa</i>	57,38	16,76	
						<i>R. mangle</i>	25,86	0,00	
PM2aFD	6.571	6,25	4,19	2,83	21,48	<i>A. schaueriana</i>	30,10	4,71	1,33
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
						<i>R. mangle</i>	63,88	1,31	
PM2bFD	3.636	8,78	7,44	1,68	22,03	<i>A. schaueriana</i>	27,01	0,00	1,21
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	72,99	0,00	
PM2cFD	2.569	10,22	8,10	1,87	21,95	<i>A. schaueriana</i>	24,98	3,29	2,09
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	70,95	0,78	
PM2aBD	22.800	2,39	2,50	0,75	12,37	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,6
						<i>L.racemosa</i>	82,28	17,15	
						<i>R. mangle</i>	0,57	0,00	
PM2bBD	11.667	2,97	2,61	0,95	8,85	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,3
						<i>L.racemosa</i>	43,98	8,64	
						<i>R. mangle</i>	47,38	0,00	
PM2cBD	13.333	3,58	3,37	0,91	15,00	<i>A. schaueriana</i>	2,50	0,00	1,23
						<i>L.racemosa</i>	82,48	10,76	
						<i>R. mangle</i>	4,25	0,00	
PM3aFD	4.250	8,60	5,24	3,36	25,93	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,13
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	95,20	4,80	
PM3bFD	2.462	8,48	7,11	1,94	15,79	<i>A. schaueriana</i>	0,00	6,08	1,29
						<i>L.racemosa</i>	3,31	0,30	
						<i>R. mangle</i>	84,75	5,56	
PM3cFD	3.287	6,77	6,08	2,47	12,57	<i>A. schaueriana</i>	0,91	0,00	1,65
						<i>L.racemosa</i>	10,47	0,00	
						<i>R. mangle</i>	82,82	5,80	
PM3aBD	13.000	3,81	3,48	1,55	19,90	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,28
						<i>L. racemosa</i>	29,01	24,46	
						<i>R. mangle</i>	45,32	1,21	
PM3bBD	10.286	3,98	3,60	1,42	13,52	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,2
						<i>L.racemosa</i>	29,10	5,33	
						<i>R. mangle</i>	65,58	0,00	
PM3cBD	11.500	3,18	2,87	1,37	11,16	<i>A. schaueriana</i>	4,22	0,00	1,3
						<i>L.racemosa</i>	29,98	18,34	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
						<i>R. mangle</i>	47,45	0,00	
PM1aFE	2.975	7,81	4,86	2,24	14,76	<i>A. schaueriana</i>	27,32	0,05	1,09
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	69,22	3,41	
PM1bFE	7.600	7,82	4,80	2,70	36,46	<i>A. schaueriana</i>	36,49	0,00	1,08
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	63,51	0,00	
PM1cFE	6.143	6,15	5,04	3,08	18,26	<i>A. schaueriana</i>	5,71	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	94,29	0,00	
PM1aBE	3.727	6,76	2,22	2,01	14,06	<i>A. schaueriana</i>	1,11	0,00	1,03
						<i>L.racemosa</i>	7,19	3,66	
						<i>R. mangle</i>	86,98	1,07	
PM1bBE	4.250	6,87	5,30	2,48	18,26	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,16
						<i>L.racemosa</i>	13,30	10,99	
						<i>R. mangle</i>	72,96	2,75	
PM1cBE	2.6	7,44	5,80	2,13	21,96	<i>A. schaueriana</i>	5,65	1,17	1,13
						<i>L.racemosa</i>	2,68	30,68	
						<i>R. mangle</i>	43,16	16,65	
PM2aFE	3.300	7,89	5,22	2,75	16,76	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,04
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	96,36	3,64	
PM2bFE	9.464	5,99	3,43	2,71	26,69	<i>A. schaueriana</i>	14,59	0,00	1
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	85,41	0,00	
PM2cFE	6.327	5,81	3,49	2,83	16,76	<i>A. schaueriana</i>	5,81	0,00	1,68
						<i>L.racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	94,19	0,00	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² . ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	Morta	
PM2aBE	11.667	3,17	2,45	1,25	11,46	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,45
						<i>L. racemosa</i>	61,35	18,42	
						<i>R. mangle</i>	18,91	1,32	
PM2bBE	14.000	3,11	2,97	1,33	13,69	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,33
						<i>L. racemosa</i>	77,49	22,18	
						<i>R. mangle</i>	0,33	0,00	
PM2cBE	16.000	4,99	3,47	1,20	33,80	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,24
						<i>L. racemosa</i>	91,99	7,29	
						<i>R. mangle</i>	0,72	0,00	
PM3aFE	12.778	4,62	3,60	1,61	21,40	<i>A. schaueriana</i>	31,80	0,00	1,06
						<i>L. racemosa</i>	22,38	0,00	
						<i>R. mangle</i>	45,82	0,00	
PM3bFE	6,667	4,68	4,23	1,33	17,22	<i>A. schaueriana</i>	4,19	0,00	1
						<i>L. racemosa</i>	12,02	11,11	
						<i>R. mangle</i>	50,29	22,39	
PM3cFE	4.444	5,35	3,64	2,07	15,18	<i>A. schaueriana</i>	2,89	1,13	1
						<i>L. racemosa</i>	43,02	8,13	
						<i>R. mangle</i>	19,78	25,07	
PM3aBE	9.388	4,41	2,81	1,47	20,35	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2
						<i>L. racemosa</i>	69,96	29,07	
						<i>R. mangle</i>	0,66	0,32	
PM3bBE	11.224	3,51	3,03	1,29	14,02	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,4
						<i>L. racemosa</i>	74,08	22,40	
						<i>R. mangle</i>	3,52	0,00	
PM3cBE	10.612	5,28	2,87	1,79	26,20	<i>A. schaueriana</i>	16,90	0,00	1,88
						<i>L. racemosa</i>	69,72	11,24	
						<i>R. mangle</i>	2,14	0,00	

Figura 82: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 margem direita (D).

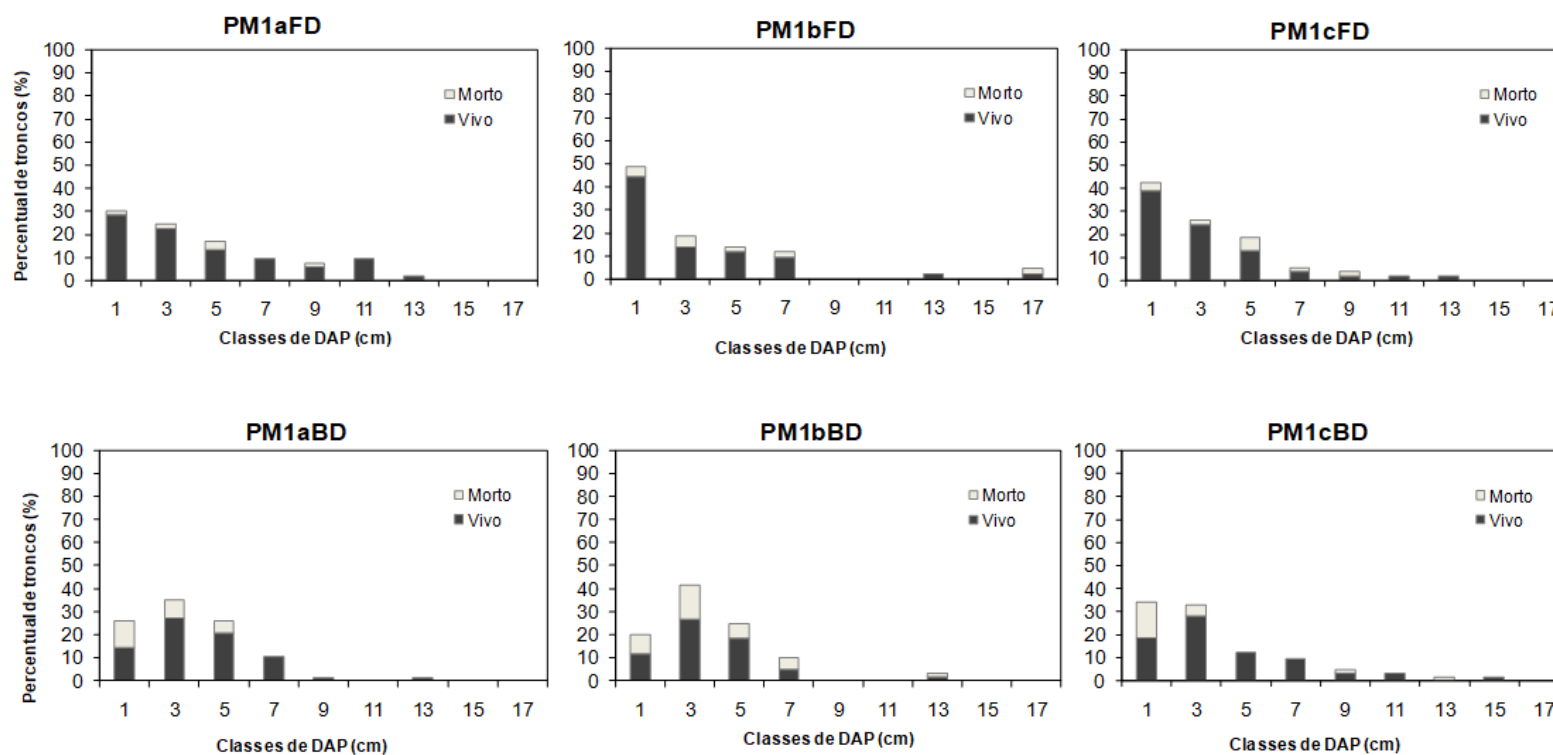


Figura 83: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 margem direita (D).

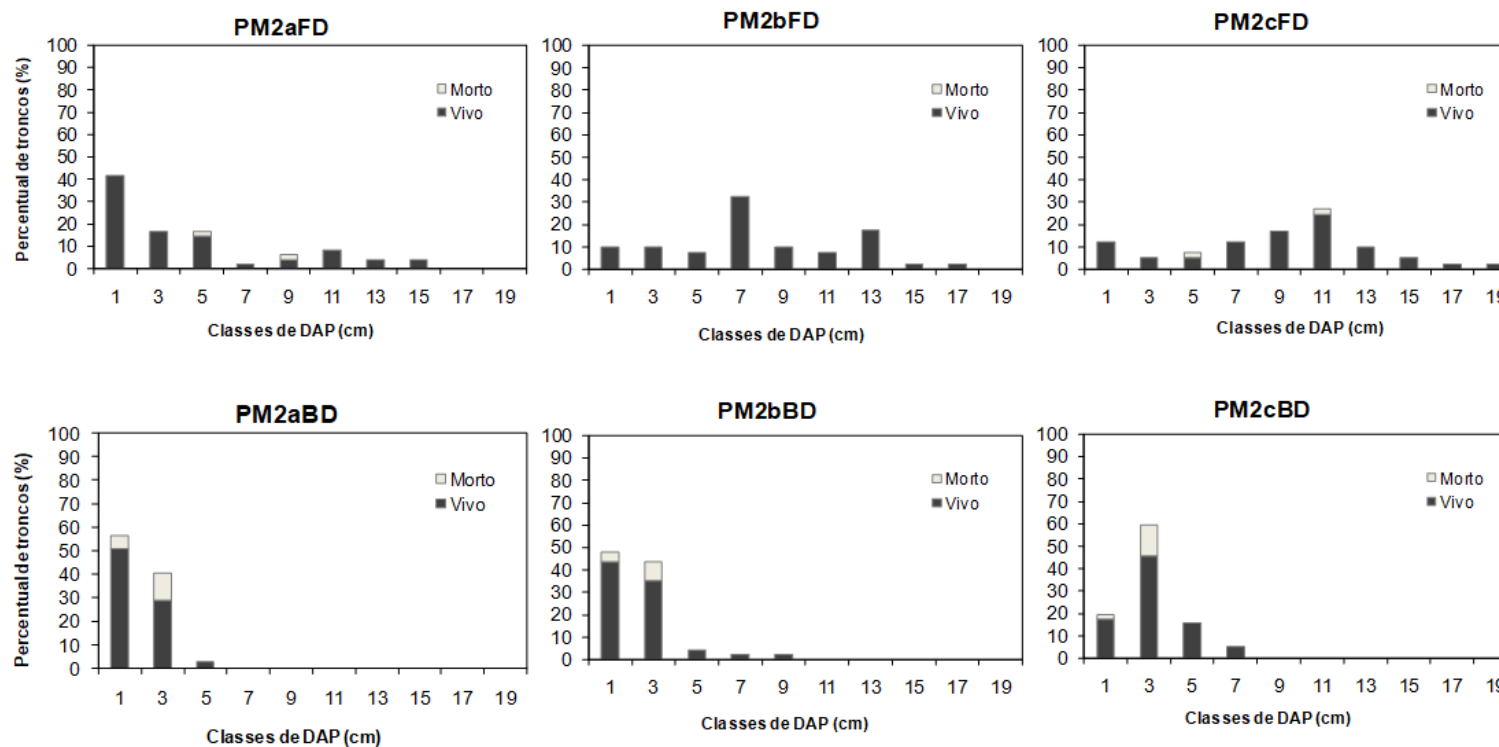


Figura 84: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 margem direita (D).

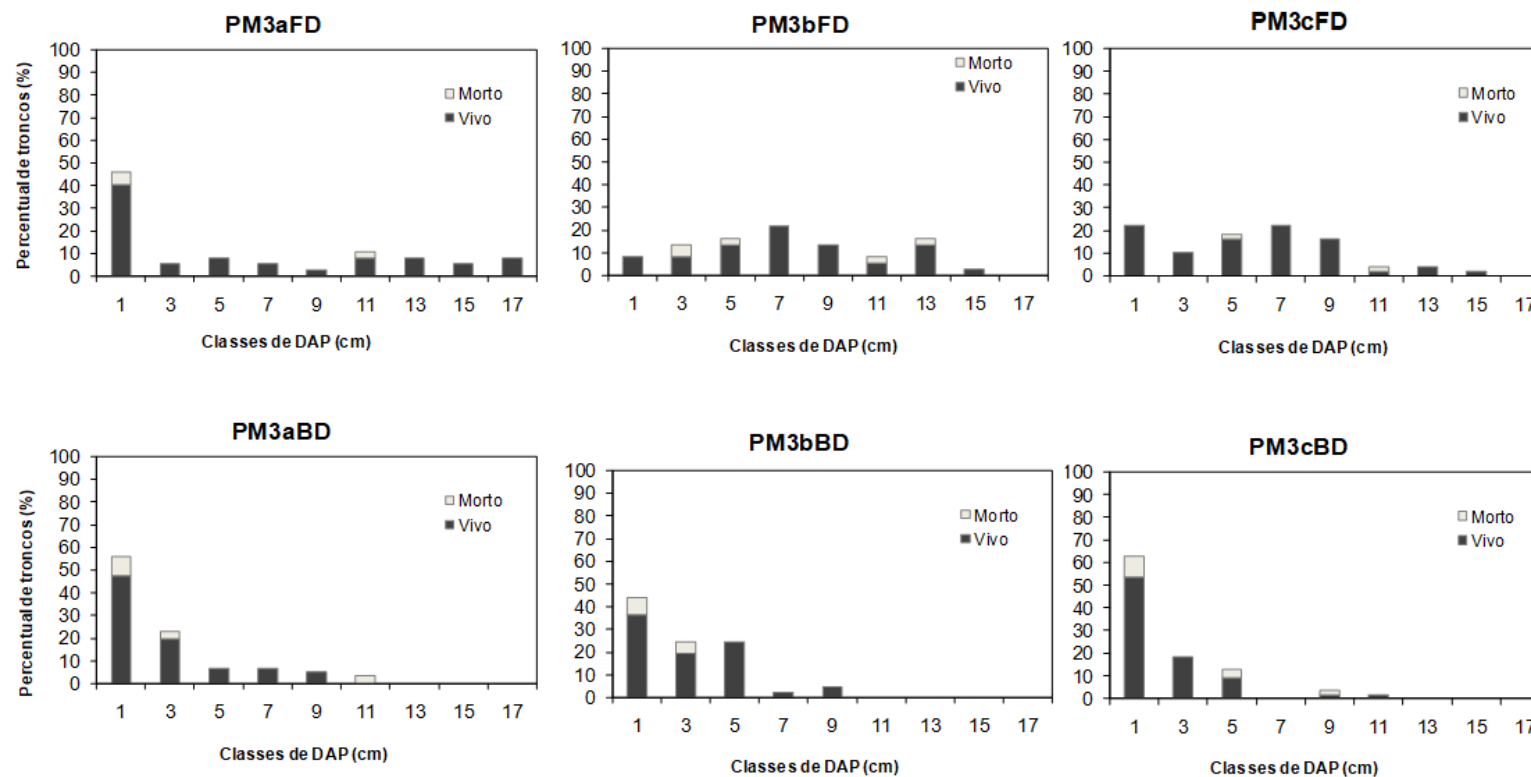


Figura 85: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem esquerda (E).

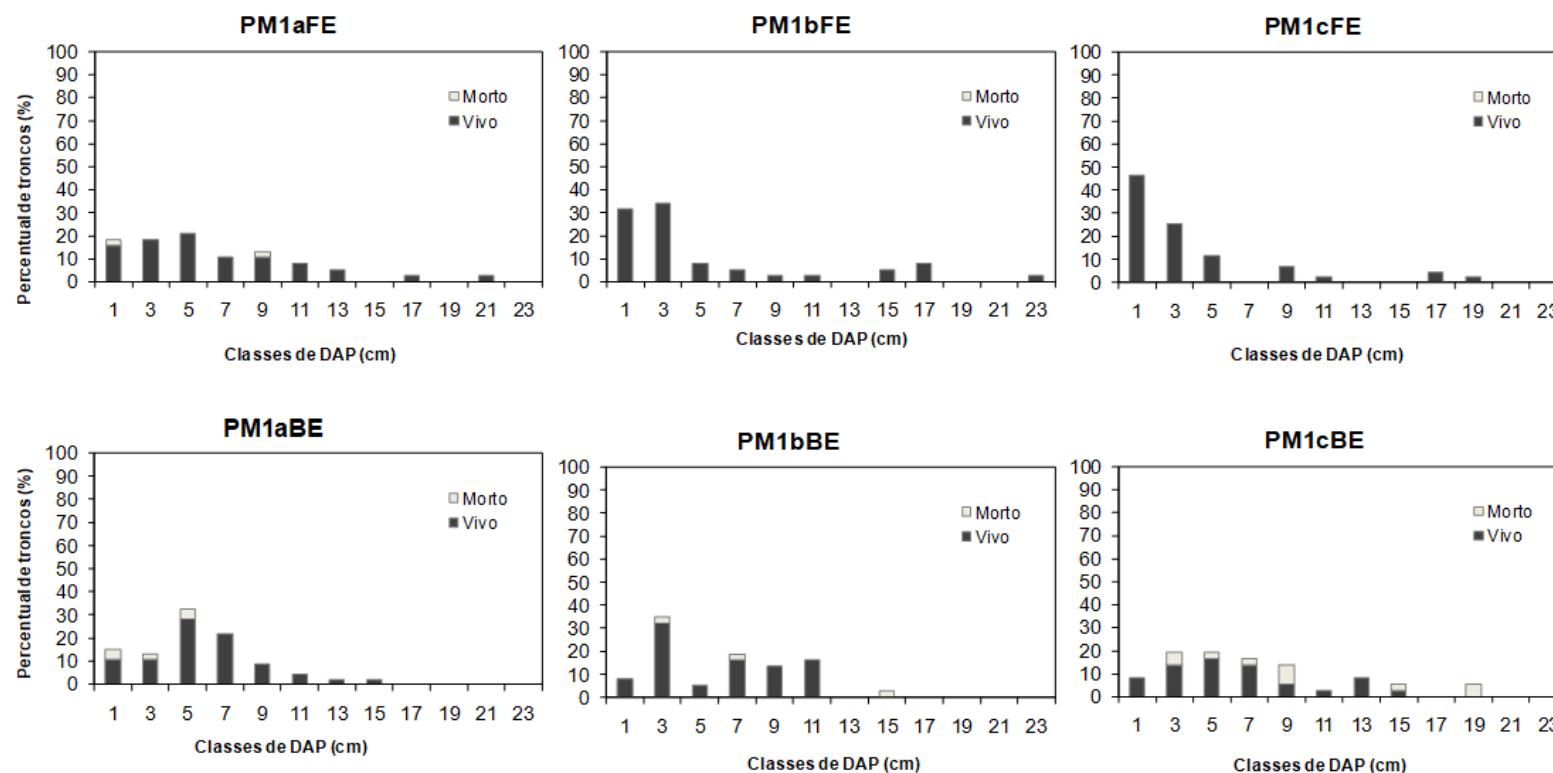


Figura 86: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja e bacia do ponto 2 d margem esquerda.

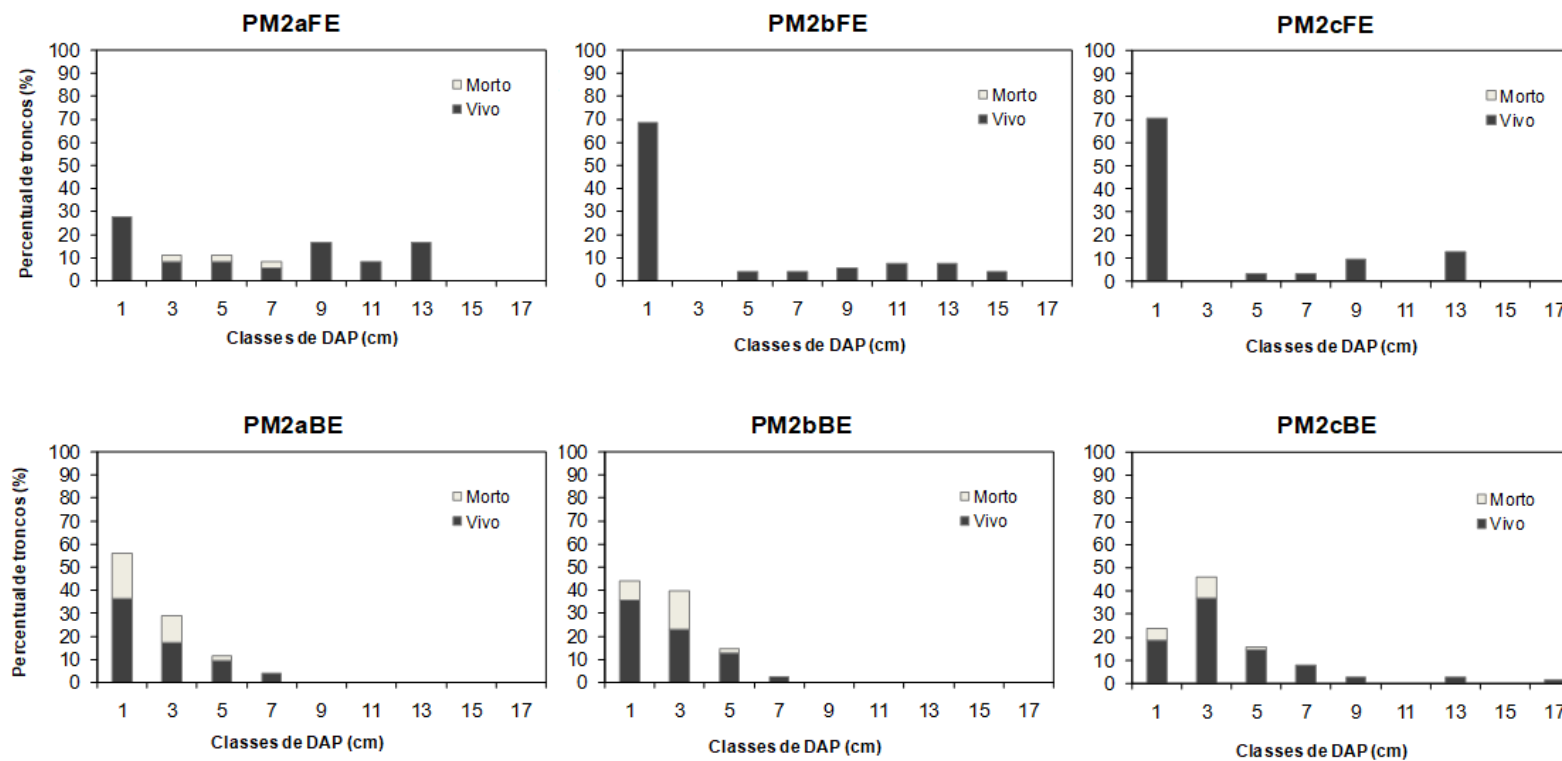
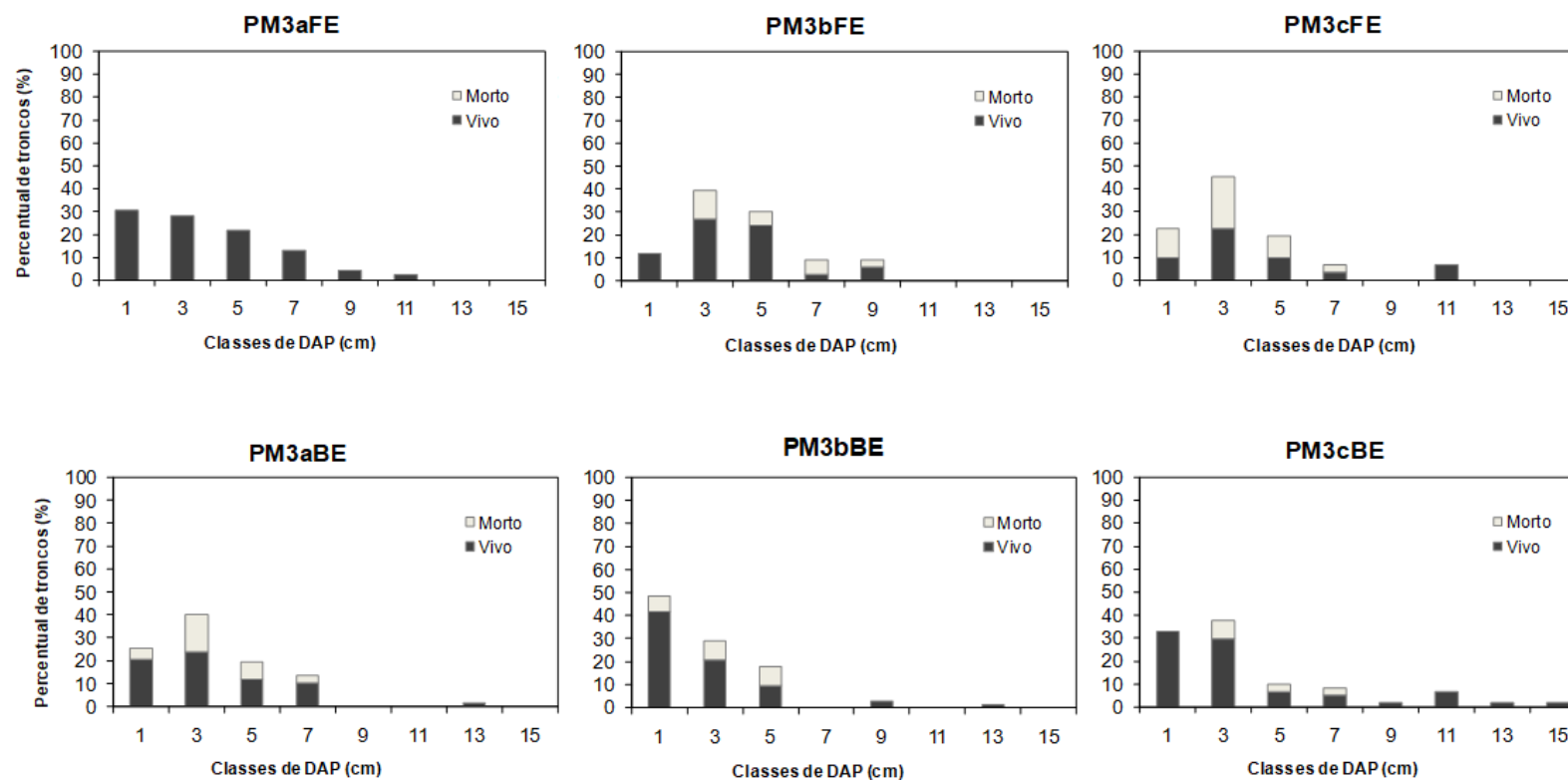


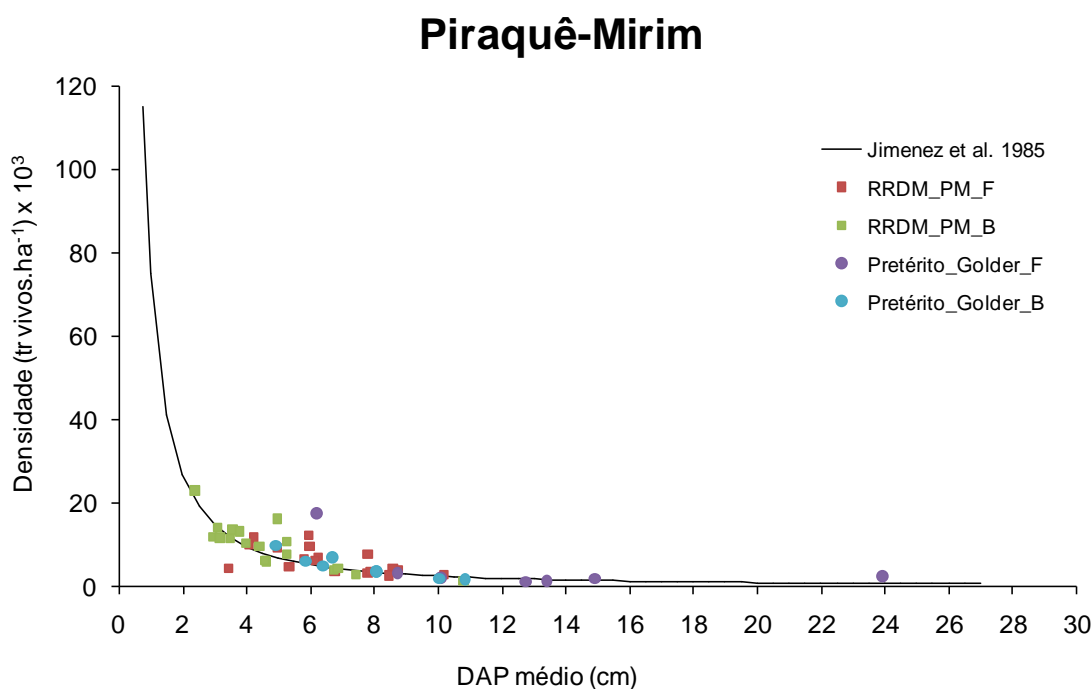
Figura 87: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Piraquê-Mirim (PM), Aracruz, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 margem esquerda (E).



As parcelas de estrutura do rio Piraquê-Mirim do presente estudo juntamente com os dados pretéritos apresentaram distribuição próxima aos valores encontrados para Jimenez *et al.* (1985) para florestas com desenvolvimento saudável (Figura 88).

De acordo com Jimenez *et al.* (1985), a maturidade e a idade da floresta influenciam na densidade dos troncos. Ao passo que o amadurecimento da floresta ocorre o número de indivíduos diminui visto que a competição de espaço e ao desenvolvimento das raízes.

Figura 88: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para o Rio Piraquê – Mirim.



*RRDM_PM_F = Dados deste estudo para os manguezais de franja do Rio Piraquê – Mirim. RRDM_PM_B = Dados deste estudo para os manguezais de Bacia do Rio Piraquê – Mirim. Pretérito_Golder_F = Dados pretéritos disponibilizados pela empresa Golder nos manguezais de Franja do Rio Piraquê – Mirim. Pretérito_Golder_B = Dados pretéritos disponibilizados pela empresa Golder nos manguezais da Bacia do Rio Piraquê – Mirim.

3.4.3 Costa das Algas - RVS

Na Reserva Biológica da Vida Silvestre (RVS) as parcelas foram distribuídas ao longo das franjas dos manguezais lateriríticos e do Rio Guaxindiba, todas as estações da área foram denominadas de Costa das Algas (CA). Nessa localidade não foram encontradas características estruturais para o tipo fisiográfico de bacia.

A área das parcelas variou de 4 a 500 m². Foram identificadas três espécies típicas de mangue: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. Destas, *A. schaueriana* foi a espécie dominante nos manguezais lateriríticos (CA1aF, CA1bF e CA1cF – Costa das Algas, ponto 1,

réplica a, b e c, franja), já nas margens do Rio Guaxindiba a espécie dominante foi *L. racemosa* (CA2F e CA3F – Costa das Algas, ponto 2 e 3, franja). Porém, somente a CA2F (Costa das Algas, ponto 2, franja) apresentou bosques monoespecíficos de *L. racemosa* (Tabela 15).

De modo geral, a densidade de troncos vivos oscilou de 444 a 65.000 tr.vivos.ha⁻¹, o DAP e altura média variaram de 2,74 a 14,21 cm, e 2,34 a 4,98 m respectivamente. Já, a área basal oscilou de 1,88 a 40,59 m².ha⁻¹.

Estes parâmetros indicaram que os manguezais lateríticos possuem um maior desenvolvimento estrutural, com valores mais elevados de DAP médio (7,13 a 14,21 cm) e altura média (3,99 a 4,98 m) e menores valores de densidade (444 a 1.320 tr.vivos.ha⁻¹) e área basal (1,88 a 21,85 m².ha⁻¹) em relação aos bosques de mangue do Rio Guaxindiba (Tabela 15).

As árvores de mangue lateríticos (

Figura 89) possuem estrutura mais ramificada (

Figura 89) com relação troncos/indivíduos oscilando entre 2,26 e 2,63 (Tabela 15).

Já a contribuição de troncos mortos é, de forma geral, baixa em todas as estações. A CA1bF (Costa das Algas, ponto 1, réplica b, franja) foi a estação com valor maior que 15%, porém a análise da curva de distribuição diamétrica dessa estação (Figura 90) revela uma floresta com características de auto-manutenção, com recrutamento de jovens nas classes de menor diâmetro e concentração de mortos em classes intermediárias de diâmetro, que pode sugerir um processo de desbaste natural relacionado ao amadurecimento da floresta sobreposto a processo de recrutamento de novos jovens. Por outro lado, na estação CA2F (Costa das Algas, ponto 2, franja) não foram observados indivíduos mortos.

Tabela 15: Parâmetros estruturais das florestas de mangue na Reserva Biológica da Vida Silvestre/ Costa das Algas Aracruz, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
CA1aF	444	7,13	3,99	1,58	1,88	<i>A. schaueriana</i>	62,28	4,63	2,63
						<i>L.racemosa</i>	31,83	1,27	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
CA1bF	1.100	11,79	4,98	1,89	15,29	<i>A. schaueriana</i>	75,49	21,19	2,48
						<i>L.racemosa</i>	3,01	0,31	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
CA1cF	1.320	14,21	4,01	1,71	21,85	<i>A. schaueriana</i>	88,41	0,41	2,26
						<i>L.racemosa</i>	7,38	3,81	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
CA2F	14,800	3,15	2,34	0,64	11,53	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,09
						<i>L.racemosa</i>	100,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
CA3F	65.000	2,74	3,95	2,19	40,59	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,00
						<i>L.racemosa</i>	91,38	4,70	
						<i>R. mangle</i>	3,23	0,70	

Figura 89: Estações de franja em Costa das Algas. A) Manguezais lateríticos com dominância de *A. schaueriana*. B) Manguezais no Rio Guaxindiba com dominância de *L. racemosa*.

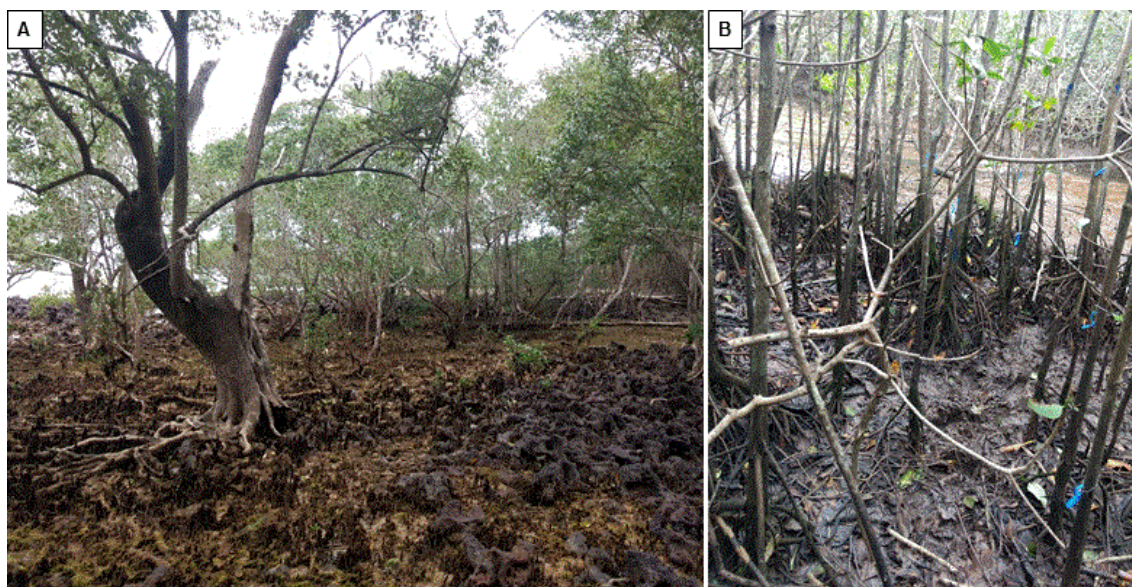
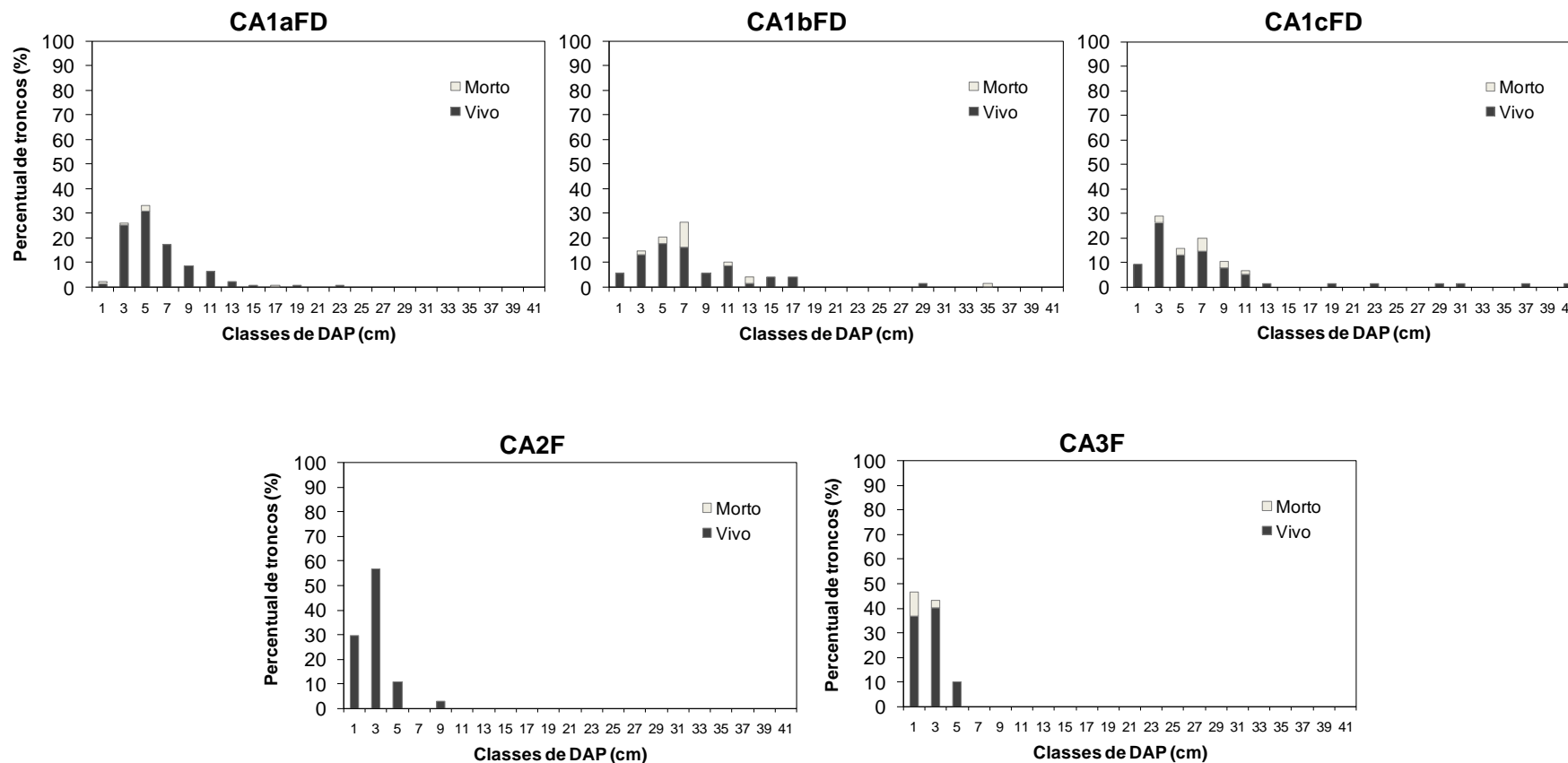
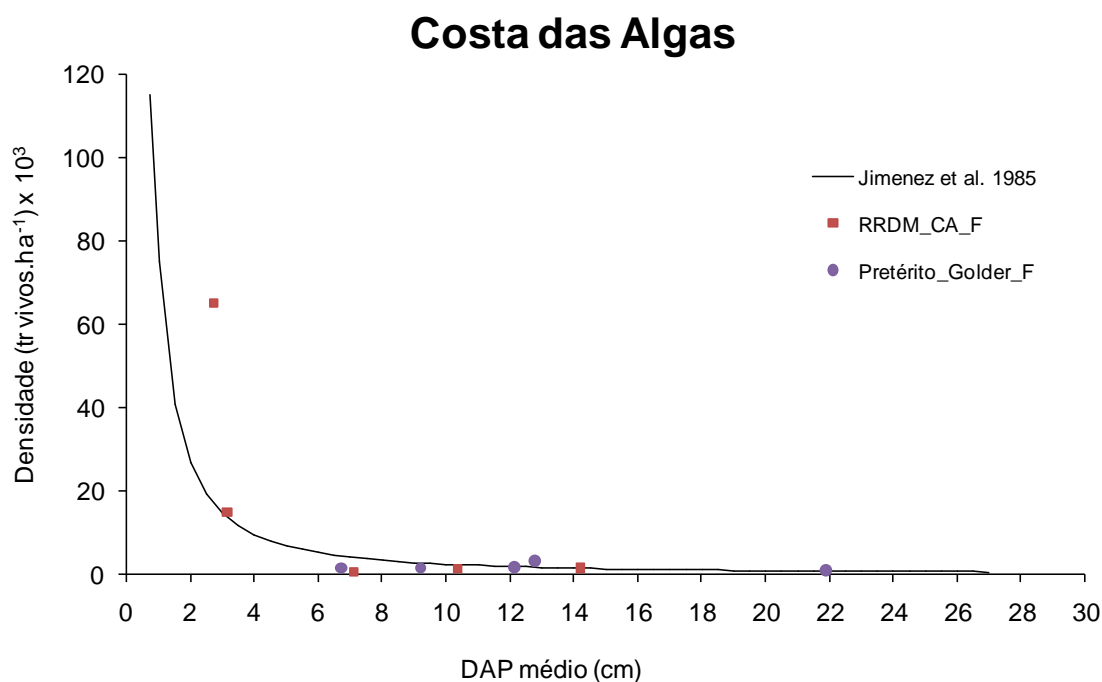


Figura 90: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações da Costa das Algas (CA), Aracruz, do tipofisiográfico de franja (F) do ponto 1, 2 e 3.



Os manguezais de Costa das Algas representam um padrão típico de mortalidade natural associada ao amadurecimento do bosque. Ao relacionar os dados deste estudo com os dados pretéritos e com o modelo da curva de Jimenez et al (1985) (Figura 90) nota-se, que ocorre uma maior densidade de mortos nas classes inferiores de DAP, devido ao progressivo desenvolvimento do bosque e consequente eliminação dos indivíduos menos desenvolvidos, pelos mais desenvolvidos, levando a uma queda da densidade e aumento da área basal de árvores mais desenvolvidas.

Figura 91: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Costa das Algas.



*RRDM_CA_F = Dados deste estudo para os manguezais de franja de Costa das Algas. Pretérito_Golder_F = Dados pretéritos disponibilizados pela empresa Golder nos manguezais de Franja de Costa das Algas.

3.4.4 Barra do Riacho

As florestas de mangue que compõe o manguezal do rio Riacho em Barra do Riacho (BR) se apresentam como uma estreita faixa ao longo das margens, não havendo distinção entre franja e bacia. Sendo assim, foram estabelecidas 9 parcelas apenas nas franjas com áreas variando de 24 a 66m².

Foram identificadas duas espécies de mangue, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. Entretanto, *L. racemosa* é a espécie dominante em todas as estações e formou bosque monoespecífico na BR2bFD (Barra do Riacho, ponto 2, réplica b, franja, margem direita).

Observa-se na Tabela 16, que a densidade de troncos variou de 5.333 a 17.500 tr.vivos.ha⁻¹, a altura média de 3,74 a 6,18 m e o DAP médio de 4,38 a 7,23 cm. A área basal apresentou valores entre 16,02 e 39,25 m².ha⁻¹.

As parcelas do ponto de estudo BR1 (Barra do Riacho, ponto 1) estão localizadas próximas a foz do rio Riacho e apresentaram maior desenvolvimento estrutural (Tabela 16) representado pelos maiores valores de DAP médio (5,24 a 7,23 cm) e altura média (4,99 a 6,18), e os menores valores de densidade (5,333 a 7,333 tr.vivos.ha⁻¹) e área basal (16,02 à 22,37 m².ha⁻¹). Em contrapartida, as parcelas do ponto 3 (BR3FD – Barra do Riacho, ponto 3, franja, margem direita), mais distantes da foz, apresentam menor desenvolvimento estrutural.

Ao longo das parcelas do ponto de estudo 2 (BR2FD – Barra do Riacho, ponto 2, franja, margem direita) foi possível observar manchas avermelhadas nos troncos das árvores, no sedimento e nos bancos de plântulas (Figura 92). Esta estação, por sua vez, apresentou a maior contribuição em área basal morta, com valores de 14,49% a 28,27%. Além disso, as árvores de mangue dessa estação apresentaram estruturas mais ramificadas que as demais, com a relação tronco/indivíduos variando de 1,87 a 2,34. Todavia, a análise das curvas de distribuição diamétrica da estação (Figura 93 e Figura 94) não demonstra nenhuma anormalidade evidente. A parcela BR2cFD (Barra do Riacho, ponto 2, réplica c, franja, margem direita) apresenta distribuição do tipo “j” invertido, com contribuição de jovens sendo recrutados. A parcela BR2aFD (Barra do Riacho, ponto 2, réplica a, franja, margem direita) também apresenta contribuição de recrutamento de jovens, sendo a alta contribuição de mortos basicamente associada a classes intermediárias de dap.

Tabela 16: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Barra do Riacho Aracruz, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
BR1aFD	7333	5,24	6,03	2,24	16,02	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,15
						<i>L. racemosa</i>	70,88	1,02	
						<i>R. mangle</i>	28,01	0,08	
BR1bFD	4667	6,53	6,24	2,60	16,70	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,14
						<i>L. racemosa</i>	77,81	5,89	
						<i>R. mangle</i>	15,68	0,61	
BR1cFD	5333	7,23	4,99	3,09	22,37	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,14
						<i>L. racemosa</i>	81,31	2,08	
						<i>R. mangle</i>	16,60	0,00	
BR2aFD	8636	4,84	4,32	1,43	22,13	<i>A. schaueriana</i>	1,63	0,00	1,87
						<i>L. racemosa</i>	68,38	28,27	
						<i>R. mangle</i>	1,71	0,00	
BR2bFD	10606	6,07	5,32	1,25	35,91	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,34
						<i>L. racemosa</i>	85,51	14,49	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BR2cFD	8788	5,58	3,74	1,66	26,66	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,03
						<i>L. racemosa</i>	79,28	19,44	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m².ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
BR3aFD	17500	4,45	4,68	2,24	29,49	R. mangle	1,28	0,00	1,18
						A. schaueriana	0,00	0,00	
						L. racemosa	90,81	7,91	
						R. mangle	1,28	0,00	
BR3bFD	14583	4,38	4,52	2,66	23,04	A. schaueriana	0,00	0,00	1,08
						L. racemosa	90,97	4,46	
						R. mangle	3,07	0,00	
						A. schaueriana	0,00	0,00	
BR3cFD	13333	6,12	4,09	2,88	39,25	A. schaueriana	0,00	0,00	1,11
						L. racemosa	99,20	0,00	
						R. mangle	0,80	0,00	
						A. schaueriana	0,00	0,00	

Figura 92: Indivíduo de *L. racemosa* com as raízes e parte do tronco cobertos por sedimento avermelhado.



Figura 93: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações da Barra do Riacho (BR), Aracruz, do tipo fisiográfico de franja (F) dos pontos 1 e 2 da margem direita (D).

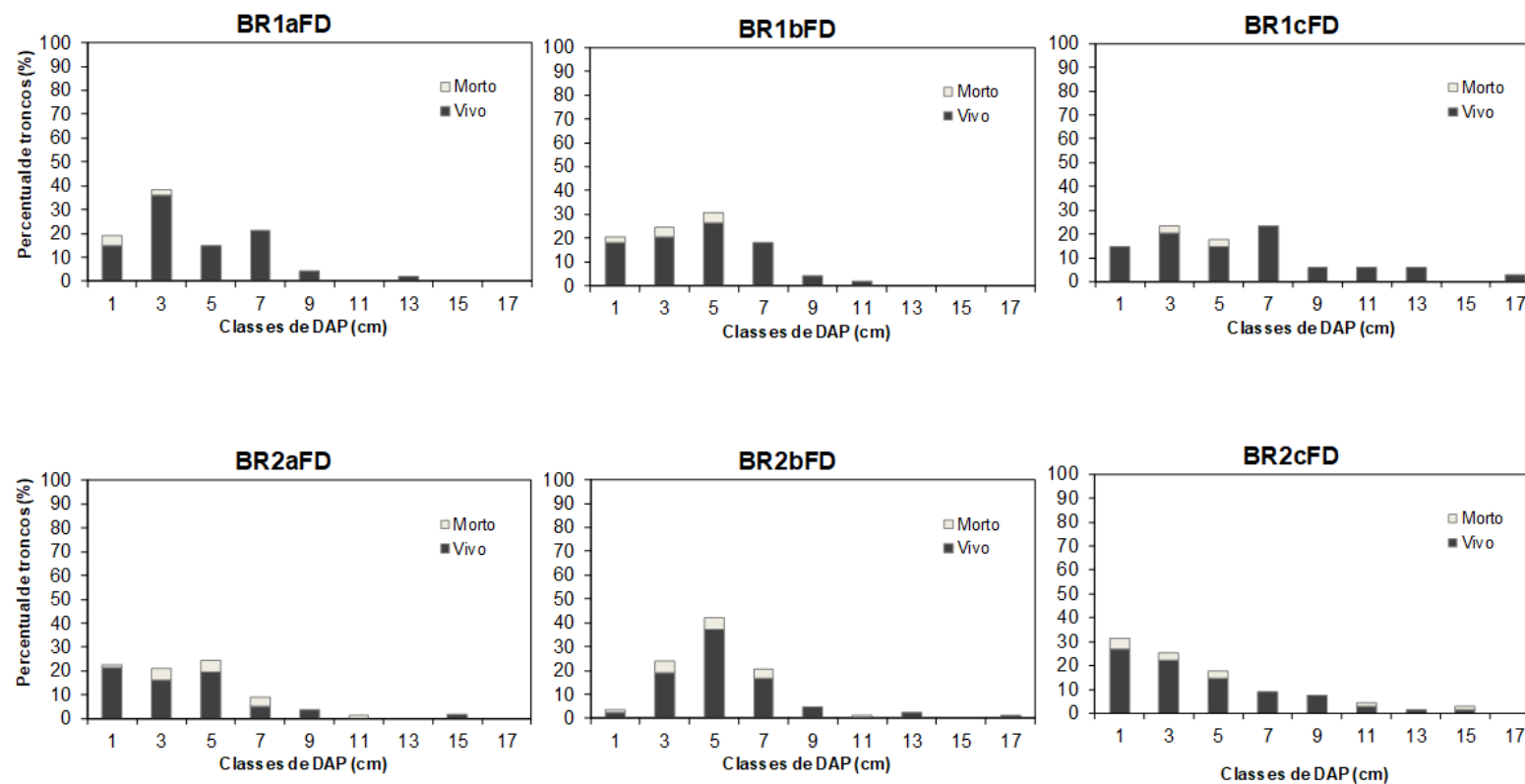
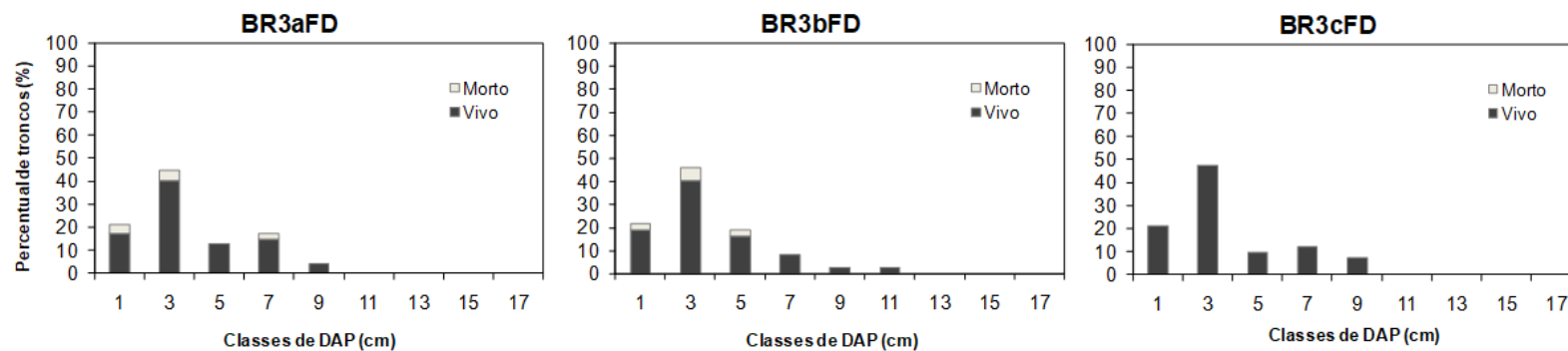
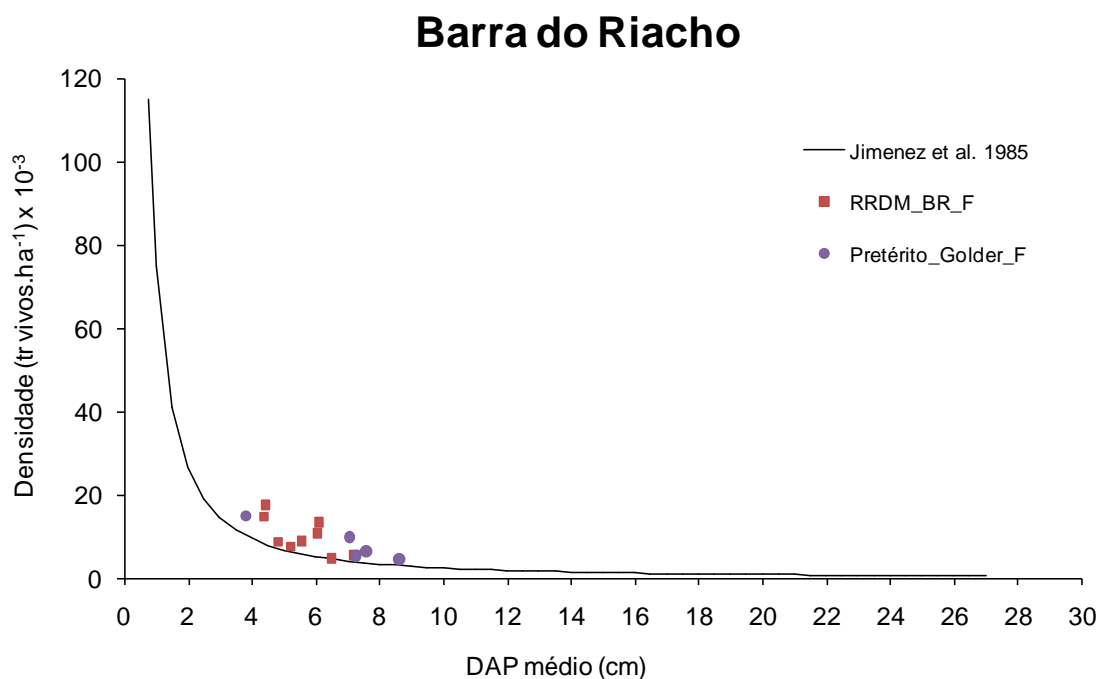


Figura 94: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações da Barra do Riacho (BR), Aracruz, do tipo fisiográfico de franja (F) do ponto 3 da margem direita (D).



Ao analisar os dados deste estudo e os dados pretéritos associados à curva proposta por Jimenez et al (1985) nota-se uma tendência de florestas relativamente homogêneas em termos de classes de DAP e densidade (Figura 95).

Figura 95: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Barra do Riacho.



*RRDM_BR_F = Dados deste estudo para os manguezais de franja de Barra do Riacho. Pretérito_Golder_F = Dados pretéritos disponibilizados pela empresa Golder nos manguezais de Franja de Barra do Riacho.

3.4.5 Rio Doce

O Rio Doce (RD) não possui manguezais associados à sua foz devido à alta hidrodinâmica local, o que impossibilita o estabelecimento de propágulos. Além disso, a baixa salinidade da área faz com que as espécies de mangue percam em competição por espaço para as glicófitas e/ou halófitas facultativas.

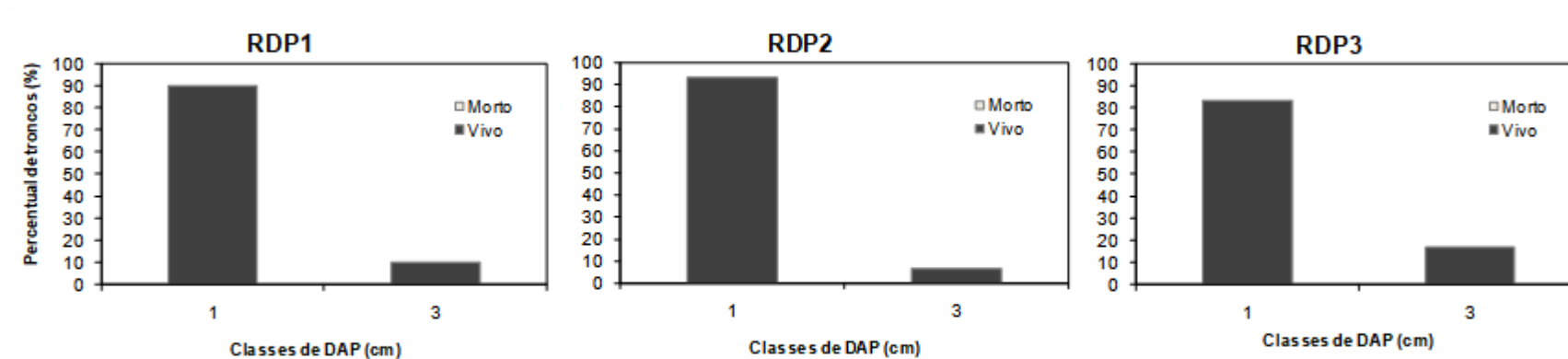
Os parâmetros estruturais para a foz do rio doce foram avaliados em *Talipariti pernambucense*. As áreas destas estações oscilaram de 6 a 10,50 m². Desta forma, a maior densidade encontrada foi no ponto RDP1 (Rio Doce, ponto 1) com 50.000 tr.ind.ha⁻¹. A altura média variou entre 1,40 a 1,59 e o DAP médio de 1,46 a 1,74 cm (Tabela 17). Todos os indivíduos analisados estavam vivos, portanto, não ocorreu contribuição em área basal de indivíduos mortos.

A distribuição diamétrica apresentou apenas 2 classes inferiores de DAP, o que dificultou a análise para a caracterização da dinâmica local (Figura 96)

Tabela 17: Parâmetros estruturais da vegetação halófito (*T. pernambucense*) na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.

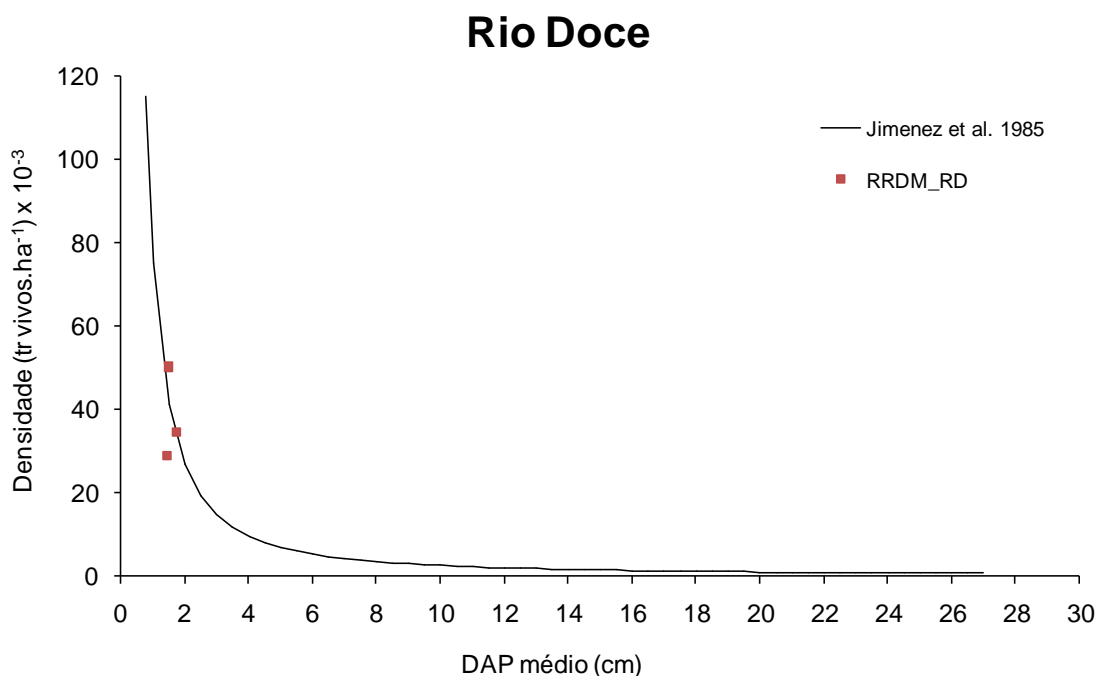
Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Contribuição em área basal (%)		
			Média	Desvio padrão (±)	Espécie	Viva	Morta
1	50.000	1,49	1,40	0,43	<i>Talipariti pernambucense</i>	100,00	0,00
RDP2	28.571	1,46	1,58	0,40	<i>Talipariti pernambucense</i>	100,00	0,00
RDP3	34.286	1,74	1,59	0,44	<i>Talipariti pernambucense</i>	100,00	0,00

Figura 96: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) da espécie *Talipariti pernambucense* por classes de Dap (cm) para as estações (Pontos 1, 2 e 3) da foz do Rio Doce (RD).



Embora não sejam indivíduos de mangue que compõem as parcelas do Rio Doce, nota-se que os indivíduos apresentam os valores de DAP nas primeiras classes (Figura 97), resultando em florestas homogêneas.

Figura 97: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Rio Doce.



*RRDM_RD = Dados deste estudo para os indivíduos de *Talipariti pernambucense* nas parcelas da localidade de Rio Doce.

3.4.6 Urussuquara

No estuário do rio Ipiranga em Urussuquara (Barra Seca) foram estabelecidas 11 parcelas distribuídas da seguinte maneira: 3 parcelas de franja na margem direita, e, na margem esquerda foram 6 parcelas de franja e 2 de bacia. A área estabelecida para cada parcela variou de 25 a 59,50 m².

Foram identificadas 3 espécies de mangue *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans*. A espécie *L. racemosa* é mais abundante, presente em todas as estações, e domina em área basal em 90% das estações.

De modo geral, a densidade de troncos variou de 4.091 a 10.156 tr.vivos.ha⁻¹, a altura média de 3,23 a 7,67 m e o DAP médio de 3,02 a 10,21 cm. A área basal apresentou valores entre 17,27 e 68,17 m².ha⁻¹. As estações do ponto de estudo UR3BE (Urussuquara, ponto 3, bacia, esquerda) apresentaram o menor desenvolvimento estrutural, com bosques recém colonizados dominados por *L. racemosa* (Tabela 18).

Ao analisar por tipo fisiográfico, nota-se que as franjas são mais desenvolvidas estruturalmente em todas estações. Deste modo, as franjas apresentam os menores valores de densidade (4.901 a 10.156 tr.vivos.ha⁻¹), e o maior DAP e altura média (10,21 cm e 7,67 m, respectivamente) em relação à bacia.

Em Urussuquara, as árvores de mangue possuem baixa relação troncos/indivíduos (1,27 e 3,00). Quando analisado a contribuição de troncos mortos, a bacia obteve a maior porcentagem de 36,68% na parcela UR3aBE (Urussuquara, ponto 3, réplica a, bacia, margem esquerda), seguida da estação de franja UR3aFE (Urussuquara, ponto 3, réplica a, franja, margem esquerda) com 26,56%. Na estação UR1bFE (Urussuquara, ponto 1, réplica b, franja, esquerda) não foi detectado indivíduos mortos (Tabela 18).

A análise das curvas diamétricas (Figura 98 e Figura 99) das três parcelas que apresentaram contribuição de mortos acima de 15% revela que a estação UR1bFE (Urussuquara, ponto 1, réplica b, franja, margem esquerda) apresenta grande contribuição de mortos nas classes inferiores e intermediárias de dap, apresentando todavia, importante contribuição de indivíduos vivos na classe inferior de dap, o que representa o recrutamento de jovens para essa floresta. A parcela UR3aFE (Urussuquara, ponto 3, réplica a, franja, margem esquerda) apresenta padrão similar ao descrito acima, todavia apesar de haver uma grande distribuição de mortos nas classes de menor dap, observa-se que há distribuição de mortos por várias classes de dap. Esse padrão não pode ser tido como o mesmo padrão descrito por Soares et al. (2003) de mortalidade em massa, mas pode refletir um processo de recolonização da floresta após um evento de mortalidade, ou ainda dificuldades no processo de recolonização.

A estação UR3aBE (Urussuquara, ponto 3, réplica a, bacia, margem esquerda) possui seus indivíduos basicamente concentrados nas classes inferiores de dap, não havendo nessas classes uma grande proporção de mortos. A alta contribuição de área basal morta observada nessa estação está associada à contribuição de mortos em uma classe mais alta de dap. Aparentemente essa estação passa por um processo de recolonização/regeneração de clareira, associada à morte de indivíduos de grande porte e o recrutamento de novos jovens.

Tabela 18: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Urussuquara (UR), São Mateus, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
UR1aFE	3182	9,51	5,79	1,86	26,59	<i>A. germinnans</i>	1,00	0,00	2,47
						<i>L. racemosa</i>	84,07	14,93	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
UR1bFE	3273	8,53	6,26	2,42	18,69	<i>A. germinnans</i>	0,00	0,00	2,26
						<i>L. racemosa</i>	99,86	0,00	
						<i>R. mangle</i>	0,14	0,00	
UR1cFE	4545	9,23	5,49	2,46	36,69	<i>A. germinnans</i>	0,00	0,00	3,00

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	viva	morta	
UR2aFD	9244	9,49	6,70	2,89	68,17	<i>L. racemosa</i>	82,79	17,04	2,03
						<i>R. mangle</i>	0,16	0,00	
						<i>A. germinnans</i>	22,83	1,73	
						<i>L. racemosa</i>	73,12	2,32	
UR2bFD	10156	8,50	7,67	3,17	60,27	<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	2,38
						<i>A. germinnans</i>	25,36	3,60	
						<i>L. racemosa</i>	70,30	0,74	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
UR2cFD	4870	9,49	7,02	2,75	35,92	<i>A. germinnans</i>	0,00	0,00	2,38
						<i>L. racemosa</i>	95,97	4,03	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
						<i>A. germinnans</i>	12,22	2,00	
UR3aFE	4091	6,28	5,48	4,12	17,27	<i>L. racemosa</i>	61,22	24,56	2,39
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
						<i>A. germinnans</i>	90,96	0,00	
						<i>L. racemosa</i>	8,89	0,15	
UR3bFE	1000	24,33	5,86	1,58	46,55	<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	2,06
						<i>A. germinnans</i>	2,93	0,00	
						<i>L. racemosa</i>	57,44	36,68	
						<i>R. mangle</i>	2,95	0,00	
UR3cFE	22800	3,02	3,38	1,22	25,75	<i>A. germinnans</i>	30,14	0,00	1,27
						<i>L. racemosa</i>	66,47	3,40	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
						<i>A. germinnans</i>	0,00	0,00	
UR3bBE	27200	4,96	3,23	1,10	54,22	<i>L. racemosa</i>	97,09	2,91	1,35
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
						<i>A. germinnans</i>	0,00	0,00	
						<i>L. racemosa</i>	0,00	0,00	

Figura 98: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Urussuquara (UR) do tipos fisiográfico de franja (F) do ponto 2 da margem direita (D) e do pon to 1 da margem esquerda (E).

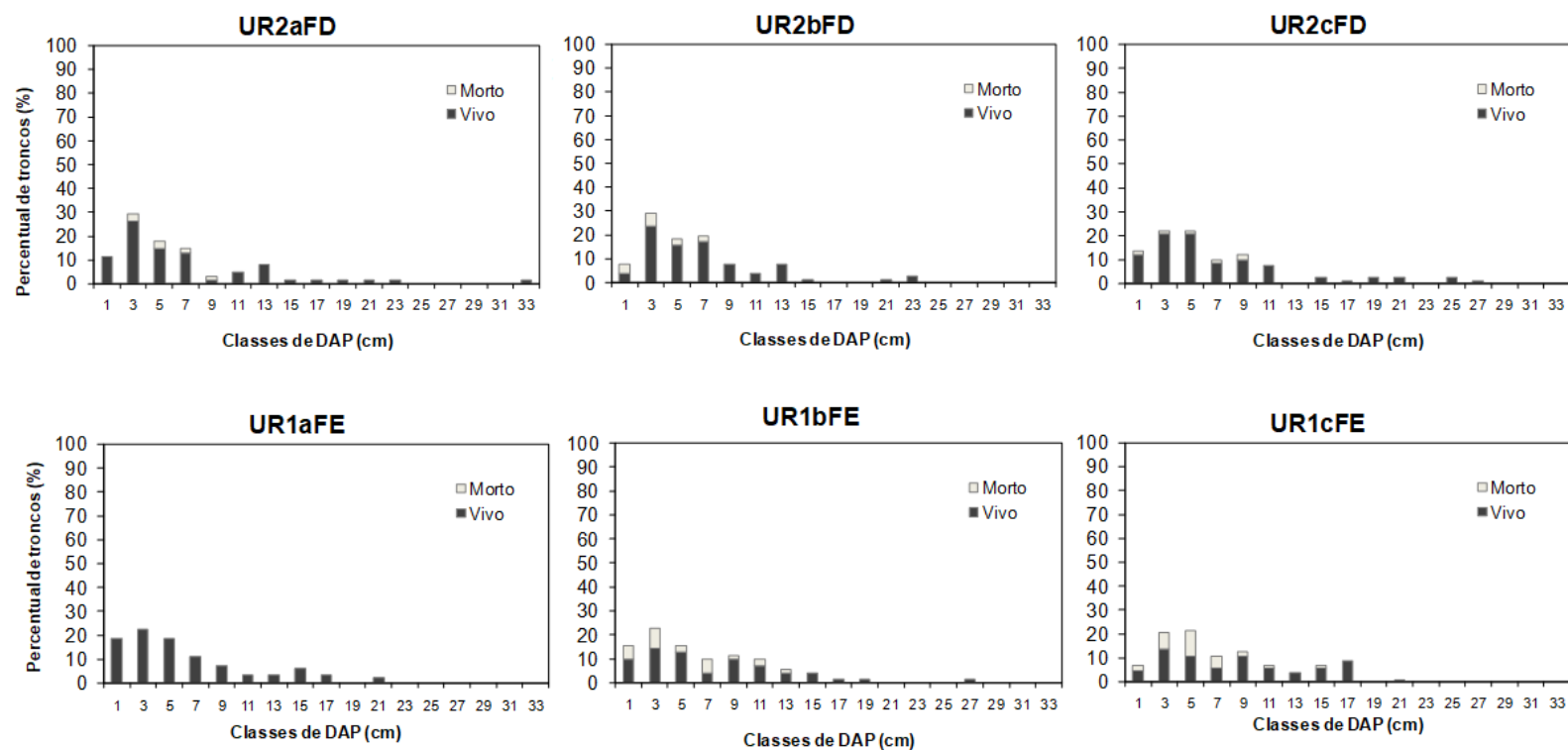
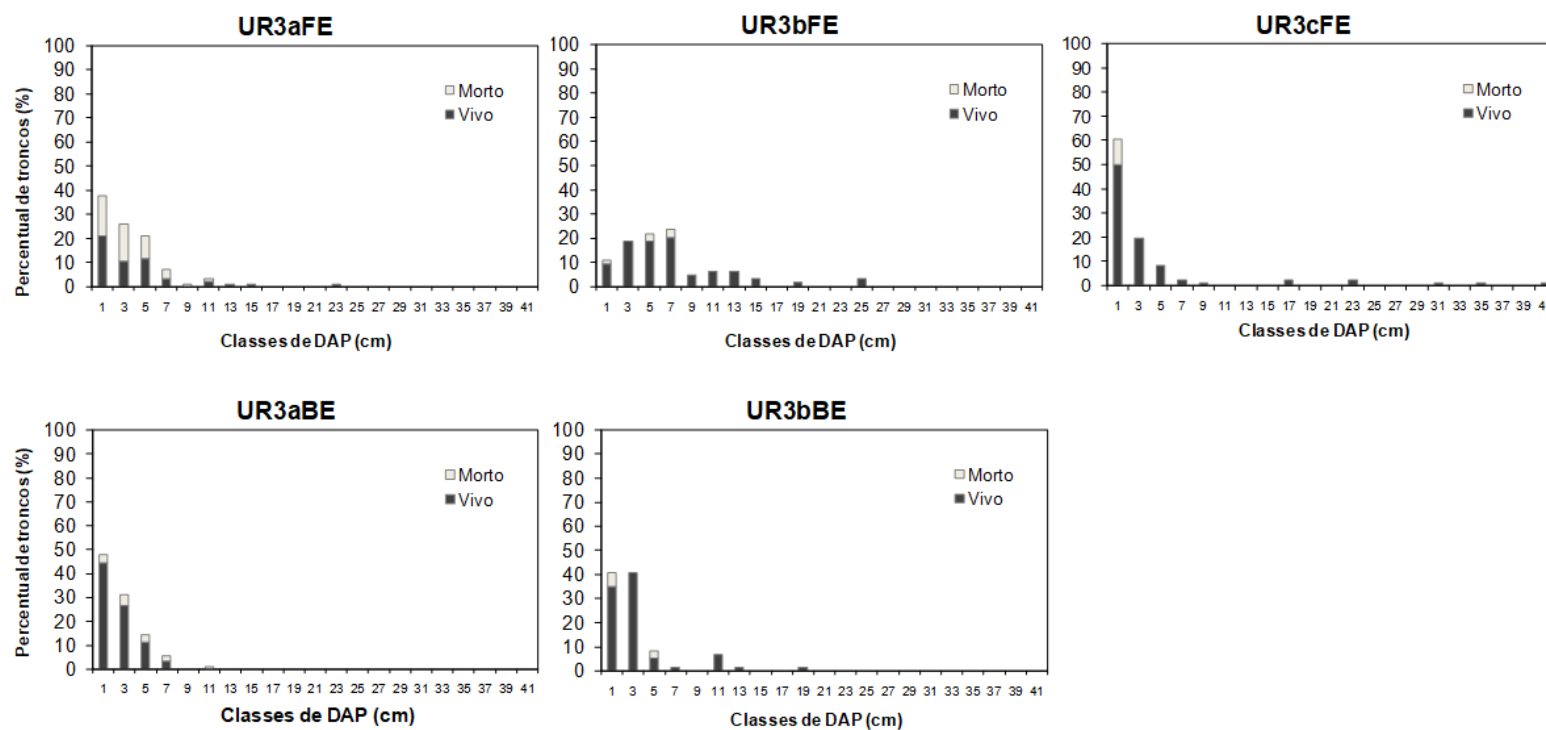
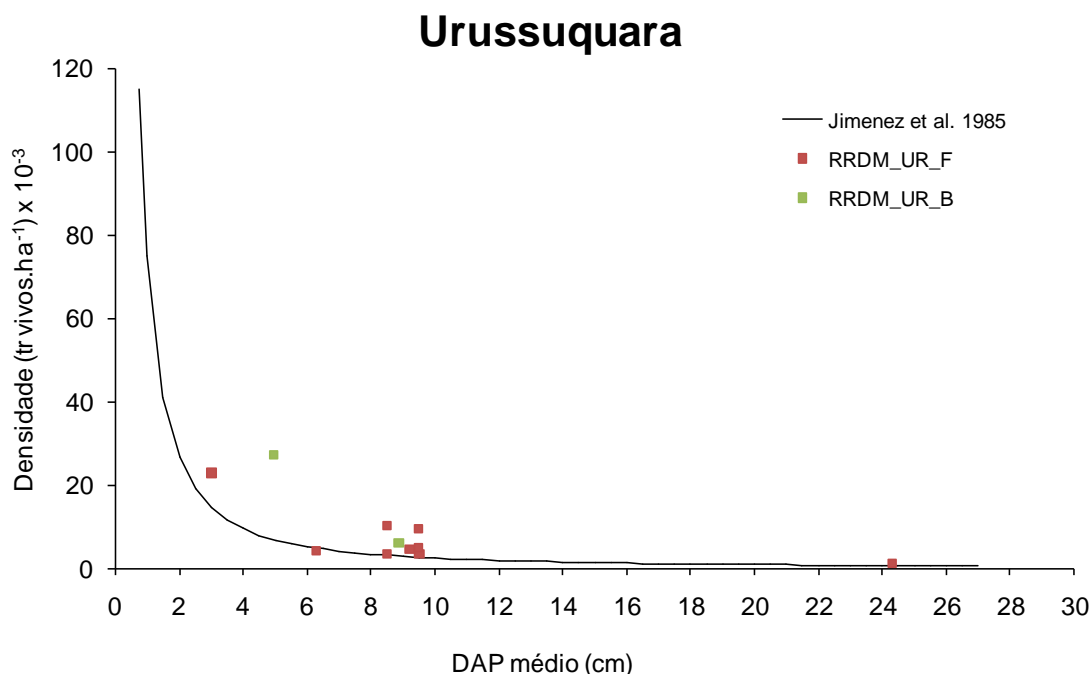


Figura 99: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Urussuquara (UR) dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem esquerda (E).



Quando comparadas a curva de Jimenez et al. (1985), as estações de Urussuquara indicam desenvolvimento estrutural próximo ao esperado para florestas saudáveis (Figura 100).

Figura 100: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Urussuquara.



*RRDM_UR_F = Dados deste estudo para os manguezais de franja de Urussuquara. RRDM_UR_B = Dados deste estudo para os manguezais de Bacia de Urussuquara.

3.4.7 Barra Nova

No estuário do rio Mariricu em Barra Nova (BN), foram estabelecidas 18 parcelas somente na margem direita do rio. Desta forma, foram distribuídas 9 parcelas na franja e 9 na bacia, com tamanhos de 9 a 84 m².

As espécies típicas de mangue identificadas foram *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. *L. racemosa* foi a espécie dominante em 89% das estações, formando bosques monoespecíficos em 3 parcelas de franja e 4 de bacia (Tabela 19). Apenas a estação BN1cFD (Barra Nova, ponto 1, réplica c, franja, margem direita) apresentou bosque monoespecífico de *R. mangle*. Na estação BN3cFD foi observado a ocorrência de *Acrostichum sp.*

A variabilidade estrutural dos manguezais de rio Mariricu é caracterizada pela densidade de troncos vivos entre 900 e 41.111 tr.vivos.ha⁻¹, DAP médio de 3,69 a 19,05 cm, altura média de 1,96 a 6,49 m e a área basal entre 4,99 e 87,47 m².ha⁻¹ (Tabela 19). O maior desenvolvimento estrutural foi observado na BN1FE (Barra Nova, ponto 1, franja, margem esquerda) e o menor na BN3BD (Barra Nova, ponto

3, bacia, margem direita). De maneira geral, os bosques de franja são mais desenvolvidos que os de bacia.

As árvores estudadas apresentaram média de 1,0 a 2,3 troncos por indivíduo. A contribuição em área basal de indivíduos mortos é baixa na maioria das estações, apenas 5 parcelas apresentaram valor maior que 15%. Destas, 3 são na franja e 2 na bacia (Tabela 19). A análise das curvas de distribuição diamétrica (Figura 101 a Figura 103) dessas estações indica que a parcela BN1aBD (Barra Nova, ponto 1, réplica a, bacia, margem direita) apresenta característica de floresta jovem, com indivíduos concentrados nas classes de baixo dap, com recrutamento de novos jovens e mortos concentrados nas classes de maior dap.

O padrão observado para a parcela BN2aFD (Barra Nova, ponto 2, réplica a, franja, margem direita) revela uma floresta com recrutamento de novos jovens e com morte concentrada nas classes inferiores de dap. A parcela BN2cBD (Barra Nova, ponto 2, réplica c, bacia, margem direita) apresenta padrão de floresta saudável em processo de amadurecimento e recrutamento de novos jovens.

A estação BN3aFD (Barra Nova, ponto 3, réplica a, franja, margem direita) apresenta mortos concentrados nas classes intermediárias de DAP e pequena contribuição de indivíduos na classe inferior de DAP esse padrão pode refletir a sobreposição de processos, onde após um momento de ocupação da área por uma ou poucas coortes, ocorreu o desbaste natural (mortos nas classes intermediárias) e mais recentemente ocorre o recrutamento de novos jovens.

Por fim, a estação BN3cFD (Barra Nova, ponto 3, réplica c, franja, margem direita), com distribuição normal, alta contribuição de mortos nas classes inferiores e intermediárias de DAP e ausência de jovens na classe inferior de DAP (ausência de novos recrutamentos) apresenta padrão similar ao da estação BN3aFD, sem, contudo, estar submetida ao recrutamento de novos indivíduos.

Tabela 19: Parâmetros estruturais das florestas de mangue de Barra Nova.

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	morta	
BN1aFD	900	16,14			18,92	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,23
						<i>L. racemosa</i>	6,36	0,00	
						<i>R. mangle</i>	90,92	2,72	
BN1bFD	1000	16,66			23,04	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,27
						<i>L. racemosa</i>	0,00	2,88	
						<i>R. mangle</i>	94,65	2,46	
BN1cFD	925	19,05			27,19	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,19
						<i>L. racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	96,99	3,01	
BN1aBD	3958	3,69	2,15	0,48	5,78	<i>A. schaueriana</i>	20,77	0,00	2,20
						<i>L. racemosa</i>	52,63	26,60	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	morta	
BN1bBD	4267	3,86	1,99	0,46	5,17	<i>A. schaueriana</i>	41,79	3,21	2,30
						<i>L. racemosa</i>	53,01	0,00	
						<i>R. mangle</i>	1,77	0,23	
BN1cBD	3000	4,41	1,96	0,25	4,99	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,69
						<i>L. racemosa</i>	91,77	8,23	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN2aFD	10000	5,68	4,51	2,76	31,28	<i>A. schaueriana</i>	7,78	0,00	1,07
						<i>L. racemosa</i>	60,54	18,68	
						<i>R. mangle</i>	12,63	0,36	
BN2bFD	11600	5,75	5,07	2,45	32,28	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,06
						<i>L. racemosa</i>	41,04	6,04	
						<i>R. mangle</i>	52,31	0,61	
BN2cFD	12800	5,42	6,49	1,64	33,80	<i>A. schaueriana</i>	4,22	0,00	1,10
						<i>L. racemosa</i>	64,08	2,32	
						<i>R. mangle</i>	19,13	10,25	
BN2aBD	4524	4,76	2,39	0,75	8,80	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,40
						<i>L. racemosa</i>	82,01	8,45	
						<i>R. mangle</i>	7,68	0,00	
BN2bBD	8929	4,26	2,68	0,85	14,06	<i>A. schaueriana</i>	4,25	0,00	1,44
						<i>L. racemosa</i>	86,35	9,41	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN2cBD	10595	3,96	2,57	0,83	15,67	<i>A. schaueriana</i>	1,60	0,00	1,46
						<i>L. racemosa</i>	81,63	16,77	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3aFD	10000	8,70	5,96	2,96	75,72	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,09
						<i>L. racemosa</i>	78,56	17,29	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3bFD	10800	8,62	5,35	3,16	71,97	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,07
						<i>L. racemosa</i>	87,60	12,40	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3cFD	5600	9,89	4,33	2,90	64,95	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,00
						<i>L. racemosa</i>	66,24	33,76	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3aBD	41111	5,12	3,93	1,77	87,47	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,05
						<i>L. racemosa</i>	96,79	3,21	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3bBD	28889	4,67	3,66	2,51	57,18	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,16
						<i>L. racemosa</i>	86,58	13,42	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
BN3cBD	30000	3,77	3,76	1,92	36,46	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,03

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	morta	
						<i>L. racemosa</i>	91,74	8,26	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	

Figura 101: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Barra Nova (BN), São Mateus, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem direita (D).

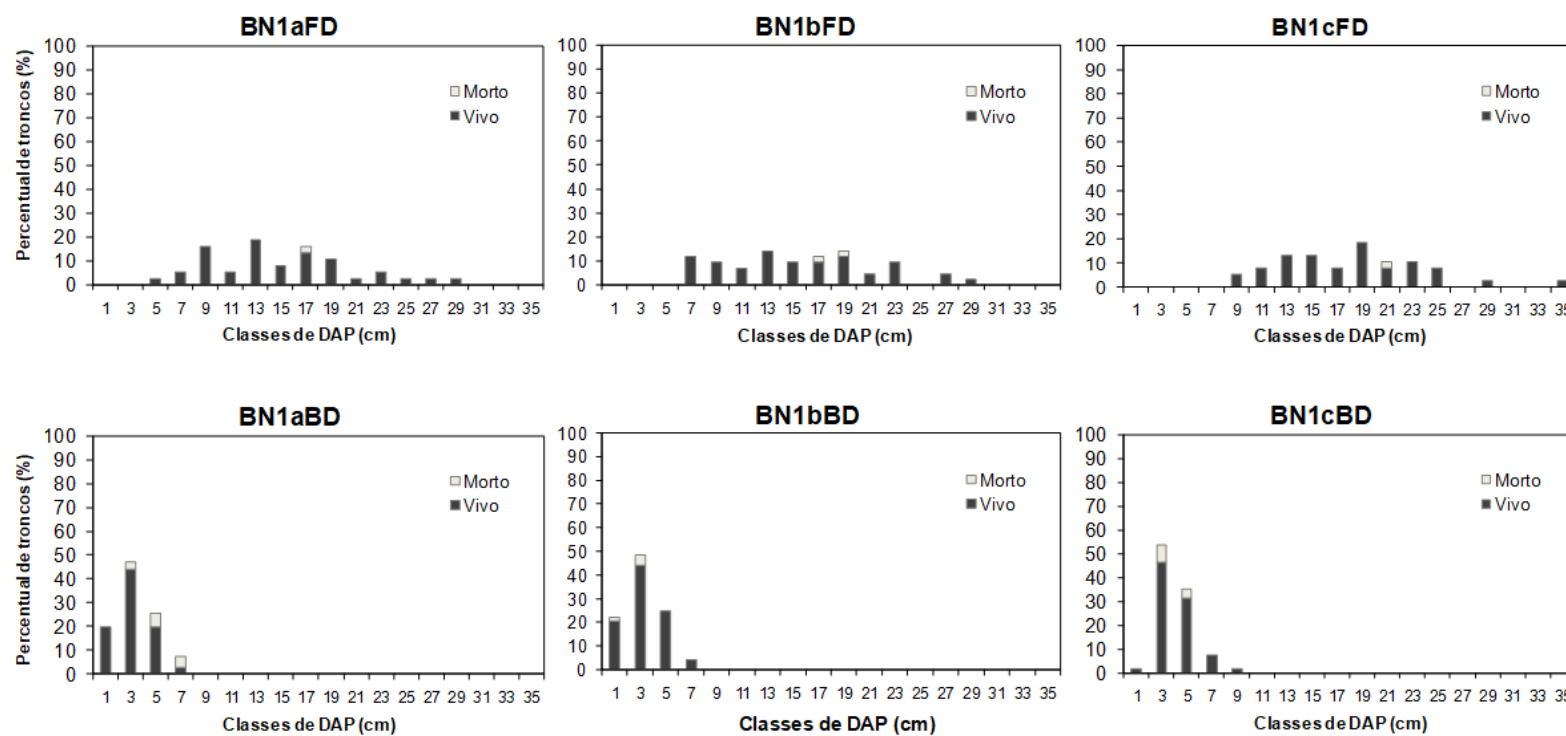


Figura 102: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Barra Nova (BN), São Mateus, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem direita (D).

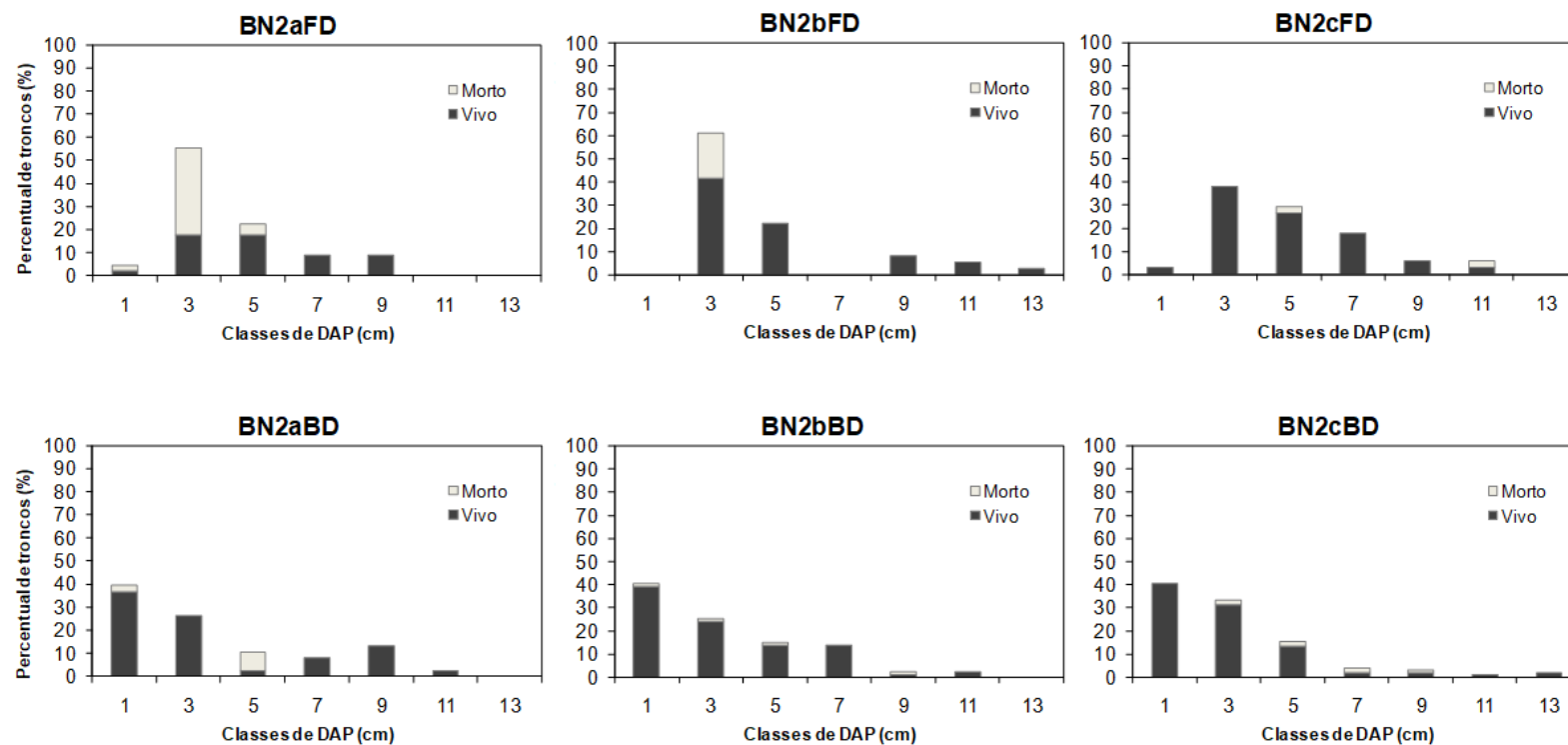
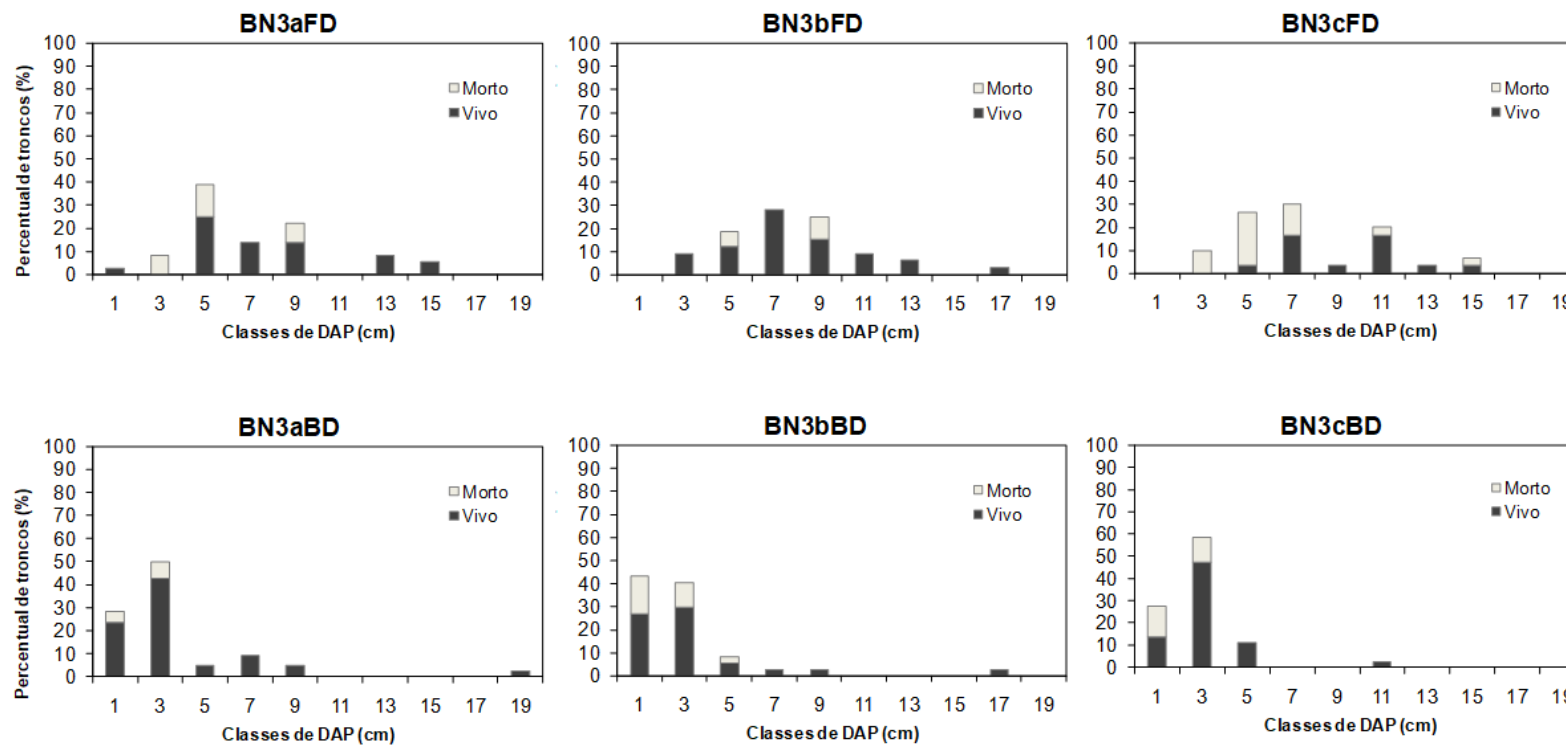
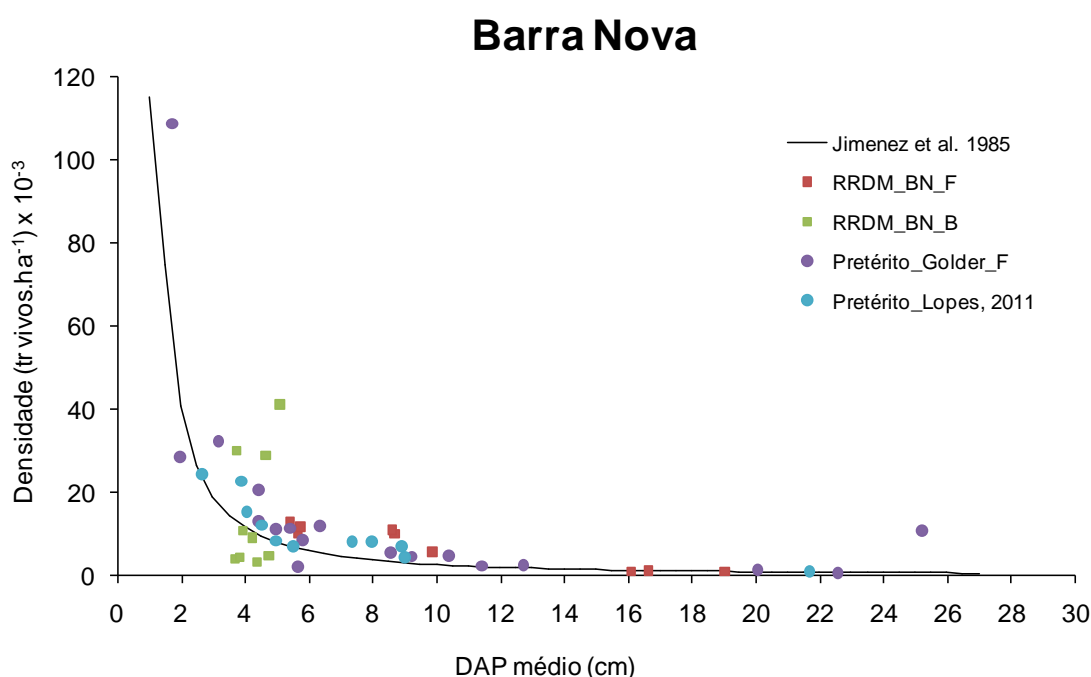


Figura 103: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Barra Nova (BN), São Mateus, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem direita (D).



Ao analisar a Figura 104 observa-se os dados deste estudo do tipo fisiográfico da Bacia é representado por valores que se se distanciam da curva proposta por Jimenez et al (1985). Podendo indicar, assim como no caso dos manguezais do Rio Piraquê – Açu algum tipo de alteração natural ou antrópica no desenvolvimento da floresta. Ainda, Cavalcanti et al (2009), propõem que quando a densidade dos troncos é muito menor que a esperada para uma determinada classe de DAP, é possível que os espaços disponíveis não estejam preenchidos por espécies de mangue, indicando que estas áreas possam estar alteradas.

Figura 104: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Barra Nova.



*RRDM_BN_F = Dados deste estudo para os manguezais de franja de Barra Nova. RRDM_BN_B = Dados deste estudo para os manguezais de Bacia de Barra Nova. Pretérito_Golder_F = Dados pretéritos disponibilizados pela empresa Golder nos manguezais de Franja de Barra Nova. Pretérito_Lopes, 2011 = Dados pretéritos de literatura.

3.4.8 São Mateus

No estuário do rio São Mateus (SM) foram instaladas 20 parcelas fixas com tamanhos entre 9 e 400 m², as quais foram divididas em: 8 na margem direita (4 parcelas de franja e 4 de bacia) e 12 na margem esquerda (5 de franja e 7 de bacia).

Foram identificadas 4 espécies de mangue: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Avicennia germinans* (Tabela 20).

A espécie *R. mangle* foi dominante nas estações de franja da margem direita do rio. Entretanto, a margem esquerda foi dominada por *L. racemosa*. Já nas bacias das margens direita e esquerda do rio, *L. racemosa* foi dominante, apresentando bosques monoespecíficos em 3 parcelas.

A estação SM3BE (São Mateus, ponto 3, bacia, margem esquerda) foi a única em que ocorreu a presença de *A. germinans*, esta espécie foi dominante e representou 41,66% dos indivíduos vivos, seguida de *L. racemosa* com 34,01%.

De modo geral, a densidade de indivíduos variou de 853 a 50.000 tr.vivos.ha⁻¹, o DAP e altura média oscilaram de 3,28 a 17,63 cm e 2,88 a 14,19 m respectivamente (Tabela 20). A área basal variou de 13,62 a 66,82 m².ha⁻¹. A relação tronco/indivíduo foi, de maneira geral, baixa, a única estação que apresentou média maior que 2 foi a SM3BD (São Mateus, ponto 3, bacia, margem direita), com 2,47.

O tipo fisiográfico da franja apresentou maior desenvolvimento estrutural quando comparado com a bacia, com exceção da SM2BD (São Mateus, ponto 2, bacia, margem direita) em ambas as margens.

Em relação à contribuição em área basal por indivíduos mortos, na franja a maior porcentagem foi 28,35%. Na bacia, 4 parcelas obtiveram mais de 15% de sua área basal morta, pode-se destacar a SM2bBE (São Mateus, ponto 2, réplica b, bacia, margem esquerda) com 50,15% (Tabela 20). A análise da curva diamétrica dessas estações demonstra que praticamente todas as estações possuem distribuição do tipo “j” invertido, em diferentes estágios de amadurecimento e com recrutamento de jovens, porém com distribuição dos mortos variável (Figura 105a Figura 109). A estação SM2aFE possui mortos concentrados nas classes inferiores e intermediárias de dap. Com esse mesmo padrão encontra-se a estação SM2aBE (São Mateus, ponto 2, réplica a, bacia, margem esquerda), porém nessa estação a totalidade dos indivíduos das classes inferiores de dap encontra-se morta, podendo representar uma dificuldade para o recrutamento de novos jovens. Já a estação SM1aBD apresenta mortos concentrados nas classes intermediárias de dap. Outras estações (SM2cFE, SM2bBE e SM2cBE) possuem mortos concentrados nas classes de dap intermediários e altos. Por fim a estação SM2bFE apresenta mortos concentrados nas classes superiores de dap.

Tabela 20: parâmetros estruturais dos bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, obtidos no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	morta	
SM1aFD	2089	12,09	8,69	2,90	24,16	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,55
						<i>L. racemosa</i>	0,00	0,00	
						<i>R. mangle</i>	99,21	0,79	
SM1bFD	1563	10,82	5,92	1,69	15,84	<i>A. schaueriana</i>	0,16	1,24	1,45
						<i>L. racemosa</i>	26,15	5,31	
						<i>R. mangle</i>	64,35	2,79	
SM1cFD	1778	13,99	8,47	2,82	29,08	<i>A. schaueriana</i>	1,13	0,00	1,34
						<i>L. racemosa</i>	4,54	0,00	
						<i>R. mangle</i>	88,24	6,09	
SM1aBD	8889	4,20	2,88	1,79	19,10	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,45
						<i>L. racemosa</i>	62,51	35,64	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m².ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	morta	
						<i>R. mangle</i>	1,85	0,00	
SM1bBD	15278	4,54	3,67	1,58	26,40	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,38
						<i>L. racemosa</i>	81,98	6,18	
						<i>R. mangle</i>	11,84	0,00	
SM1cBD	18611	4,53	3,78	2,19	30,73	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2
						<i>L. racemosa</i>	97,40	2,60	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
SM3FD	3111	9,99	5,61	1,94	24,41	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,03
						<i>L. racemosa</i>	99,91	0,09	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
SM3BD	4082	6,51	7,84	1,32	13,62	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	2,47
						<i>L. racemosa</i>	99,64	0,36	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
SM1aFE	1182	15,45	7,41	5,30	22,15	<i>A. schaueriana</i>	10,11	0,00	1,37
						<i>L. racemosa</i>	0,49	0,00	
						<i>R. mangle</i>	89,41	0,00	
SM1bFE	1075	17,63	14,19	3,31	27,63	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,37
						<i>L. racemosa</i>	8,00	2,28	
						<i>R. mangle</i>	86,96	2,76	
SM1aBE	35556	4,64	5,22	1,61	65,92	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,16
						<i>L. racemosa</i>	55,32	6,99	
						<i>R. mangle</i>	35,87	1,81	
SM1bBE	50000	4,01	4,41	1,57	66,82	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,11
						<i>L. racemosa</i>	78,42	5,64	
						<i>R. mangle</i>	15,93	0,00	
SM1cBE	33333	3,28	4,27	1,81	29,74	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,03
						<i>L. racemosa</i>	94,82	5,18	
						<i>R. mangle</i>	0,00	0,00	
SM2aFE	6327	6,45	4,73	2,54	28,82	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,32
						<i>L. racemosa</i>	68,46	28,30	
						<i>R. mangle</i>	3,19	0,05	
SM2bFE	4444	5,56	5,85	3,51	14,46	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,26
						<i>L. racemosa</i>	74,04	25,31	
						<i>R. mangle</i>	0,65	0,00	
SM2cFE	5556	7,67	4,63	2,63	33,41	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,41
						<i>L. racemosa</i>	76,22	23,09	
						<i>R. mangle</i>	0,69	0,00	
SM2aBE	853	13,48	9,05	4,50	16,16	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,7
						<i>L. racemosa</i>	65,06	21,93	
						<i>R. mangle</i>	10,30	2,71	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em área basal (%)			Tronco /Indivíduo
			Média	Desvio padrão (±)		Espécie	Viva	morta	
SM2bBE	2353	6,12	5,46	3,03	13,90	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,58
						<i>L. racemosa</i>	47,21	50,15	
						<i>R. mangle</i>	2,63	0,00	
SM2cBE	2193	9,08	7,96	2,81	18,13	<i>A. schaueriana</i>	0,00	0,00	1,58
						<i>L. racemosa</i>	49,56	21,67	
						<i>R. mangle</i>	28,76	0,00	
SM3BE	4667	7,93	4,12	2,12	24,13	<i>A. schaueriana</i>	41,66	0,00	1,32
						<i>L. racemosa</i>	34,01	3,97	
						<i>R. mangle</i>	19,99	0,38	

Figura 105: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem direita (D).

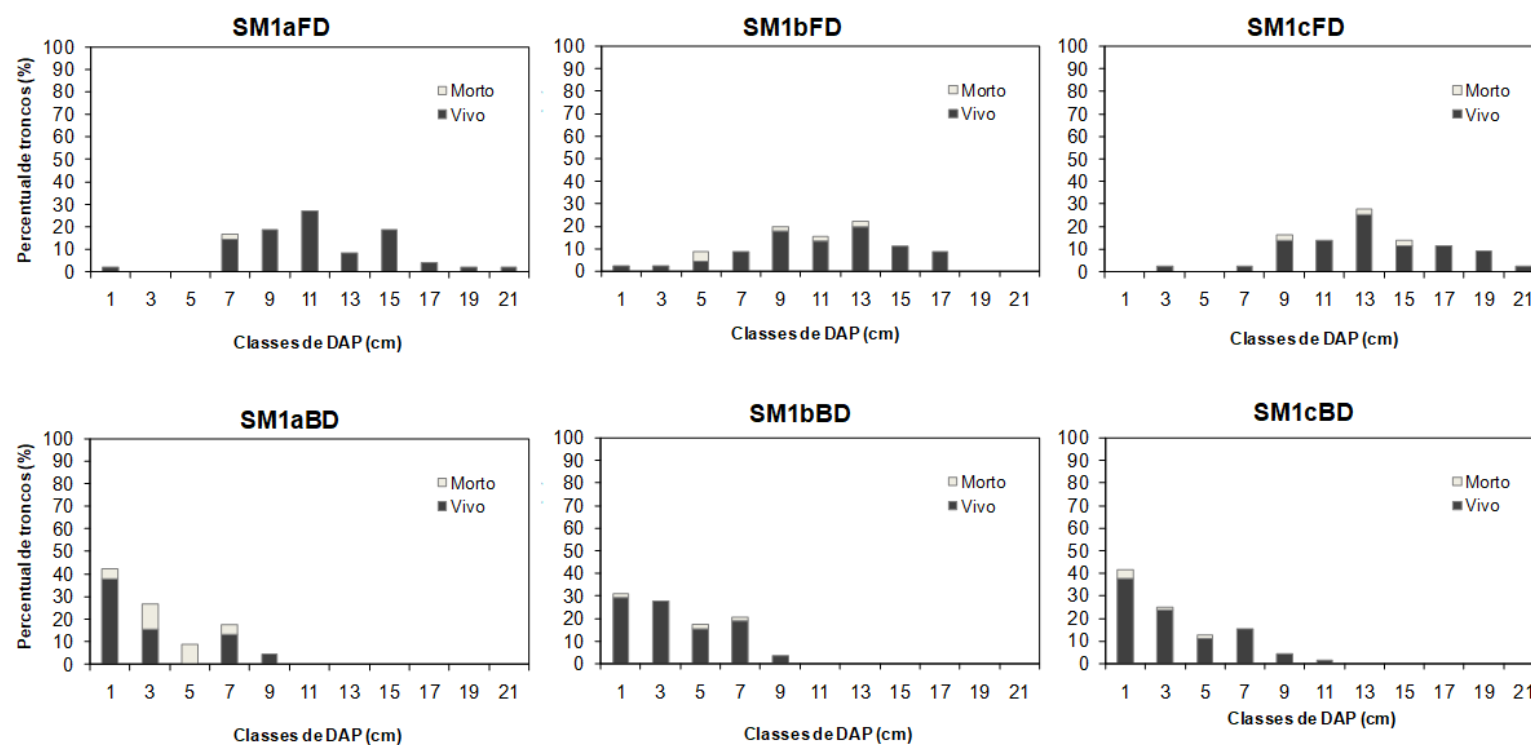


Figura 106: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem direita (D).

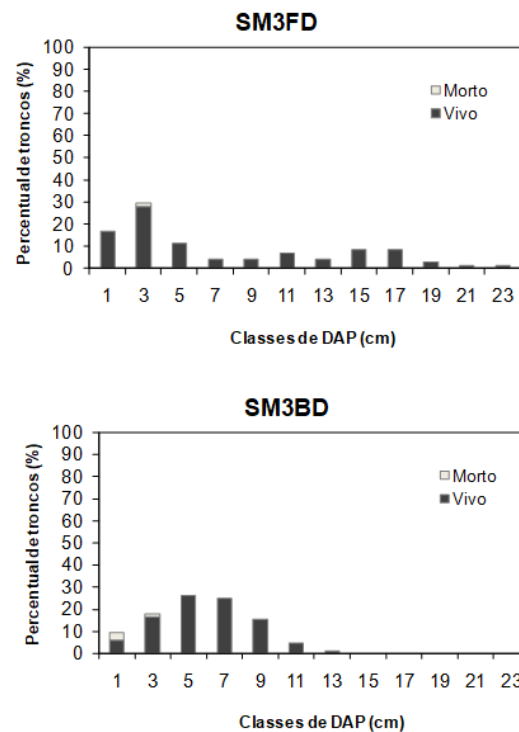


Figura 107: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem esquerda (E).

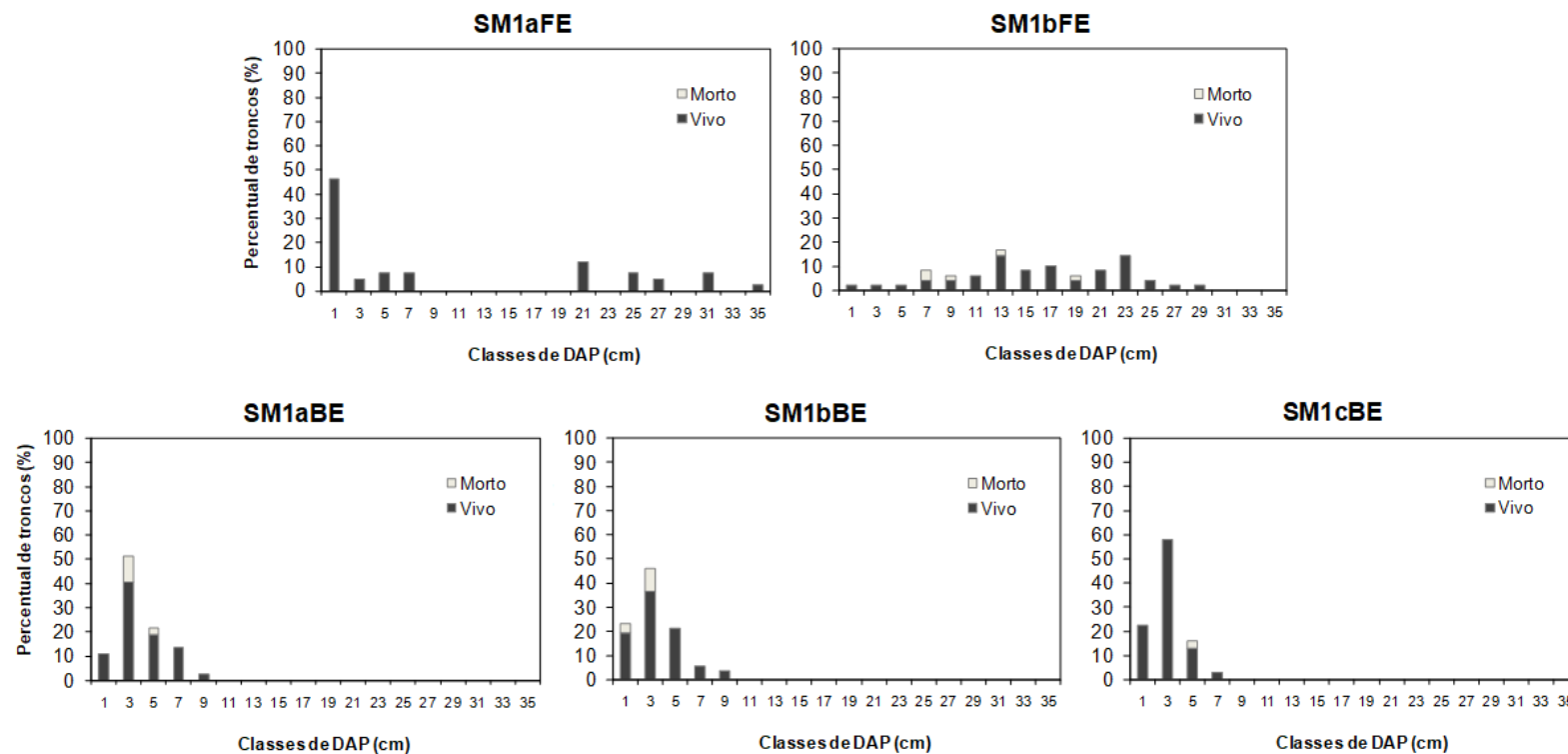


Figura 108: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem esquerda (E).

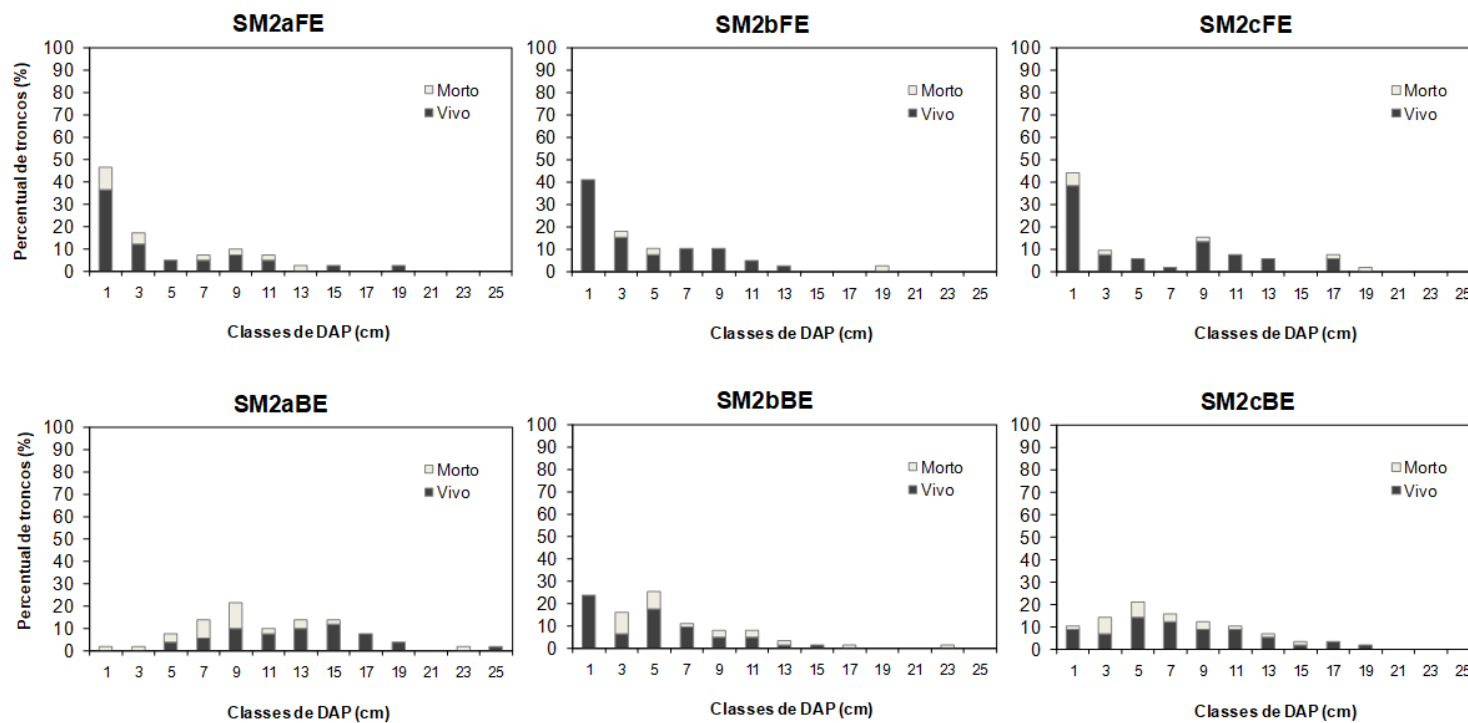
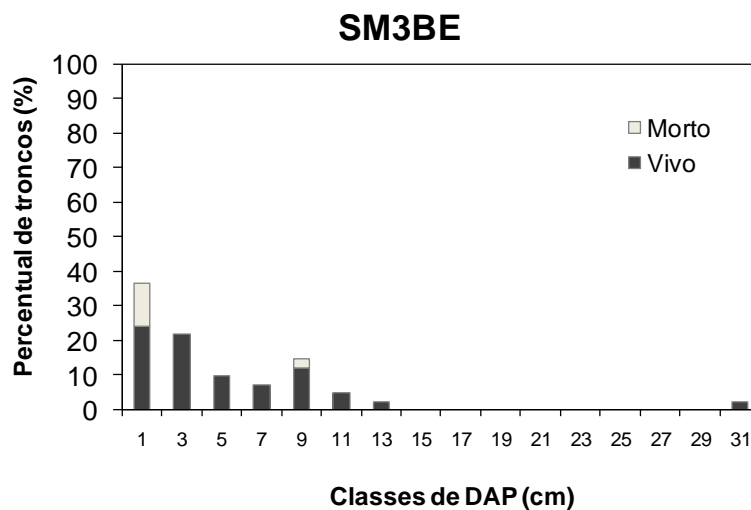
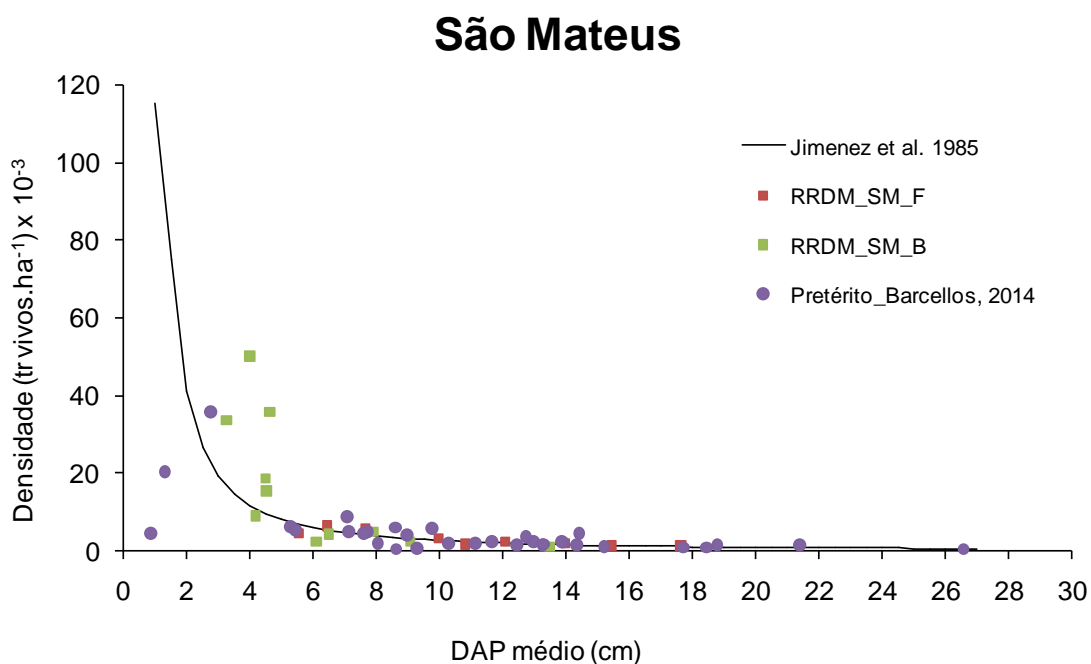


Figura 109: : Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de São Mateus (SM), Conceição da Barra, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem esquerda (E).



As estações de franja de São Mateus deste estudo se mostram próximas aos valores indicados por Jimenez et al. (1985) para florestas com bom desenvolvimento estrutural. As parcelas de bacia, no entanto, apresentaram valores de densidade maiores do que o esperado para o modelo. Este padrão pode indicar uma sucessão secundária, onde um processo de regeneração de florestas degradadas ou não degradadas estaria ocorrendo (Figura 110).

Figura 110: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para São Mateus.



*RRDM_SM_F = Dados deste estudo para os manguezais de franja de São Mateus. RRDM_SM_B = Dados deste estudo para os manguezais de Bacia de São Mateus. Pretérito_Barcellos, 2014 = Dados pretéritos de literatura.

3.4.9 Caravelas

Ao longo do estuário do rio Caravelas (CR) foram amostradas 36 parcelas, com tamanhos entre 45 e 1.152 m². As espécies identificadas foram: *Rhizophora mangle*; *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*.

R. mangle foi a espécie dominante com 8 bosques monoespecíficos em estações de franja (Figura 111 A) e 7 de bacia (Figura 111 B). *L. racemosa* dominou em 11,1% e *A. schaueriana* 25% das estações avaliadas (Tabela 21).

As estações avaliadas apresentam uma grande variabilidade estrutural. A densidade de troncos vivos foi de 373 a 27.959 tr.vivos.ha⁻¹, o DAP médio de 2,1 a 24,6 cm, altura média de 1,82 a 16,56 m e a área basal variou de 8,1 a 43,9 m².ha⁻¹.

A contribuição em área basal de indivíduos mortos é, de forma geral, baixa na maioria das estações. Apenas 4 parcelas de bacia apresentaram mais de 15% da sua área basal morta. Em seis parcelas não foram observados indivíduos mortos (Tabela 21).

É possível observar também na Tabela 21 que a relação troncos/indivíduos, indica que as árvores de mangue da franja são menos ramificadas que de bacia de suas respectivas estações(Tabela 21).

A bacia foi o tipo fisiográfico no qual foi possível observar maior contribuição em área basal de indivíduos mortos. Enquanto na franja a maior contribuição foi de 9,23% na CR3aFD (Caravelas, ponto 3, franja, margem direita), já na bacia foi de 42,74% na CR2cBE (Caravelas, ponto 2, bacia, margem esquerda) (Tabela 21).

A análise das curvas de distribuição diamétrica das estações com maiores contribuições de área basal morta, todas localizadas em florestas de bacia revela dois padrões principais (Figura 112 a Figura 117). As parcelas CR1aBD e CR1aBE (Caravelas, ponto 1, bacia, margem direita e esquerda) possuem baixo desenvolvimento estrutural e distribuição do tipo “j” invertido, com concentração de indivíduos nas classes inferiores de dap. Já as parcelas CR2bBE (Caravelas, ponto 2, réplica b, bacia, margem esquerda), CR2cBE (Caravelas, ponto 2, réplica c, bacia, margem esquerda) e CR3aBE (Caravelas, ponto 3, réplica a, bacia, margem esquerda) também possuem distribuição do tipo “j” invertido, porém são florestas com maior desenvolvimento estrutural, quando comparadas as duas anteriores e com contribuição de mortos em classes de maior dap.

Tabela 21: Parâmetros estruturais das florestas de mangue presentes no estuário do rio Caravelas/BA (CR), Caravelas, obtidos no período de outubro/2018 e setembro/2019.

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em Área Basal (%)			Tronco/Indivíduo
			Média	± DP		Espécie	Viva	Morta	
CR1aFD	2500	11,2	6,08	2,03	26,7	<i>A. schaueriana</i>	6	7	1,23
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	86	1	
CR1bFD	2133	9,3	7,30	2,66	15,3	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,41
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	96	4	
CR1cFD	2367	9,6	5,84	2,85	17,6	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,38
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	97	3	
CR1aBD	16889	2,4	2,10	0,92	10,3	<i>A. schaueriana</i>	57	26	1,43
						<i>L. racemosa</i>	5	0	
						<i>R. mangle</i>	11	0	
CR1bBD	8178	3,4	3,50	1,55	8,1	<i>A. schaueriana</i>	85	4	3,17
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	7	4	
Cr1cBD	25918	2,2	1,82	0,40	9,7	<i>A. schaueriana</i>	57	0	1,35
						<i>L. racemosa</i>	21	0	
						<i>R. mangle</i>	21	1	
CR2aFD	1421	13,7	9,53	2,85	21,2	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,28
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	99	1	
CR2bFD	2000	12,4	9,35	3,73	24,3	<i>A. schaueriana</i>	12	0	1,11
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	88	0	
CR2cFD	971	14,0	9,13	2,80	14,9	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,17
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	100	0	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em Área Basal (%)			Tronco/Indivíduo
			Média	± DP		Espécie	Viva	Morta	
CR2aBD	6556	6,5	4,02	1,32	22,4	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,48
						<i>L. racemosa</i>	96	4	
						<i>R. mangle</i>	0	0	
CR2bBD	4600	8,1	4,70	1,18	25,8	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,97
						<i>L. racemosa</i>	92	8	
						<i>R. mangle</i>	0	0	
CR2cBD	8100	4,4	3,21	1,19	12,9	<i>A. schaueriana</i>	0	0	2,00
						<i>L. racemosa</i>	96	4	
						<i>R. mangle</i>	0	0	
CR3aFD	2091	14,5	7,78	5,50	38,2	<i>A. schaueriana</i>	91	9	1,17
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	0	0	
CR3bFD	1867	13,8	9,66	4,83	28,8	<i>A. schaueriana</i>	69	2	1,09
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	28	0	
CR3cFD	2467	12,2	7,52	4,24	29,6	<i>A. schaueriana</i>	83	2	1,07
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	15	0	
CR3aBD	1950	12,5	7,52	5,22	24,0	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,00
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	100	0	
CR3bBD	819	19,1	12,37	4,27	23,4	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,07
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	100	0	
CR3cBD	1300	15,6	11,78	5,04	27,0	<i>A. schaueriana</i>	1	0	1,04
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	91	8	
CR1aFE	2941	9,9	7,06	1,73	23,0	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,31
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	99	1	
CR1bFE	4550	6,3	5,24	1,05	15,0	<i>A. schaueriana</i>	0	0	2,33
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	94	6	
CR1cFE	2147	12,2	6,70	1,55	25,8	<i>A. schaueriana</i>	3	0	2,55
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	95	2	
CR1aBE	12143	3,2	0,93	0,51	11,2	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,81
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	86	14	
CR1bBE	25918	2,6	3,26	1,10	13,8	<i>A. schaueriana</i>	0	0	4,00
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	96	4	
CR1cBE	27959	2,1	2,39	0,78	9,7	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,60
						<i>L. racemosa</i>	5	0	
						<i>R. mangle</i>	94	1	
CR2aFE	2100	12,5	10,01	4,77	26,3	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,01
						<i>L. racemosa</i>	0	0	

Estação	Densidade (tr. vivos.ha ⁻¹)	DAP médio (cm)	Altura (m)		Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	Contribuição em Área Basal (%)			Tronco/Indivíduo
			Média	± DP		Espécie	Viva	Morta	
CR2bFE	2157	10,2	6,85	5,18	17,5	<i>R. mangle</i>	97	3	1,00
						<i>A. schaueriana</i>	0	0	
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	100	0	
CR2cFE	2980	10,3	6,34	4,56	24,8	<i>A. schaueriana</i>	4	0	1,03
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	96	0	
CR2aBE	7500	5,4	4,16	1,72	25,6	<i>A. schaueriana</i>	51	0	1,29
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	15	11	
CR2bBE	11429	6,3	4,45	1,87	43,9	<i>A. schaueriana</i>	55	18	1,18
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	25	1	
CR2cBE	8163	4,8	4,24	2,43	25,9	<i>A. schaueriana</i>	18	43	1,14
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	40	0	
CR3aFE	567	21,4	13,35	6,00	21,1	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,12
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	96	3	
CR3bFE	750	16,3	9,67	2,80	16,1	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,89
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	98	2	
CR3cFE	373	24,6	16,56	3,30	18,1	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,29
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	98	2	
CR3aBE	13500	4,4	2,73	1,57	26,7	<i>A. schaueriana</i>	8	20	1,94
						<i>L. racemosa</i>	68	4	
						<i>R. mangle</i>	0	0	
CR3bBE	1800	14,1	10,98	4,61	28,4	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,13
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	99	1	
CR3cBE	650	18,6	12,98	3,93	18,8	<i>A. schaueriana</i>	0	0	1,03
						<i>L. racemosa</i>	0	0	
						<i>R. mangle</i>	94	6	

Figura 111: Estações em Caravelas/BA com dominância de *R. mangle*. A) Franja e B) Bacia.

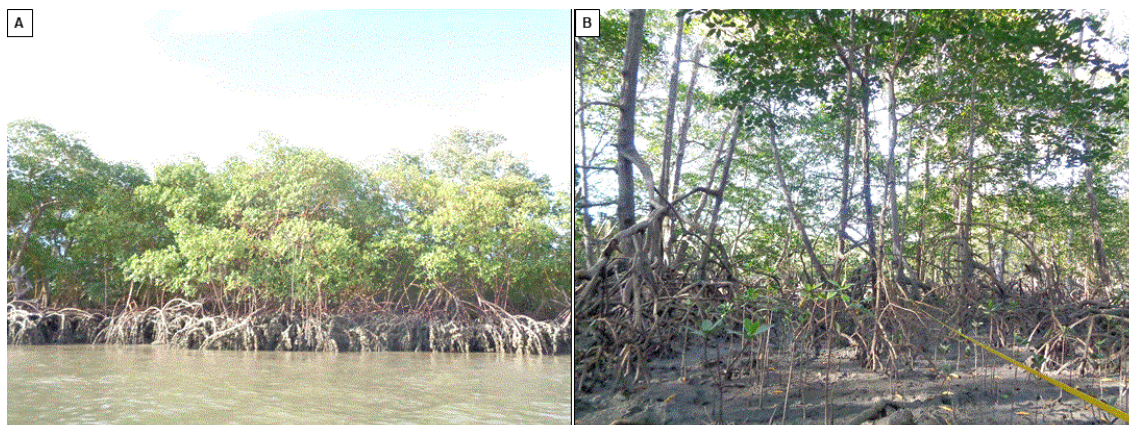


Figura 112: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR) dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem direita (D).

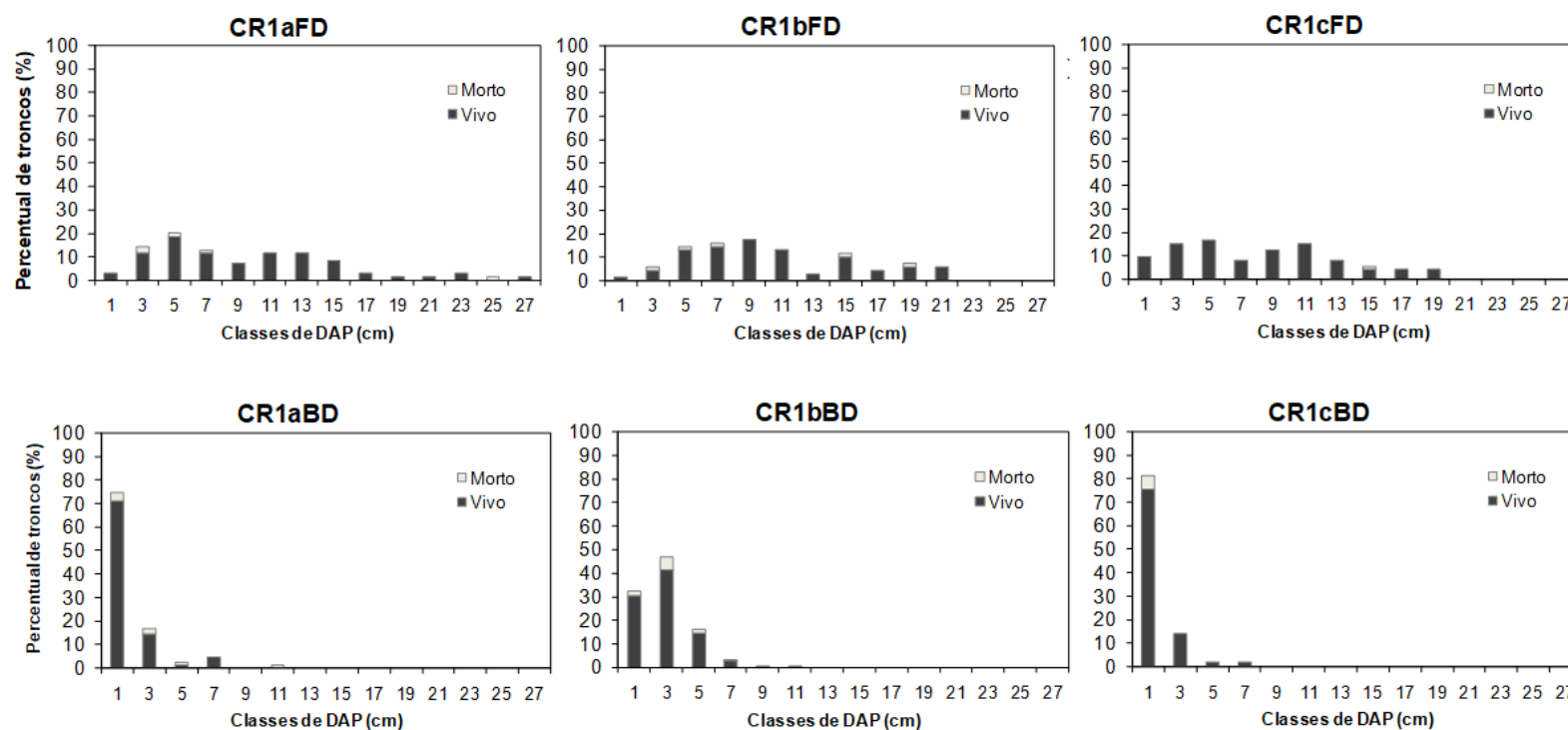


Figura 113: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem direita (D).

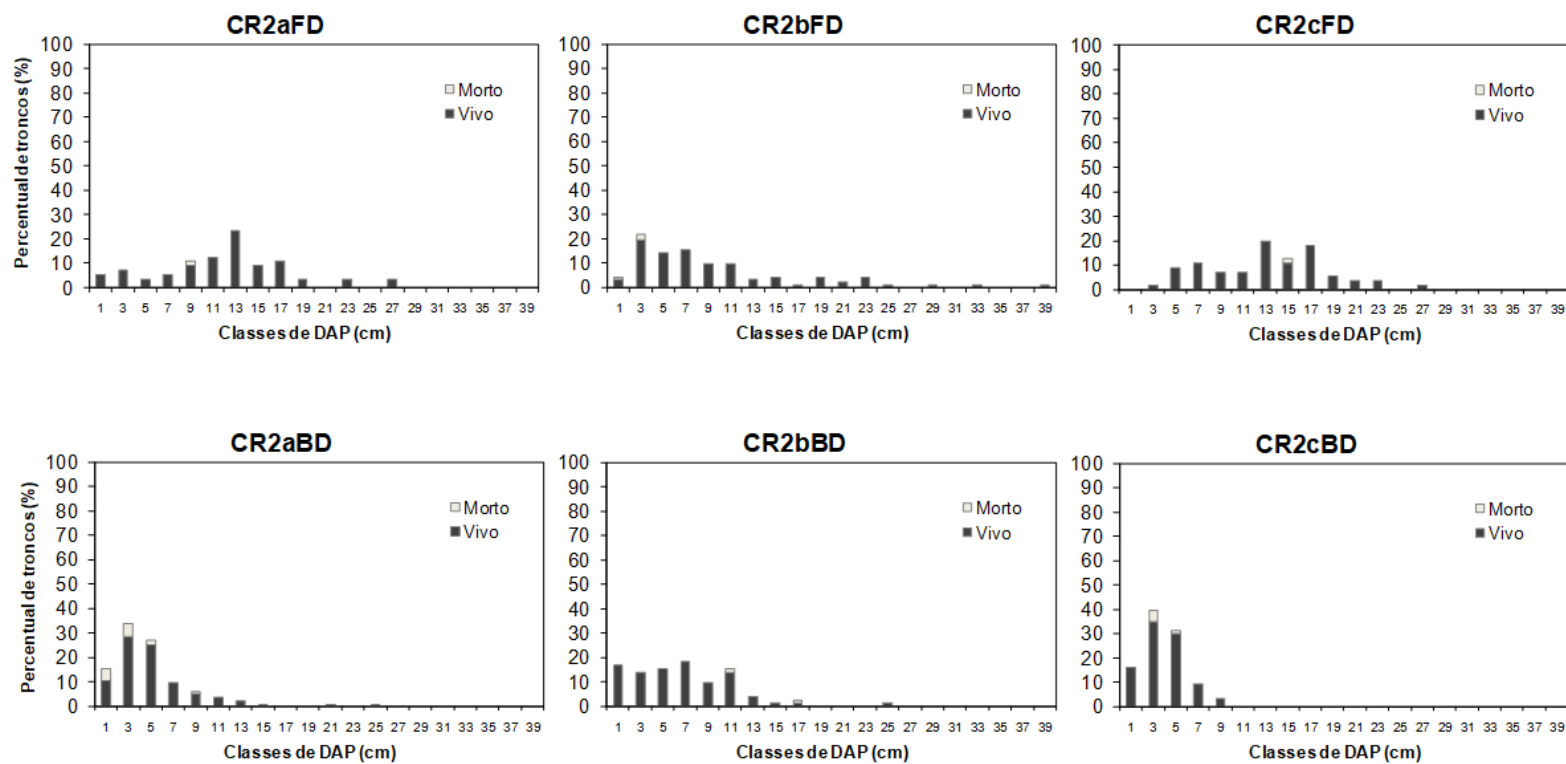


Figura 114: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem direita (D).

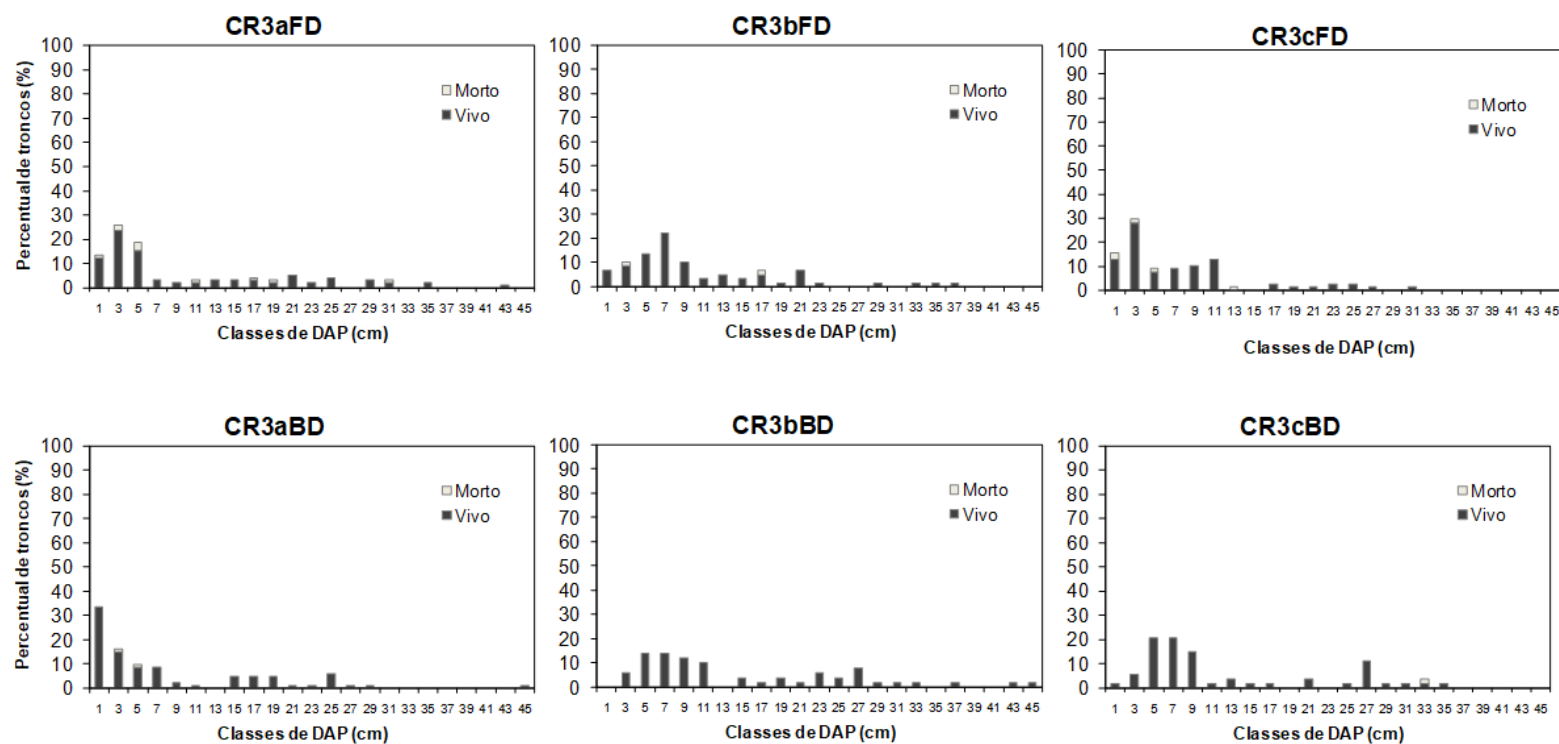


Figura 115: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 1 da margem esquerda (E).

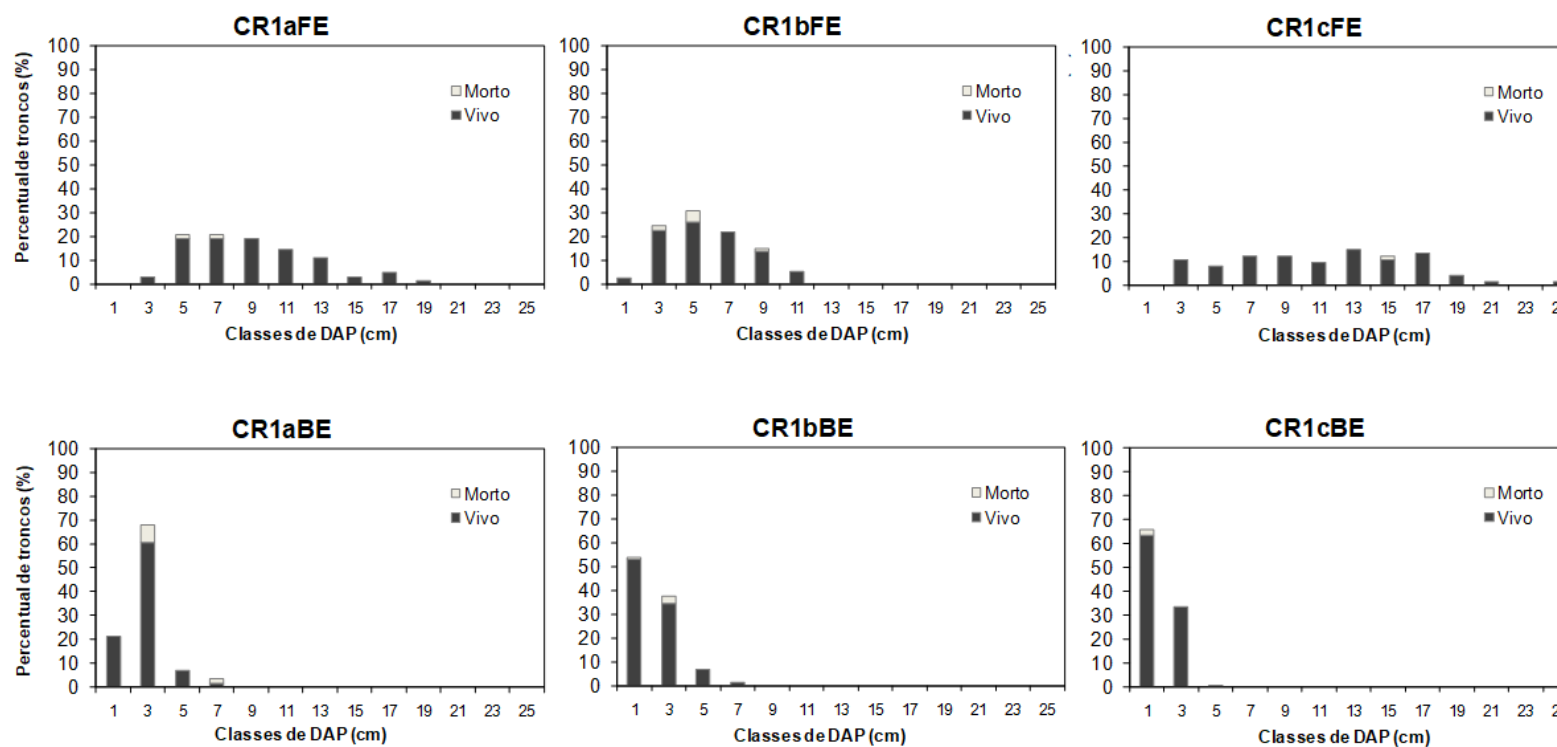


Figura 116: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 2 da margem esquerda (E).

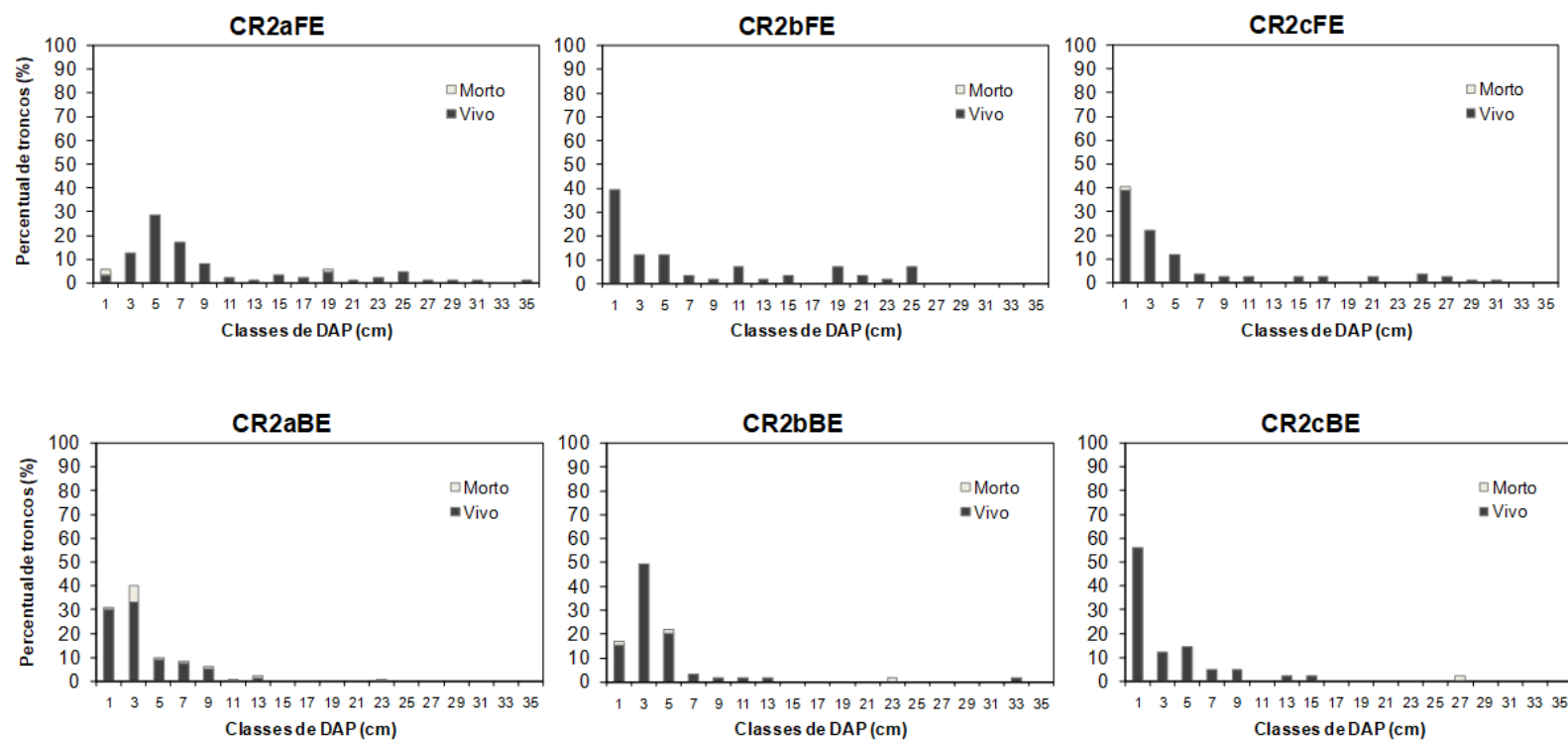
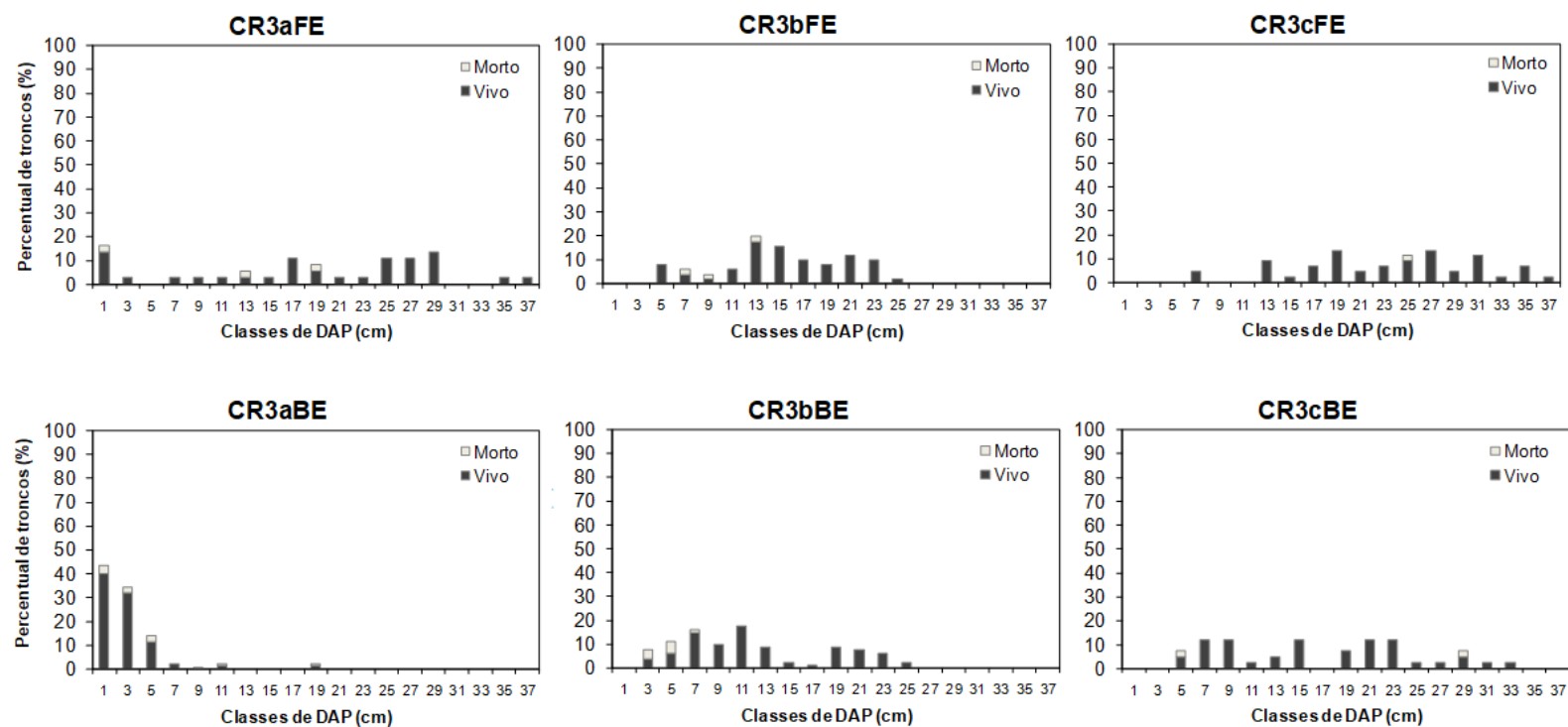
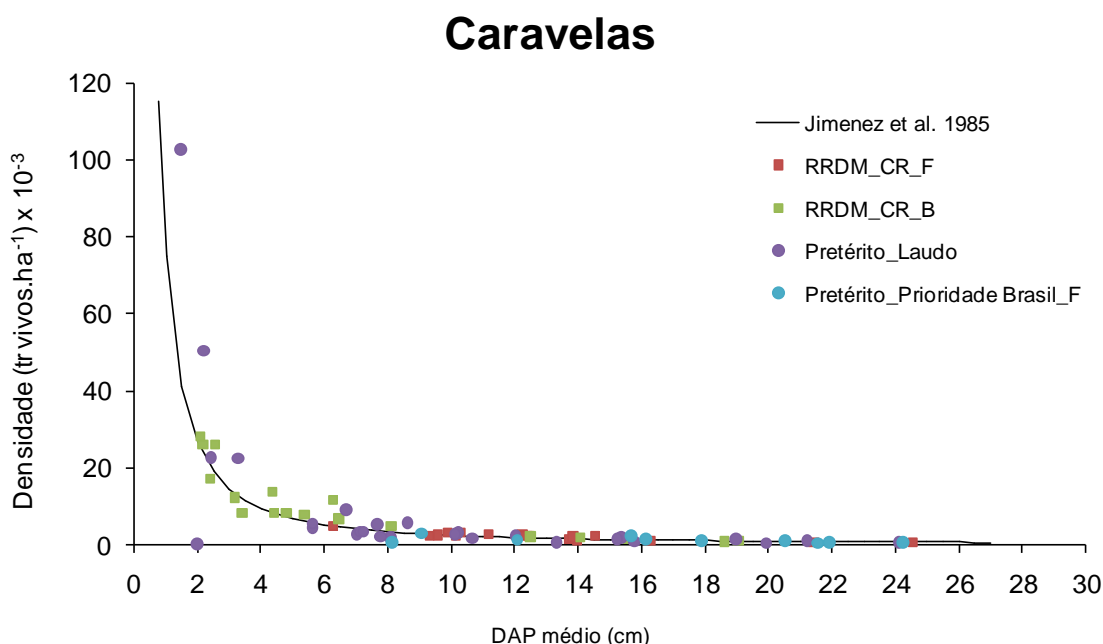


Figura 117: Distribuição (%) de troncos vivos (barra preta) e mortos (barra cinza) por classes de Dap (cm) para as estações de Caravelas (CR), Caravelas, dos tipos fisiográficos de franja (F) e bacia (B) do ponto 3 da margem esquerda (E).



A distribuição das estações de Caravelas deste estudo apresentou valores próximos ao modelo proposto por Jimenez et al. (1985) para os dois tipos fisiográficos analisados. Sendo assim, esta região indica um amadurecimento dentro do padrão de desenvolvimento esperado. Vale salientar que um dos pontos pretéritos apresentou densidade abaixo do valor pressuposto por Jimenez et al. (1985), o que pode significar uma possível alteração na floresta (Figura 118).

Figura 118: Curva que representa a relação entre densidade e DAP proposta por Jimenez et al (1985), com dados pretéritos e deste estudo para Caravelas.

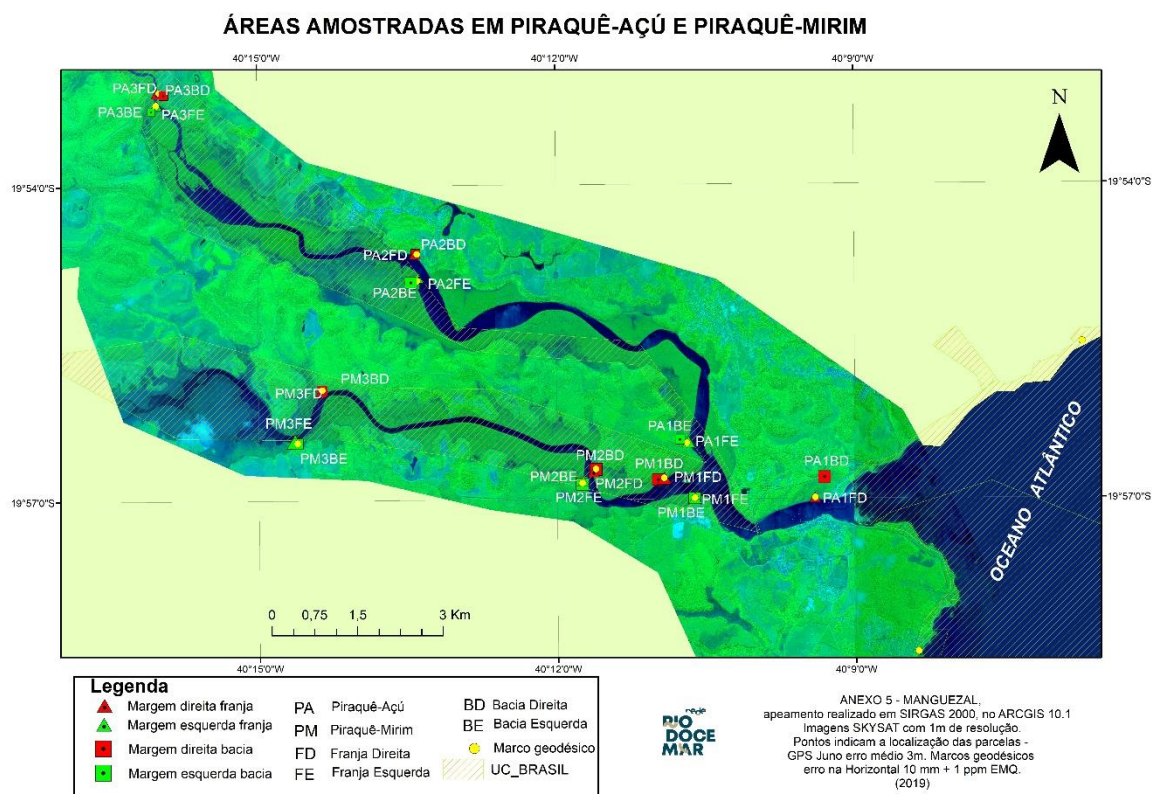


*RRDM_CR_F = Dados deste estudo para os manguezais de franja de Caravelas. RRDM_CR_B = Dados deste estudo para os manguezais de Bacia de Caravelas. Pretérito_Laudo e Pretérito_Prioridade Brasil_F = Dados pretéritos de literatura.

3.5 MAPEAMENTO ESTRUTURA

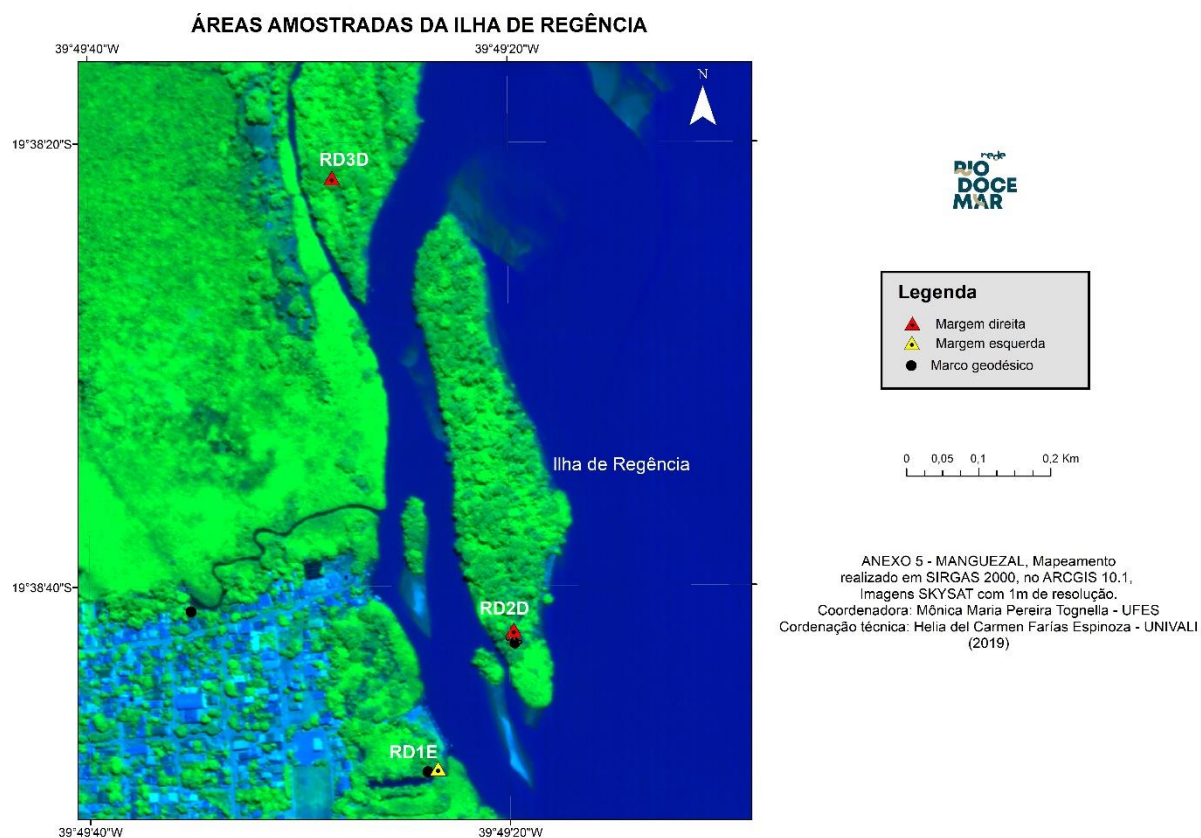
As primeiras áreas amostradas e levantadas correspondem a localidade de Aracruz nos rios Piraquê-mirim e Piraquê-açu onde definiu-se 12 marcos geodésicos um por cada área amostrada de Franja e Bacia (Figura 119). As imagens utilizadas para este e todos os mapeamento correspondem ao satélite SKYSAT e possui resolução de 01 (um) metro, as bandas empregadas foram as 0, 4 e 1 compondo a RGB (não foi utilizada a banda 3, assim a água ficou em azul).

Figura 119: Mapa das áreas amostradas em Aracruz/Coqueiral.



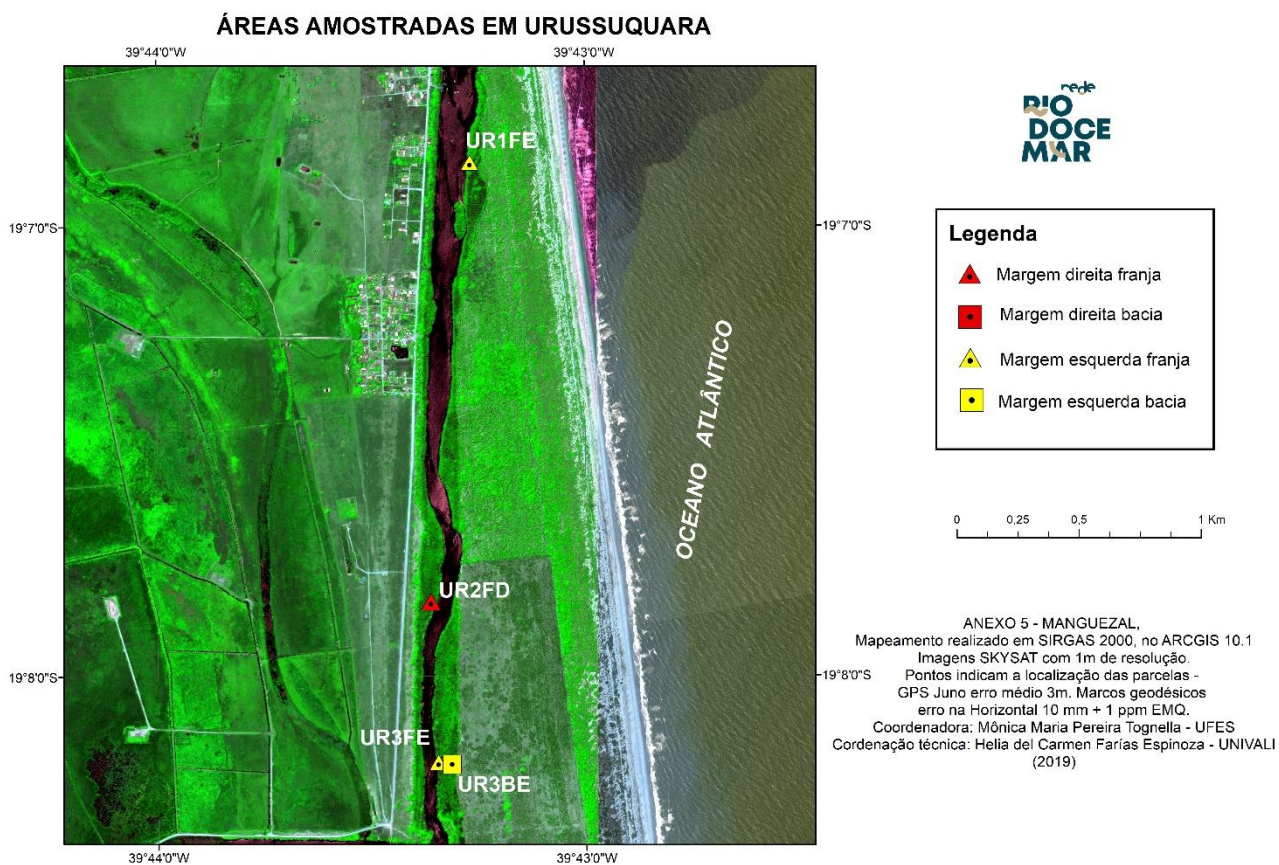
Num segundo momento, na primeira saída de campo, foi realizado também o levantamento dos marcos geodésicos para a localidade de Regência, que teve como base um ponto geodésico conhecido e estabelecido pela Petrobras que se encontra na área de uma moradia particular (pescador). Um dos marcos foi definido no Rio Negro e mais dois marcos foram fincados para o mapeamento das parcelas e levantamento amostral de sedimentos. Num terceiro campo foi observado no local que a demarcação das parcelas não existia mais, como os pontos dessa área foram perdidos por conta da depredação, O marco geodésico também foi retirado e não foi fixado novamente, esperasse a colocação do mesmo para obtenção do levantamento com RTK num próximo campo. O ponto para essa área f_oi obtido com o GPS Juno com erro médio de 3 metros (Figura 1200).

Figura 120: Mapa das áreas amostradas em Regência.



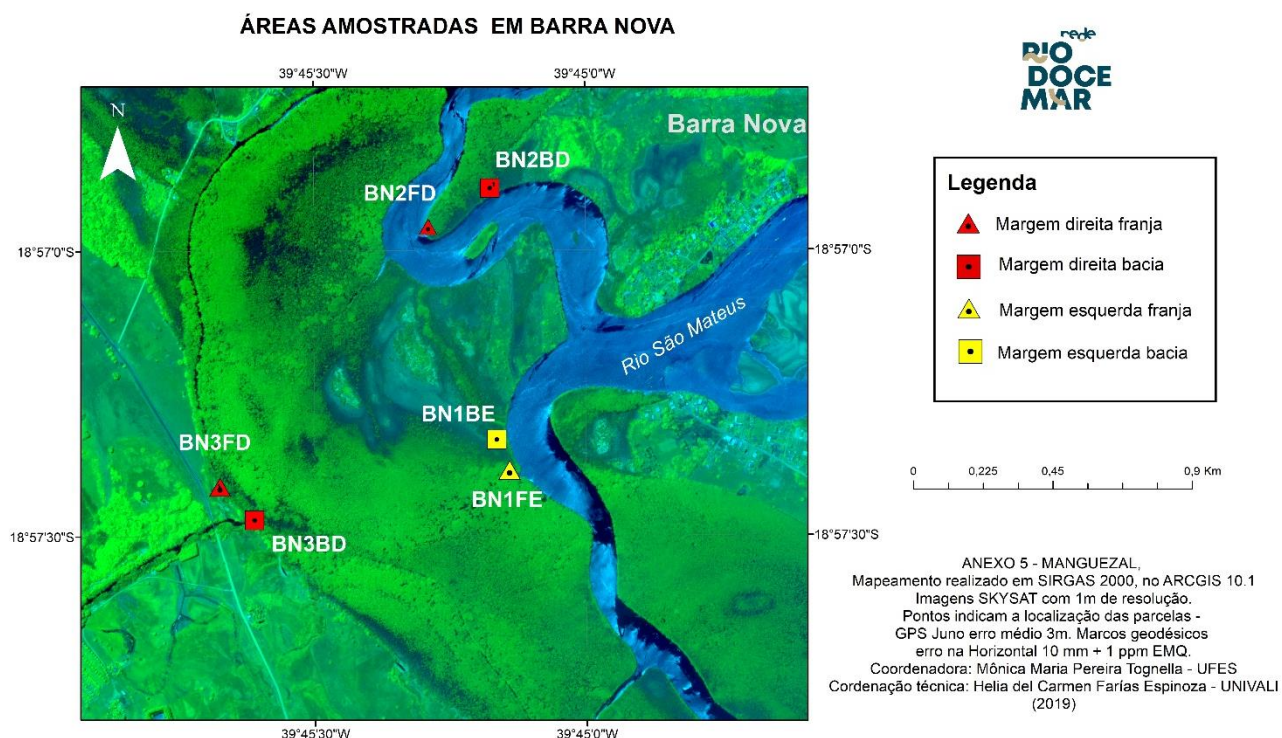
Os mapeamentos da região de Urussuquara foram completados na segunda saída de campo, na primeira saída as condições climáticas (chuva) não permitiram a continuação dos levantamentos, foram fixados os marcos e realizadas as medições (Figura 121).

Figura 121: Mapa das áreas amostradas em Urussuquara.



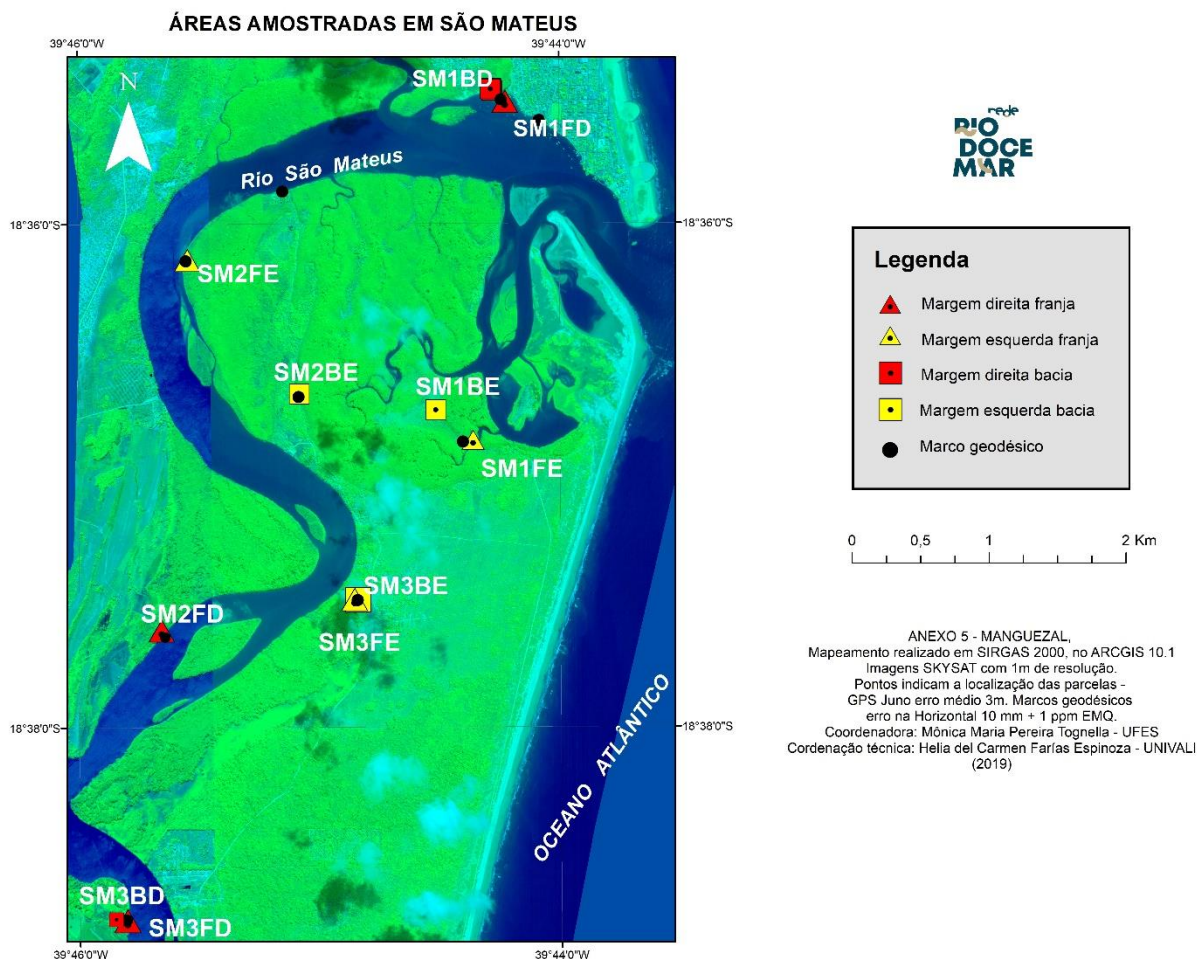
O Mapeamento das áreas em Barra Nova foi concluído no último campo. Nesta área, por razões meteorológicas, não foi possível realizar as medições dos marcos geodésicos no primeiro e segundo campo. O mapeamento se refere as áreas amostradas onde estão localizadas as parcelas de franja e bacia (Figura 122)

Figura 122: Mapa das áreas amostradas em Barra Nova.



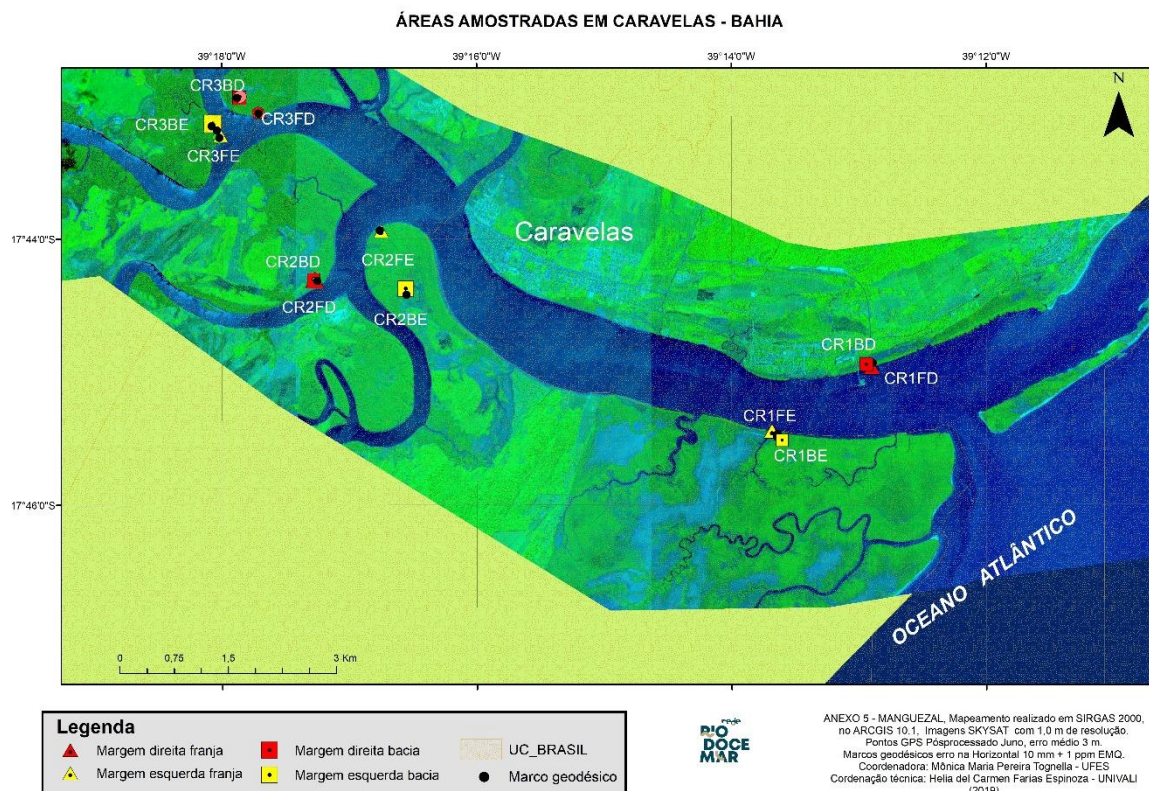
O mapeamento para a área de São Mateus/Conceição da barra foi concluído, mas a maré baixa e problemas na drenagem do leito do rio atrasaram os levantamentos no local. No ponto SM2FD, foi realizada a medição do marco com o GPS Juno, não foi encontrado o marco que tinha sido fixado anteriormente. A quantidade de marcos distribuídos foi maior, a área é muito extensa e a vegetação muito alta e frondosa o que afeta o levantamento dos dados, não foi possível numa das áreas amostradas obter sinal para o levantamento de marco geodésico e em outra área não foi possível transportar o equipamento (RTK) até o local (SM1BE). A mosaicagem realizada nas imagens deixou a área com alguns problemas nos locais que tem nuvens vai ser necessário realizar uma máscara nos mapas finais e alterar o gamma no processamento das imagens (Figura 123).

Figura 123: Mapa das áreas amostradas em São Mateus.



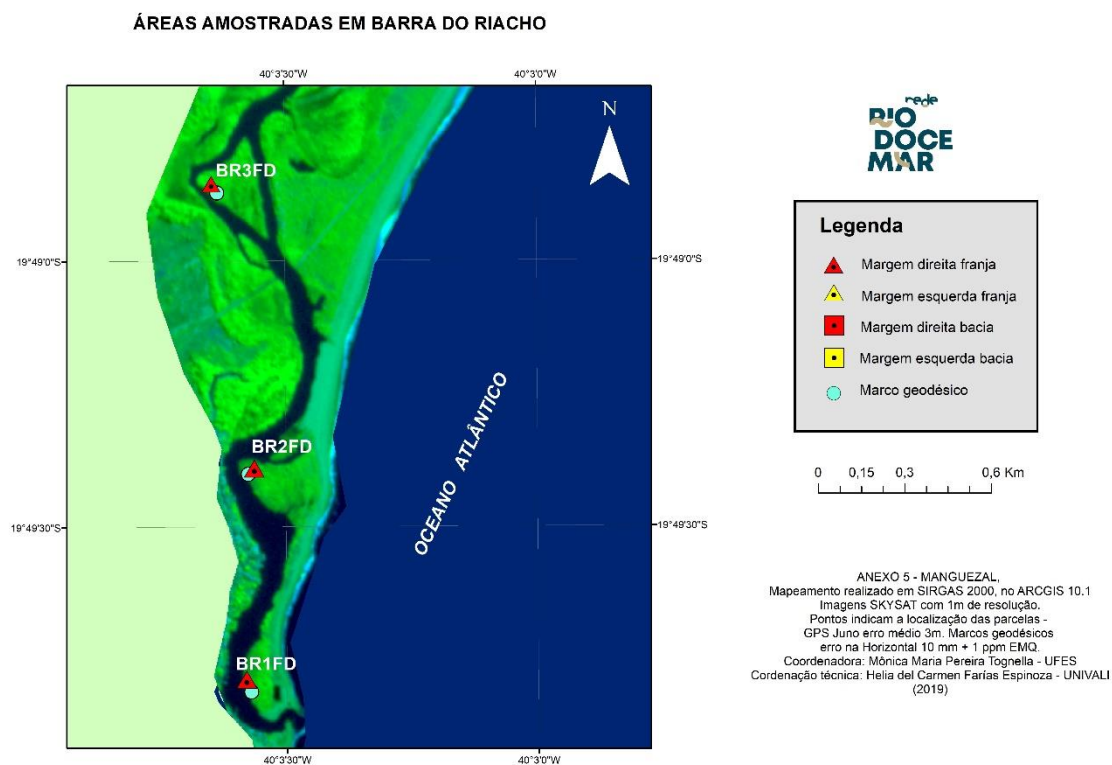
Para a região do sul da Bahia, Caravelas, foram realizados dois campos. No primeiro, foram levantadas a localização e entrada das parcelas na maior parte das áreas amostradas. Não foi possível o levantamento de marcos geodésicos na região, mas eles foram fixados na maior parte das áreas e foram medidos pelo equipamento RTK no último campo realizado pela equipe ao local (Figura 124).

Figura 124: Mapa das áreas amostradas em Caravelas.



Finalmente, para a região de Barra do Riacho e Costa das Algas, foi possível fazer o levantamento só no último campo. Foram áreas de interesse solicitadas depois para as equipes, o atraso maior aconteceu devido à falta de imagem de satélite para estes locais. As imagens só chegaram no mês de julho, mas o resultado ficou dentro do esperado, conseguindo a colocação dos marcos e a localização das parcelas (Figura 125).

Figura 125: Mapa das áreas amostradas em Barra do Riacho.

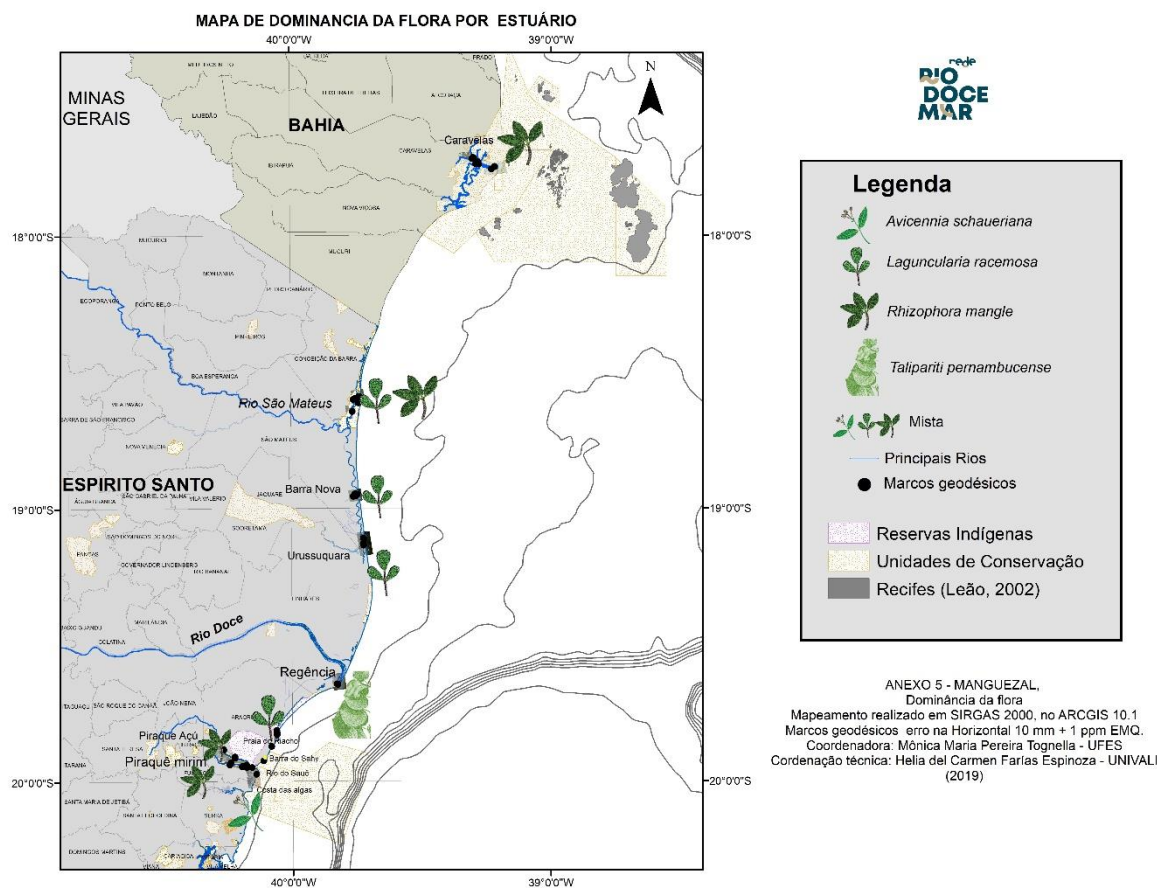


Outro resultado produzido pela equipe de cartografia, foi o mapa temático descrevendo a dominância das espécies de flora (Figura 126) por estuário, segundo os dados levantados pela equipe de estrutura com base nas informações descritas na Quadro 6.

Quadro 6: Dados descritivos da estrutura das florestas de manguezal nos estuários do PMBA de acordo com a espécie dominante.

Estuário	Espécie	Dominância
Piraquê-Açú	<i>R. mangle</i>	57 % das estações
Piraquê-Mirim	<i>R. mangle</i>	52 % das estações
Costa das Algas - CA1F	<i>A. schaueriana</i>	
Costa das Algas - CA2F e CA3F	<i>L. racemosa</i>	
Barra do riacho	<i>L. racemosa</i>	100 % das estações
Rio Doce	<i>Talipariti</i>	100% das estações
Urussuquara		90% das estações
Barra Nova	<i>L. racemosa</i>	89% das estações
Rio São Mateus	<i>Mista entre L. racemosa e R. mangle</i>	
Caravelas	<i>R. mangle</i>	63,9% das estações

Figura 126: Dominância por Estuário.



Ainda foi possível testar algumas composições de bandas e foi possível gerar algumas análises das informações obtidas pelas equipes de campo em relação a metais e salinidade (Figura 127e Figura 128).

Figura 127: Análise dos Metais e salinidade nos primeiros 5 cm da camada de sedimento.

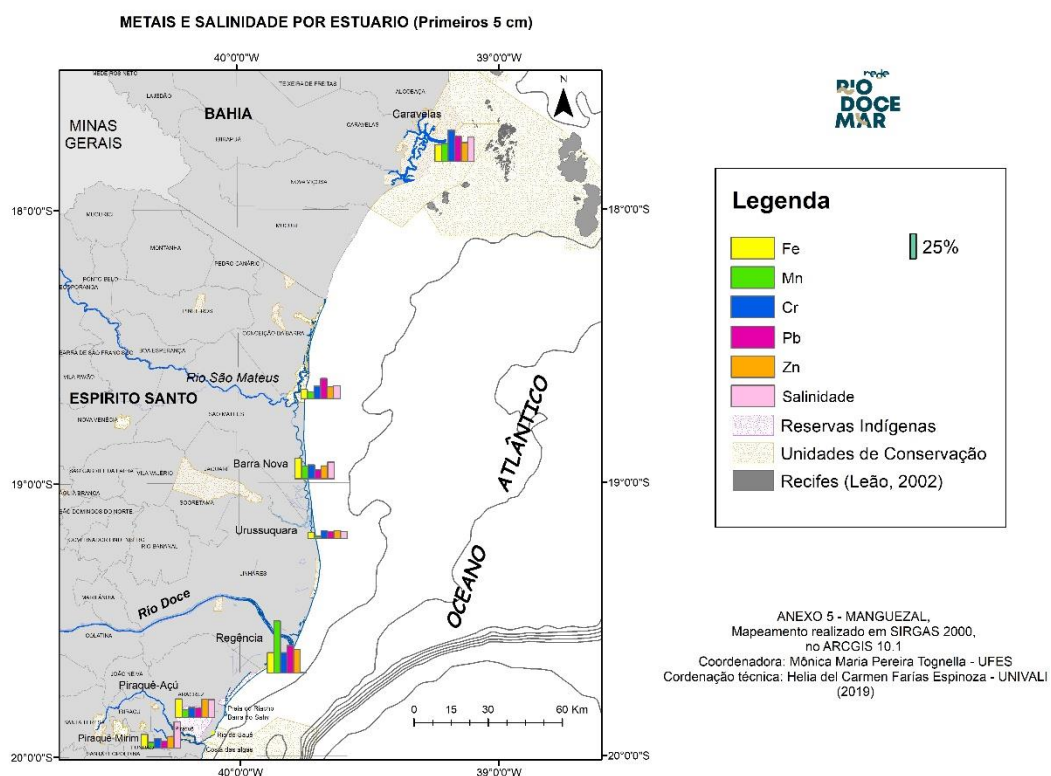
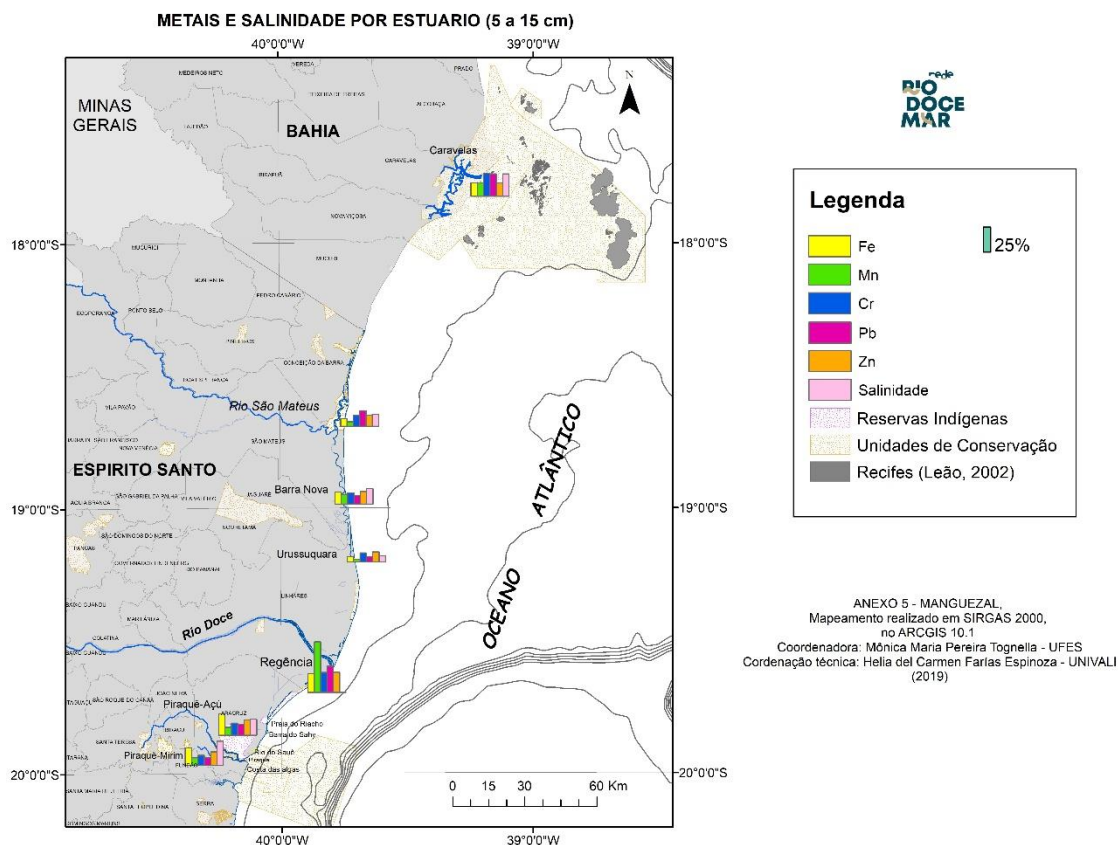


Figura 128: Análise dos Metais e salinidade entre 5 a 15 cm da camada de sedimento.



3.6 ANÁLISE FOLIAR DE MACRO E MICRONUTRIENTES

3.6.1 Concentração foliar de macro e micronutrientes

Para se avaliar o estado nutricional de uma planta é necessário um padrão de comparação. Os valores considerados como padrão são obtidos por ensaios anuais repetidos de tecido vegetal retirado de plantas com aparência normal, crescendo em condições bem gerenciadas. Com o tempo, os resultados dos ensaios obtidos definirão essa faixa de concentração elementar relacionada à suficiência (Jones Junior, 2012). Esses padrões são definidos por diversos autores de acordo com suas pesquisas, não existindo um padrão único, mas a maioria contém faixas de absorção dos nutrientes bem próximas quando se considera a análise por espécie. Portanto, esse padrão pode variar em função da espécie. O padrão é definido por faixa e não por um valor absoluto, justamente porque a absorção das plantas é também influenciada por diversos fatores internos e ambientais.

Nesse contexto, ressaltamos que não foi localizado um padrão específico para as plantas de mangue. Em função disso, foi definido um padrão para comparação. As faixas de absorção de macro e micronutrientes que originaram esse padrão de referência foram calculadas com base nos resultados do trabalho de Cuzzuol e Campos (2001) (Tabela 23).

Na Tabela 22 são apresentados os dados de concentração média dos nutrientes foliares e a

Tabela 23 descreve a faixa de concentração dos nutrientes baseada no trabalho de Cuzzuol e Campos (2001). Comparando as duas tabelas, observou-se que em São Mateus, para *R. mangle*, os teores de N, P e Mg ficaram dentro da faixa de absorção. O K, Ca, S, Fe, Zn e Cu registraram valores acima das faixas e Mn abaixo. Para *L. racemosa*, o Zn manteve-se dentro da faixa, o Fe ficou abaixo do relatado pelos autores acima citados e os demais nutrientes acima.

No rio Piraque-Açú, a espécie *R. mangle* apresentou resultados dentro da faixa de absorção para os teores de N, P e Mg. Entretanto, foram encontrados valores acima aos da faixa de absorção esperada para K, Ca, S, Fe e Zn e valores abaixo para Cu e Mn.

Em relação ao rio Piraque-Mirim, observa-se que os teores de N, P e Mg ficaram dentro da faixa de absorção para *R. mangle*. Os nutrientes K, Ca, S e Zn apresentaram valores acima das faixas e o Fe, Cu e Mn abaixo. Para *L. racemosa*, os teores de P, Mg e Zn registraram valores dentro da faixa esperada. Por outro lado, os nutrientes N, K, Ca, S, ficaram acima e Fe e Mn abaixo

A área de Barra Nova registrou teores de P e Mg dentro da faixa de absorção para *R. mangle*. Entretanto, para a mesma espécie os nutrientes N, K, Ca, S, Fe e Zn ficaram acima das faixas de absorção esperada, com o Cu e Mn, abaixo. Para *L. racemosa*, os nutrientes P, Mg e Zn permaneceram dentro da faixa, diferentemente de N, K, Ca, S que apresentaram valores acima e Fe e Mn que apresentaram menores valores quando comparados aos da faixa de absorção.

Na região de Urussuquara (Rio Ipiranga), *R. mangle* apresentou teores de N, P, K e Mg dentro da faixa de absorção, teores de Ca, S e Zn acima e de Fe, Cu e Mn abaixo das faixas de absorção. Para *L. racemosa*, o P e Mg ficaram dentro da faixa, N, K, Ca, S e Zn acima e Fe e Mn abaixo da faixa de absorção.

No município de Caravelas, a espécie *R. mangle* apresentou teores de N, P, Mg e S dentro da faixa de absorção. Por outro lado, K, Ca, Zn e Cu foram assimilados acima das faixas de absorção e Fe e Mn abaixo do esperado. Para *L. racemosa*, observou-se que os teores de N e Mg ficaram dentro da faixa de absorção, diferentemente de P, K, Ca, S, Zn e Cu que apresentaram valores acima e de Fe e Mn, com valores abaixo da faixa de absorção.

Tabela 22: Concentração foliar de macro e micronutrientes em *Rhizophora mangle* (Rh) e *Laguncularia racemosa* (Lg) de acordo com o local de coleta da espécie: São Mateus (SM), Piraquê-Açú (PA), Piraquê-Mirim (PM), Barra Nova (BN), Urussuquara (UR) e Caravelas (CR).

		g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn
SM	Rh	12,64	1,02	7,65	13,57	5,84	4,15	98,11	7,89	2,86	226,20
	Lg	14,03	1,47	10,25	11,79	4,56	3,83	415,60	11,40	4,00	112,13
PA	Rh	12,97	0,91	7,84	14,56	5,25	4,58	104,17	7,19	1,94	149,63
PM	Rh	12,63	0,90	7,49	14,20	5,00	4,70	64,02	6,29	1,40	165,09
	Lg	12,43	1,01	8,13	13,99	4,13	7,27	80,60	10,20	1,60	32,60

		g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn
BN	Rh	13,29	0,95	6,94	12,90	5,00	3,73	103,10	6,90	1,80	152,40
	Lg	12,73	1,09	6,75	6,33	2,89	3,08	224,50	12,50	2,30	36,25
UR	Rh	12,52	0,86	4,86	9,95	4,69	3,05	61,00	8,00	1,00	155,00
	Lg	12,47	0,91	8,63	8,18	2,88	3,05	382,93	16,87	4,13	37,80
CR	Rh	12,45	0,98	7,95	11,00	4,35	2,94	49,23	11,13	3,38	197,18
	Lg	11,87	1,31	8,00	10,14	3,83	3,32	89,40	18,90	4,90	34,20

Tabela 23: Faixa de absorção de macro e micronutrientes para *Rhizophora mangle* (Rh) e *Laguncularia racemosa* (Lg) baseada no trabalho de Cuzzuol e Campos (2001).

Espécie	g.kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>R. mangle</i>	12,1-13,1	0,7-1,1	3,0-5,0	5,5-8,3	4,3-6,8	2,0-3,0	2,0	72,0-92,6	738,4-929,6	5,0
<i>L. racemosa</i>	9,2-12,2	1,0-1,8	2,8-6,0	4,5-6,0	2,8-4,4	1,9-2,8	2,0	523,3-655,1	79,9-112,4	10,2-15,2

3.6.2 Sequência de absorção de macro e micronutrientes

Na Tabela 24 descreve os nutrientes analisados nas folhas de *R. mangle* onde pode ser observado que, entre os macronutrientes, o Ca foi absorvido em maior quantidade que o N nas amostras provenientes dos rios São Mateus, Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim. Nos demais estuários, a concentração de N absorvido foi maior que do cálcio.

Tabela 24: Ordem de absorção foliar de macro e micronutrientes por *Rhizophora mangle* de acordo com o estuário de coleta da espécie.

Local de coleta	Macronutrientes	Micronutrientes
São Mateus (SM)	Ca > N > K > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu
Piraquê-Açú (PA)	Ca > N > K > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu
Piraquê-Mirim (PM)	Ca > N > K > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu
Barra Nova (BN)	N > Ca > K > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu
Urussuquara (U)	N > Ca > K > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu
Barra do Riacho (BR)	N > Ca > K > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu
Costa das Algas (CA)	N > Ca > K > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu
Caravelas (CR)	N > Ca > K > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu

A descreve a absorção dos nutrientes para *L. racemosa* em São Mateus, Barra Nova, Urussuquara e Caravelas, onde N foi o nutriente mais absorvido. Nas áreas de São Mateus e Caravelas, a absorção de N foi seguida pelo Ca e K e, em Barra Nova e Urussuquara, houve alteração entre K e Ca. No rio Piraquê-Mirim, o Ca superou o N, sendo o nutriente mais absorvido. Os micronutrientes não apresentaram alteração na ordem de absorção entre as duas espécies e os locais de amostragem.

Tabela 25: Ordem de absorção foliar de macro e micronutrientes por *Laguncularia racemosa* de acordo com o estuário de coleta da espécie.

Local de coleta	Macronutrientes	Micronutrientes
São Mateus (SM)	N > Ca > K > Mg > S > P	Fe > Mn > B > Zn > Cu
Piraquê-Mirim (PM)	Ca > N > K > S > Mg > P	Fe > Mn > B > Zn > Cu
Barra Nova (BN)	N > K > Ca > S > Mg > P	Fe > Mn > B > Zn > Cu
Urussuquara (UR)	N > K > Ca > S > Mg > P	Fe > Mn > B > Zn > Cu
Caravelas (CR)	N > Ca > K > Mg > S > P	Fe > Mn > B > Zn > Cu

Em relação a espécie *A. schaueriana* observa-se uma ordem de absorção dos nutrientes com alterações entre macro e micronutrientes em função dos locais de ocorrência da espécie (Tabela 26). Nas áreas Costas das Algas e Caravelas, o N foi o macronutriente mais absorvido. Por outro lado, em relação aos micronutrientes, o Fe permaneceu com valores semelhantes nos dois locais, porém o Mn apresentou maior concentração em Costa das Algas.

Tabela 26: Ordem de absorção foliar de macro e micronutrientes por *Avicennia schaueriana* de acordo com o estuário de coleta da espécie.

Local de coleta	Macronutrientes	Micronutrientes
Costa das Algas	N > Ca > K > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu
Caravelas	N > K > Mg > S > Ca > P	Fe > Mn > B > Zn > Cu

A espécie *T. pernambucense* teve ocorrência apenas no Rio Doce e apresentou a sequência de absorção registrada na Tabela 27, também com maior absorção de N entre os macronutrientes e Mn para os micronutrientes.

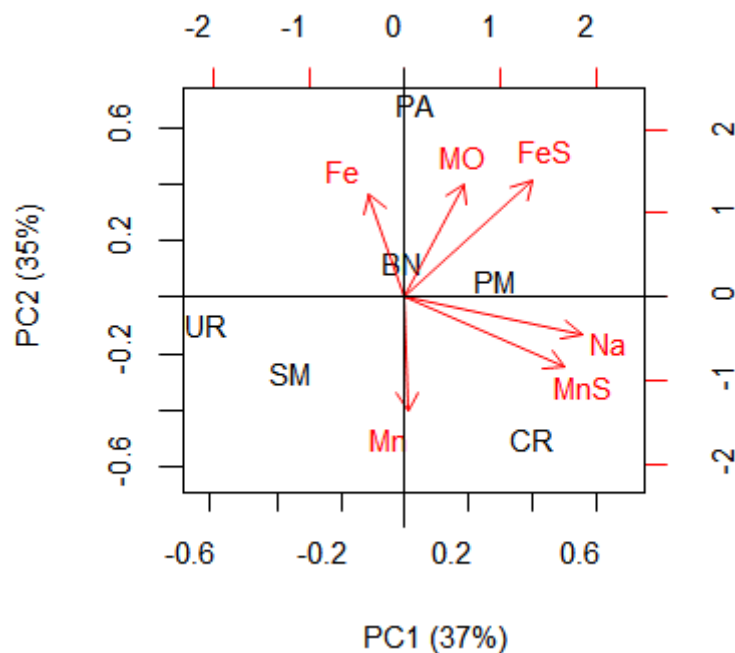
Tabela 27: Ordem de absorção foliar de macro e micronutrientes por *Talipariti pernambucense* de acordo com o estuário de coleta da espécie.

Local de coleta	Macronutrientes	Micronutrientes
Rio doce	N > K > Ca > Mg > S > P	Mn > Fe > B > Zn > Cu

3.6.3 Análise por componentes principais (PCA)

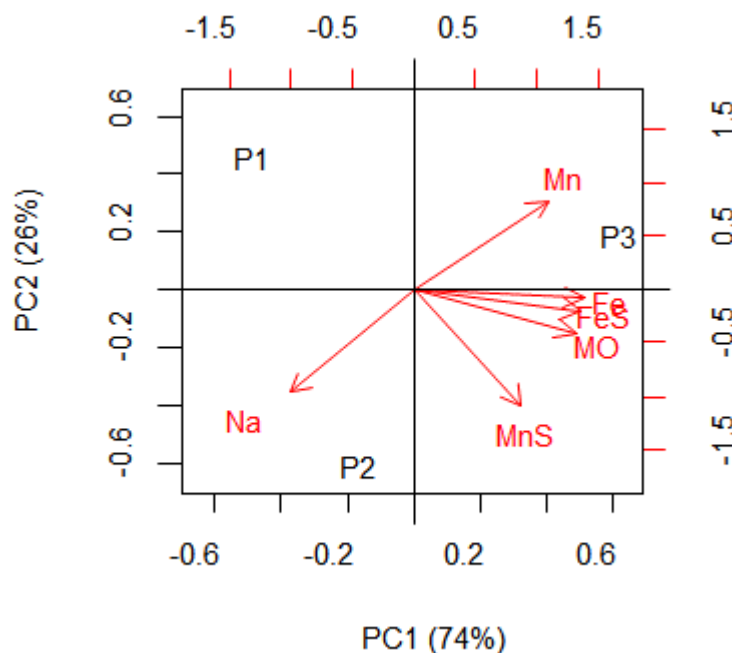
A Figura 129 descreve a análise integrada dos dados para determinar o comportamento dos estuários, onde se observa tendência de aumento do ferro foliar (Fe) em Barra Nova com diminuição do Mn. O aumento do ferro no sedimento (FeS) tende a acompanhar a matéria orgânica nos estuários Piraquê-Açú e Mirim e em Barra Nova. Enquanto, o manganês do sedimento (MnS) possui menor concentração nos locais com menor sódio na planta, principalmente para Caravelas.

Figura 129: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) nas folhas com ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento considerando os diferentes estuários de coletas. Legenda: PA: Piraquê-Açú, PM: Piraquê-Mirim, UR: Urussuquara, BN: Barra Nova, SM: São Mateus e CR: Caravelas.



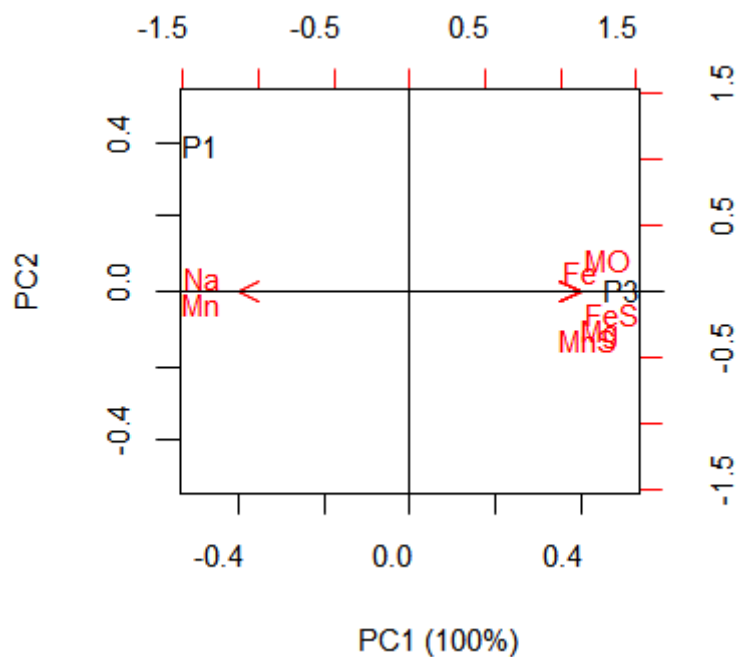
A relação dos nutrientes do solo e da planta para *R. mangle* em São Mateus identifica correlação entre o aumento das concentrações do Fe foliar, FeS (ferro sedimento) e a matéria orgânica (MO) no sedimento sendo mais significativa para o ponto 3, isto é, a montante no estuário (Figura 130). O Mn apresentou comportamento oposto ao Na que teve as maiores concentrações no ponto 2.

Figura 130: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) nas folhas com ferro no sedimento na superfície (FeS), manganês nos primeiros 5 cm de sedimento (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.



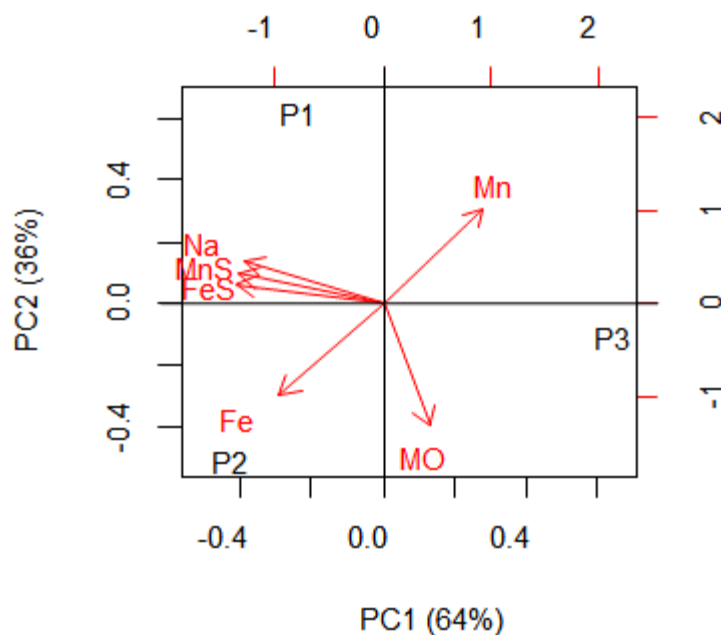
A Figura 131 apresenta a relação dos nutrientes do solo e da planta com *L. racemosa* em São Mateus. O Na teve correlação com o Mn da folha para esta espécie, demonstrando o efeito da salinidade no ponto 1 na assimilação deste nutriente para esta espécie. Destaca-se que não houve registro da espécie no ponto 2 do rio São Mateus.

Figura 131: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro no sedimento superficial (FeS), manganês na superfície do sedimento (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra. Legenda: P1/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.



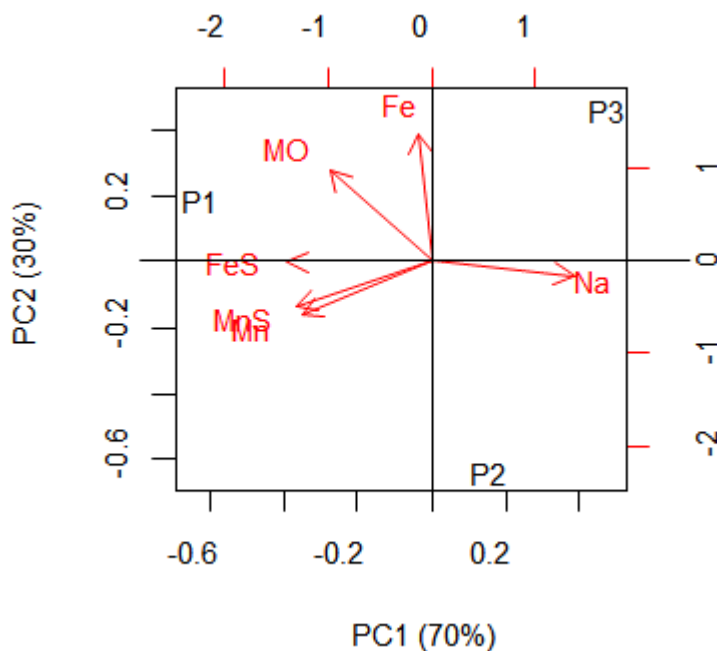
No rio Piraquê-Açú, o Fe foliar apresentou forte correlação com o ponto 2 onde há menor concentração de Mn na análise foliar de *R. mangle* (Figura 132). O Na nas folhas está correlacionado com o FeS e o MnS no sedimento, aspectos não correlacionados com o ponto 3 no estuário.

Figura 132: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro (FeS) no sedimento, manganês (MnS) no sedimento e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Piraque-Açú, Aracruz. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.



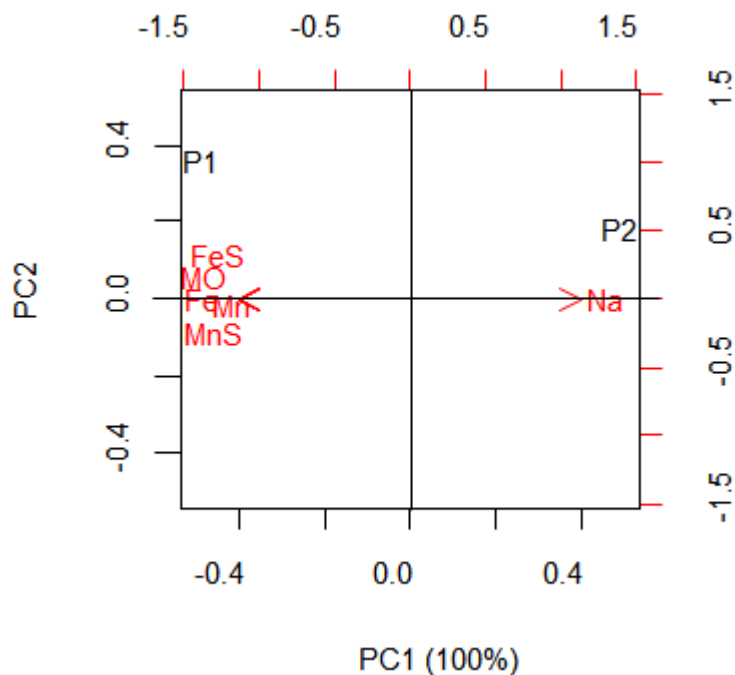
A Figura 133 apresenta a relação entre a concentração de metais no sedimento e nas folhas de *R. mangle* para o rio Piraquê-Mirim. O ponto 1 possui correlação com o Fe foliar, FeS, Mn foliar, MnS e MO, mas não com o Na apesar de ser o mais próximo a desembocadura do sistema estuarino.

Figura 133: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha e entre ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Piraque-Mirim, Aracruz. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.



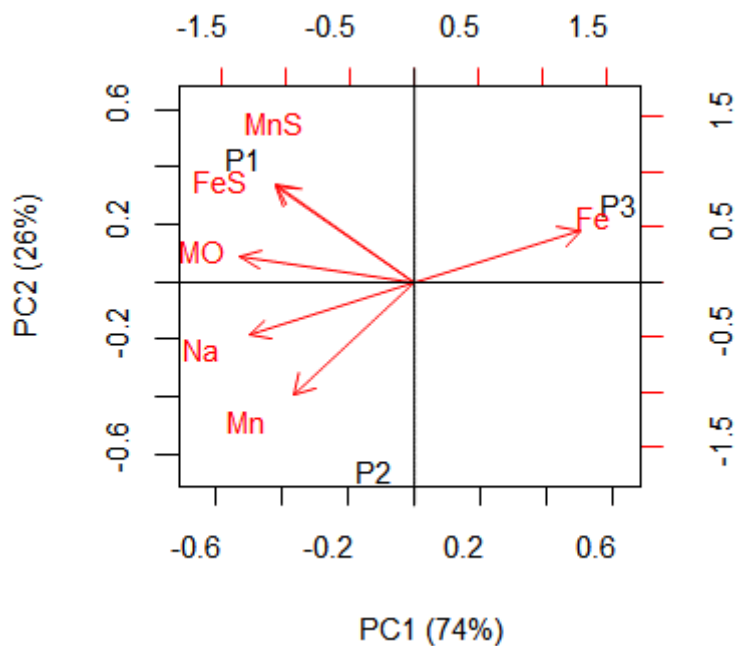
A Figura 134 apresenta a relação da concentração dos metais no sedimento e nas folhas de *R. mangle* em Barra Nova. Observa-se que o Fe e Mn foliar, FeS, MnS e MO no sedimento tem a mesma tendência, enquanto o Na está correlacionado negativamente a estes parâmetros com maior associação ao ponto 1.

Figura 134: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no manguezal de Barra Nova, São Mateus. Legenda: P1P/2: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.



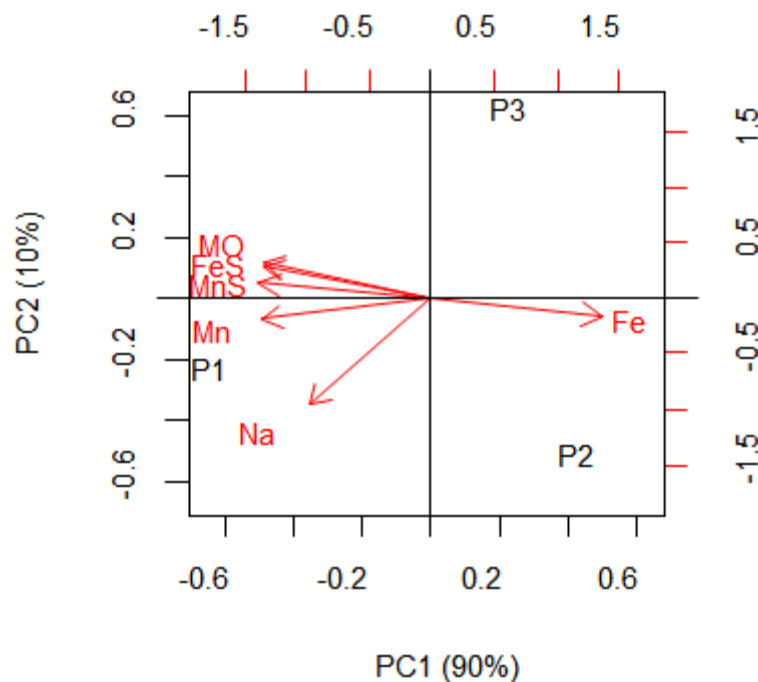
O Fe foliar apresentou correlação negativa de 99% em relação ao teor de Na e positiva em relação ao ponto 3 na análise dos metais no sedimento e nas folhas de *L. racemosa* em Barra Nova (Figura 135). Por outro lado, FeS e MnS no sedimento apresentaram correlação positiva de 99% com o ponto 1 e associação com a MO. O Na apresenta tendência oposta aos demais elementos e está relacionado ao ponto 2. O Mn nas folhas diminui com o aumento do Fe nestas estruturas e tem maior concentração no ponto 2.

Figura 135: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Laguncularia racemosa* no manguezal de Barra Nova, São Mateus. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário.



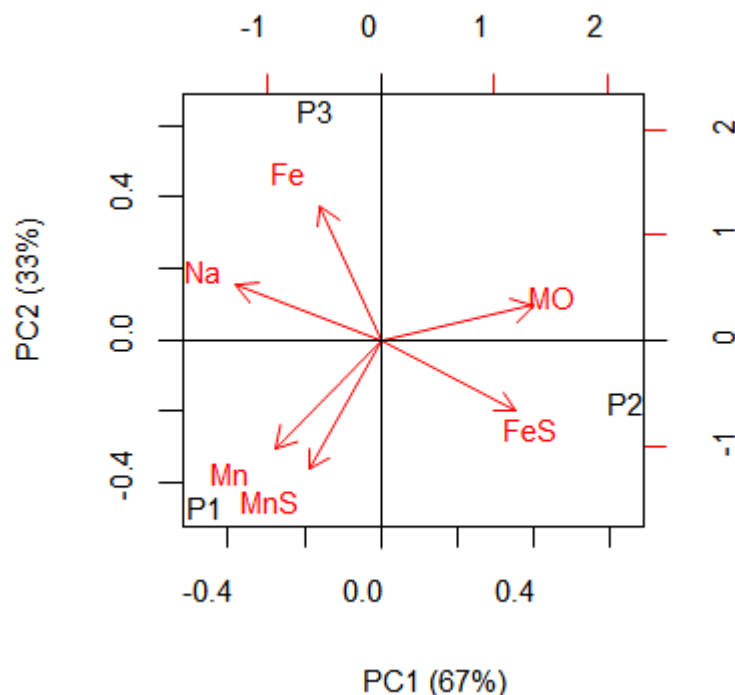
A Figura 136 apresenta a análise de PCA integrando ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *R. mangle* no ponto 1 e *L. racemosa* nos pontos 2 e 3 em Urussuquara. O Fe nas folhas possui correlação com os pontos 2 e 3 onde há predominância de *L. racemosa*. Nesses locais houve redução do Mn foliar. Contrariamente, as maiores concentrações de FeS, MnS e MO no sedimento e Mn nas folhas estão relacionadas ao ponto 1 onde domina a espécie *R. mangle*.

Figura 136: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha com ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no ponto 1 (P1) e *Laguncularia racemosa* nos pontos 2 (P2) e 3 (P3) no manguezal de Urussuquara, São Mateus.



A Figura 137 apresenta a relação entre a concentração de metais no sedimento e nas folhas em *R. mangle* no estuário do rio Caravelas. O Fe foliar apresentou correlação positiva de 99% em relação ao Mn foliar. Essa tendência de mesma direção entre os elementos foi observada em Barra Nova, mas sem correlação significativa. A concentração de MO no sedimento teve comportamento oposto aos teores de Fe e Mn foliar, mas apresentou uma leve tendência de correlação com o ponto 2 juntamente com o FeS no sedimento. Os elementos Mn e o Na apresentaram maior correlação com o ponto 1.

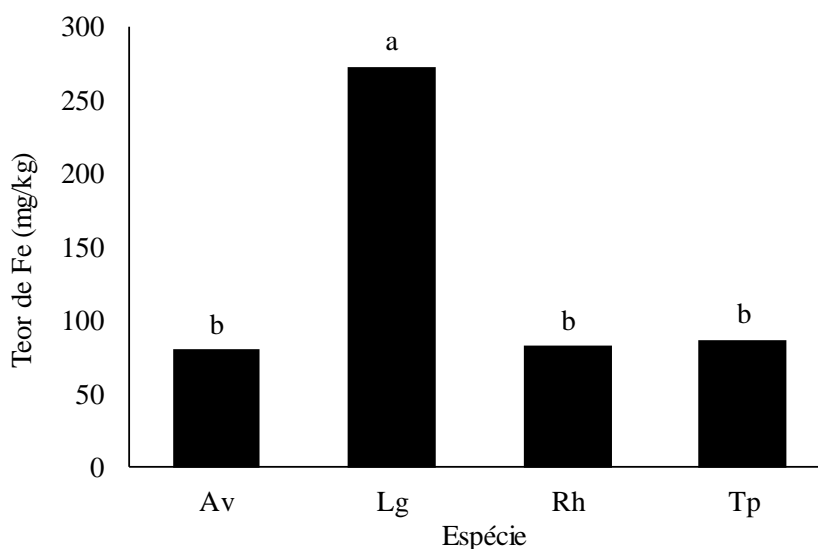
Figura 137: Análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre ferro (Fe), manganês (Mn) e sódio (Na) na folha e entre ferro (FeS), manganês (MnS) e matéria orgânica (MO) no sedimento para *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Caravelas, Caravelas. Legenda: P1/P2/P3: pontos de coleta localizados ao longo do estuário



3.6.4 Teste de média para locais, espécies e ponto de coleta

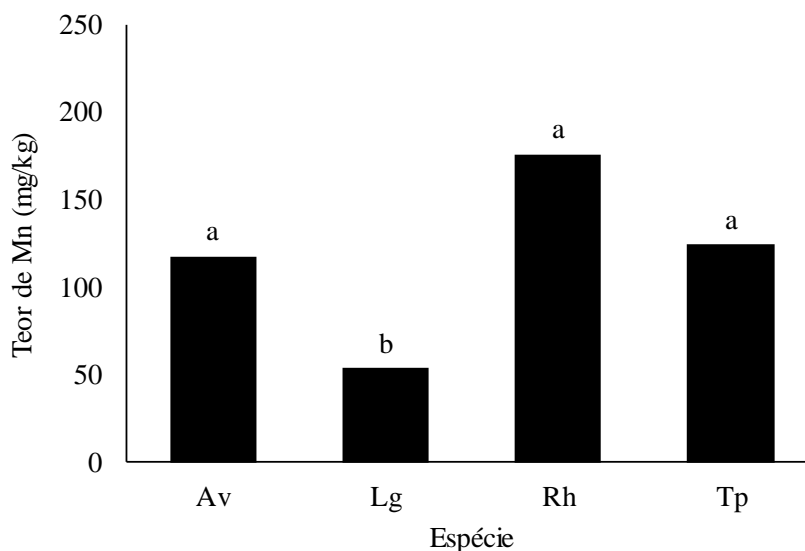
A Figura 138 apresenta as médias da concentração de Fe foliar por espécie. Observa-se que o acúmulo em *L. racemosa* é superior estatisticamente ($p < 0,05$) as demais espécies.

Figura 138: Comparação entre médias da concentração foliar de ferro (Fe) de *Avicennia schaueriana* (Av); *Laguncularia racemosa* (Lg); *Rhizophora mangle* (Rh) e *Talipariti* (Tp), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



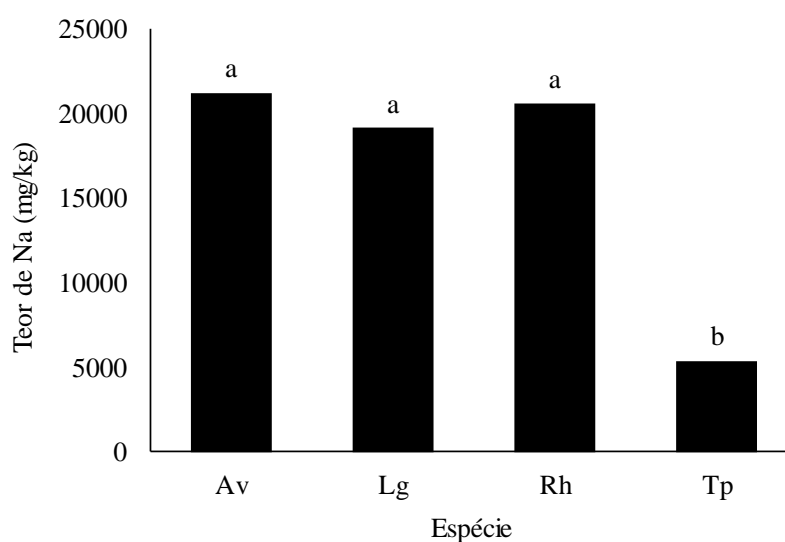
Por outro lado, a análise da concentração de Mn foliar entre as espécies mostrou que *L. racemosa* apresentou a menor concentração ($p < 0,05$) em relação às demais (Figura 139).

Figura 139: Comparação entre médias da concentração foliar de manganês (Mn) de *Avicennia schaueriana* (Av); *Laguncularia racemosa* (Lg); *Rhizophora mangle* (Rh) e *Talipariti* (Tp), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



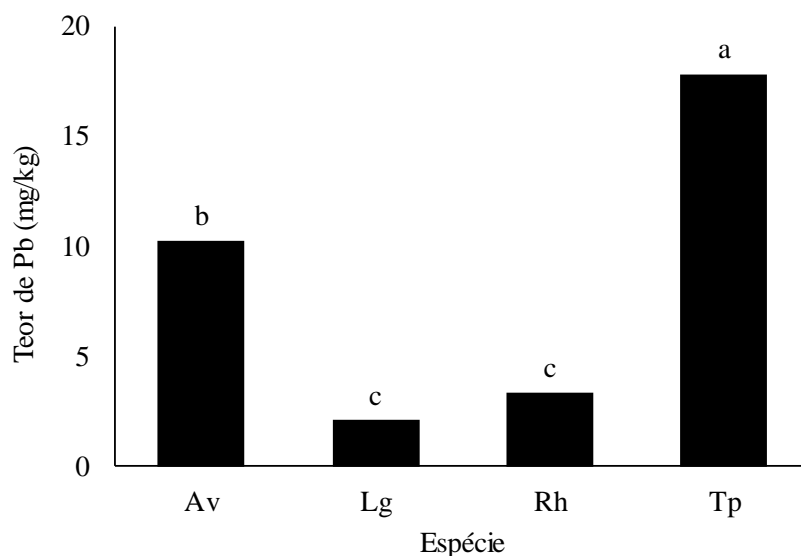
Os dados médios de concentração de Na foliar por espécie estão representados na Figura 140. Observa-se que a concentração desse nutriente em *T.* é inferior estatisticamente às demais espécies ($p < 0,05$) corroborando a influência da vazão do rio Doce sobre a região costeira.

Figura 140: Comparação entre médias da concentração foliar de sódio (Na) de *Avicennia schaueriana* (Av); *Laguncularia racemosa* (Lg); *Rhizophora mangle* (Rh) e *Talipariti* (Tp), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



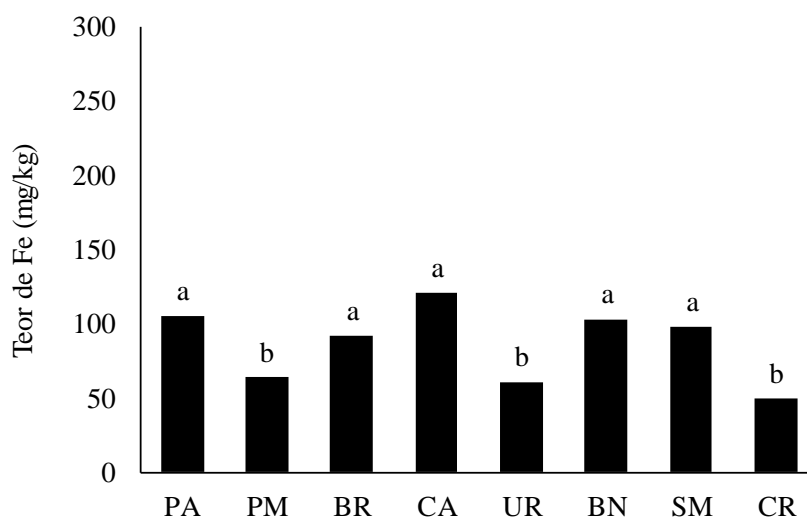
Todas as espécies estudadas apresentaram teores de chumbo (Pb) na folha. Na Figura 141, observa-se que o acúmulo deste elemento nas folhas de *T.* é superior estatisticamente às demais espécies ($p < 0,05$), chegando ao valor médio de $17,8 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Figura 141: Comparação entre médias da concentração foliar de chumbo (Pb) de *Avicennia schaueriana* (Av); *Laguncularia racemosa* (Lg); *Rhizophora mangle* (Rh) e *Talipariti* (Tp), pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



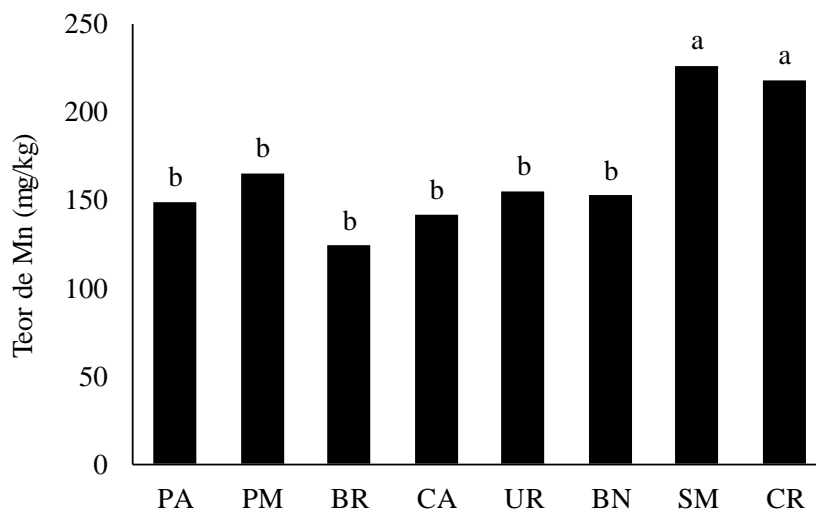
As médias da concentração de Fe foliar para *R. mangle* por local de coleta estão descritas na Figura 142. Observa-se que Caravelas, Urussuquara e Piraquê-Mirim apresentam as menores concentrações de Fe foliar em relação aos demais estuários.

Figura 142: Comparação entre médias da concentração foliar de ferro (Fe) de *Rhizophora mangle* por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



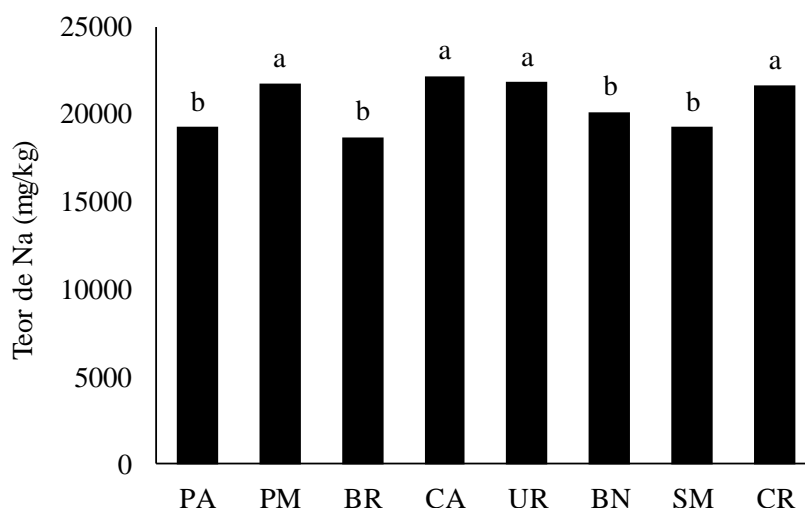
A Figura 143 apresenta as médias da concentração de Mn foliar para *R. mangle* por local de coleta. Observa-se que Caravelas e São Mateus apresentam maior concentração de Mn em relação aos demais estuários ($p < 0,05$).

Figura 143: Comparação entre médias da concentração foliar de manganês (Mn) de *Rhizophora mangle* por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



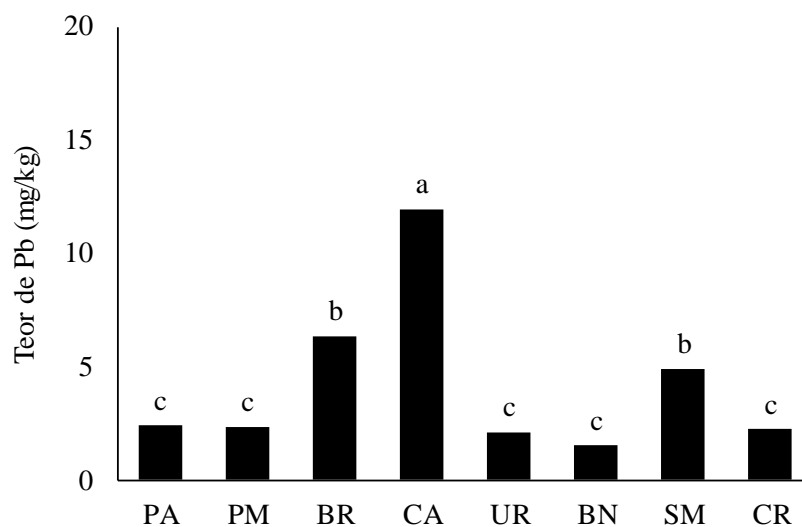
A Figura 144 apresenta as médias da concentração de Na foliar para *R. mangle* nos estuários de Caravelas, Urussuquara, Costa das Algas e Piraquê-Mirim. Nesses locais houve maior concentração de Na em relação aos demais estuários.

Figura 144: Comparação entre médias da concentração foliar de sódio (Na) para *Rhizophora mangle* por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



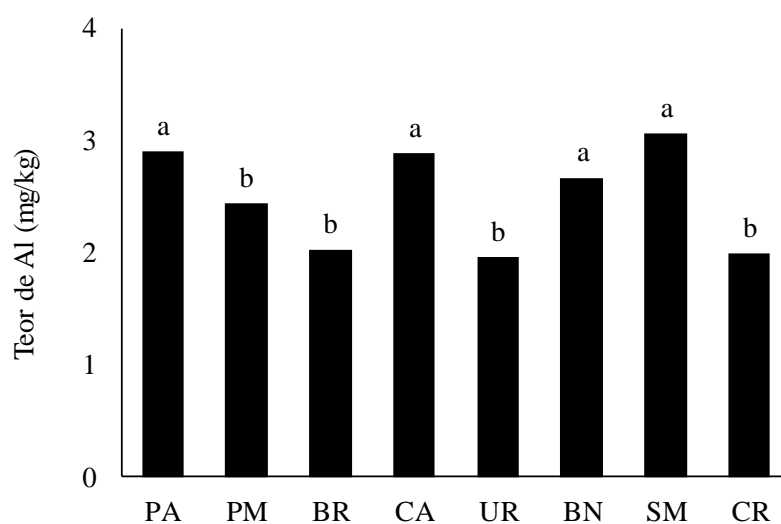
A Figura 145 apresenta as médias da concentração de Pb para *R. mangle* por local de coleta. Observa-se que em Costa das Algas há maior quantidade foliar de Pb. Os maiores teores para este elemento foram observados nos indivíduos localizados nos manguezais dos lateritos e do rio Sauê.

Figura 145: Comparação entre médias da concentração foliar de chumbo (Pb) para *Rhizophora mangle* por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



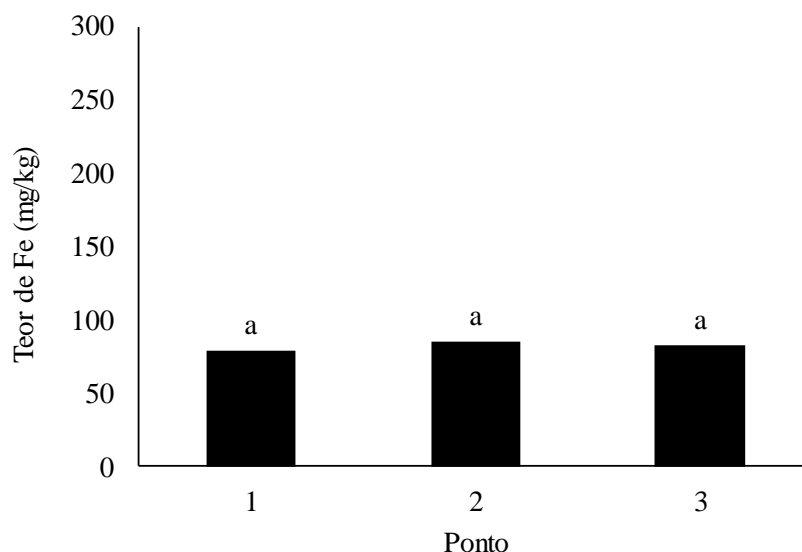
A Figura 146 apresenta as concentrações de alumínio (Al) mensuradas para *R. mangle* entre os estuários. Observa-se que São Mateus, Barra Nova, Costa das Algas e Piraquê-Açú registraram os maiores valores, comparativamente aos demais estuários para a mesma espécie.

Figura 146: Comparação entre médias da concentração foliar de alumínio (Al) para *Rhizophora mangle* por local de coleta, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



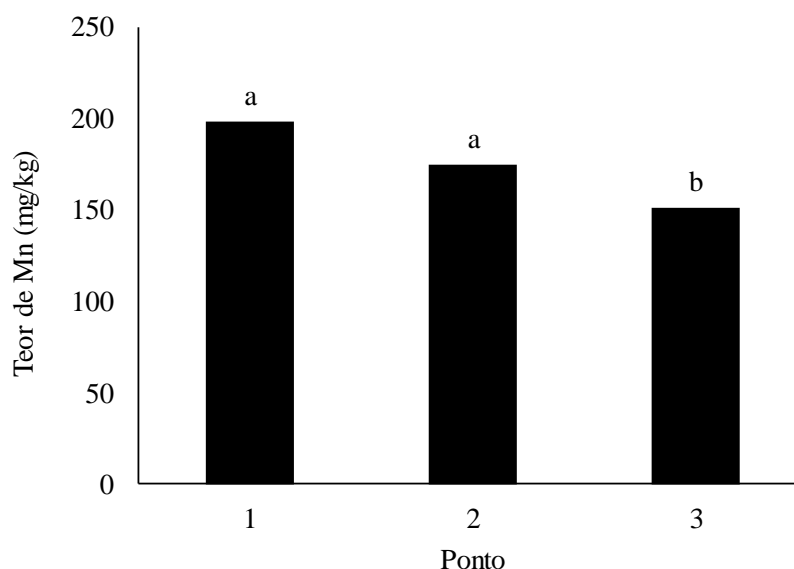
As médias da concentração foliar de ferro (Fe) por ponto de coleta (1, 2 e 3), em todos os estuários avaliados são apresentadas na Figura 147. Não foi observada diferença estatística para o Fe pelo teste de Scott-Knott com 5% de significância.

Figura 147: Comparação entre médias da concentração foliar de ferro (Fe) para *Rhizophora mangle*, por ponto de coleta (1, 2 e 3) considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



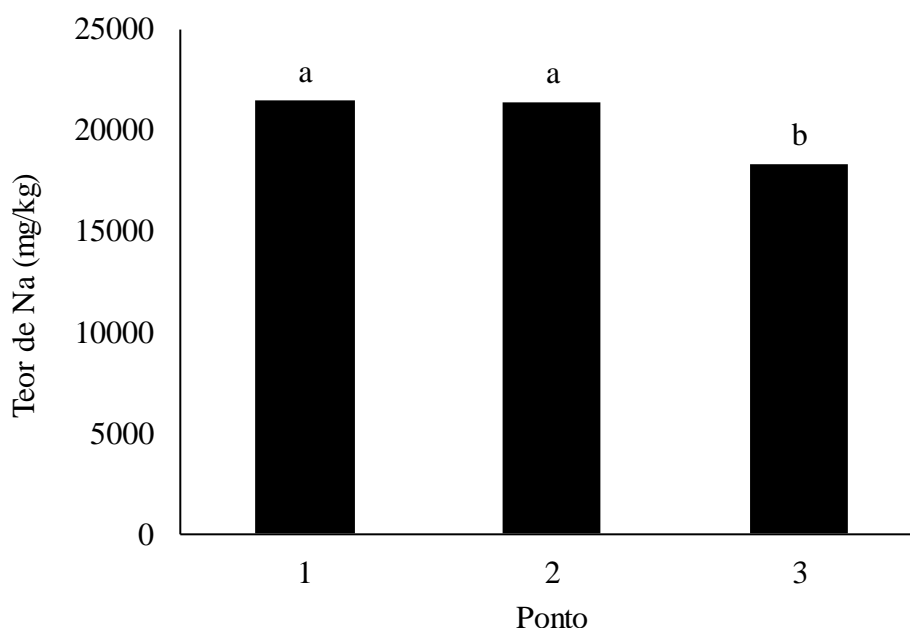
A Figura 148 apresenta as médias da concentração foliar de manganês (Mn) por ponto de coleta. Observa-se que nos pontos 1 e 2 houve maior concentração de Mn em relação ao 3 ($p < 0,05$). Estas análises em relação ao elemento permitem avaliar maior contribuição do ambiente costeiro e correlação com a salinidade conforme observado nas análises apresentadas anteriormente onde se evidencia a presença em maior concentração junto ao Na foliar.

Figura 148: Comparação entre médias da concentração foliar de manganês (Mn) para *Rhizophora mangle*, por ponto de coleta (1, 2 e 3) considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



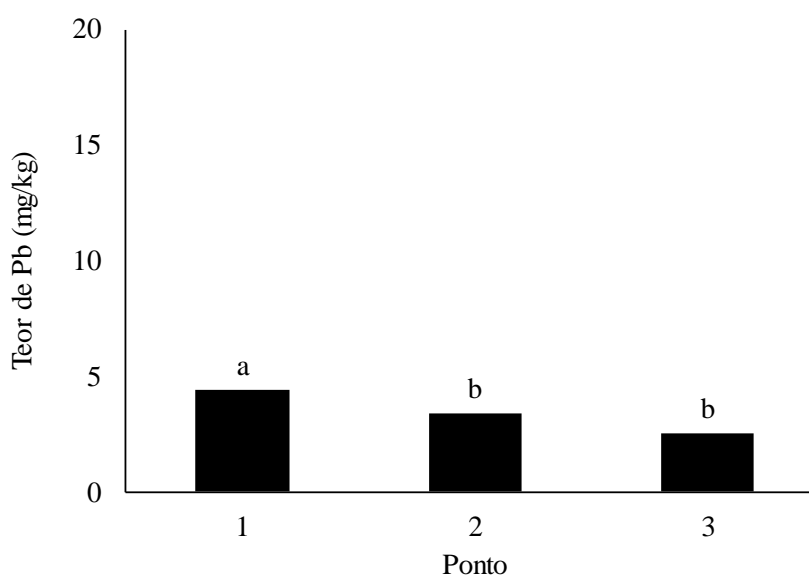
Na avaliação entre as médias da concentração foliar de sódio (Na) por ponto de coleta, as maiores concentrações foram observadas nos pontos 1 e 2, identificando domínio dos sistemas de marés nos estuários analisados, exceto para o rio Doce onde não há estuário (Figura 149).

Figura 149: Comparação entre médias da concentração foliar de sódio (Na) para *Rhizophora mangle*, por ponto de coleta (1, 2 e 3) considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



A Figura 150 apresenta as médias da concentração foliar de chumbo (Pb) por ponto de coleta. O maior valor foi registrado no ponto 1, estatisticamente diferente dos demais pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

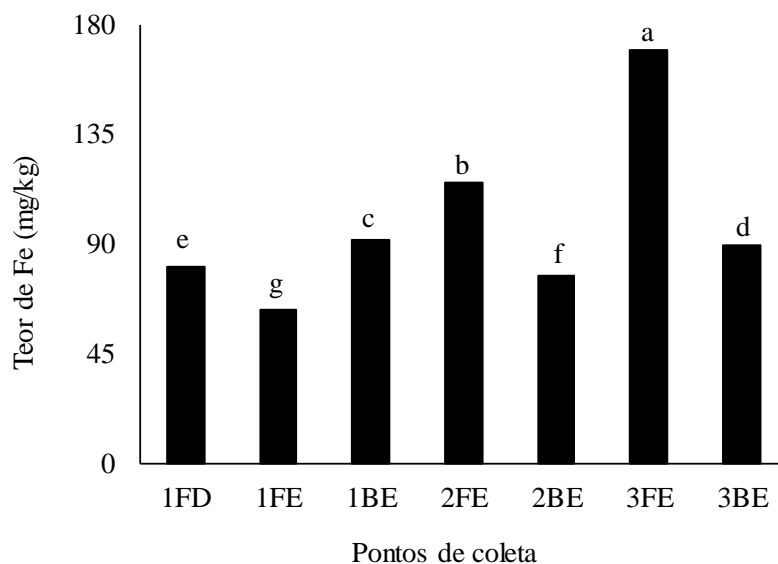
Figura 150: Comparação entre médias da concentração foliar de chumbo (Pb) para *Rhizophora mangle*, por ponto de coleta considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



A comparação entre médias para a concentração de ferro foliar (Fe) em *R. mangle* no rio São Mateus evidencia diferença estatística entre os pontos e margens (Figura 151). Devido a logística e precipitação, as parcelas referentes à margem direita deste rio não foram estabelecidas, o que inviabilizou a coleta de folhas na estação chuvosa. Destacam-se as parcelas da floresta da franja para

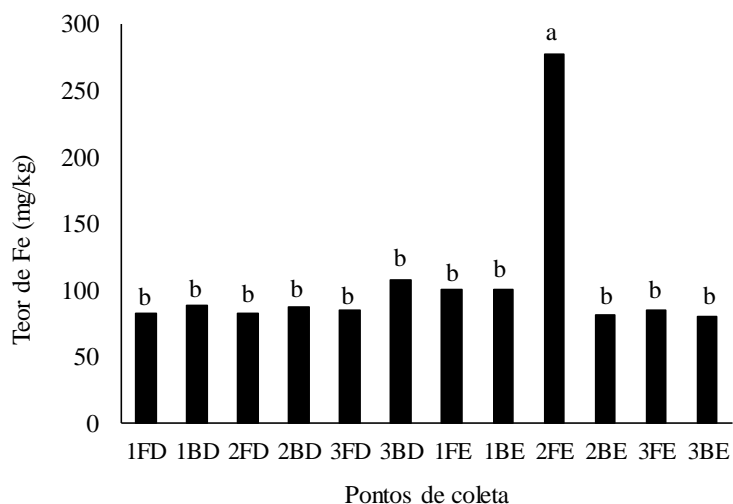
os pontos 3 e 2 como sendo os locais de maior teor desse elemento presente nas folhas. Resultados similares são apresentados na análise de Fe em sedimento.

Figura 151- Comparação entre a concentração média de ferro foliar (Fe) em *Rhizophora mangle* para as estações amostrais no estuário do rio São Mateus pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



Na Figura 152 observa-se diferença estatística entre os pontos amostrais para a concentração de Fe no estuário do rio Piraquê-Açú. Os valores ultrapassam o limite máximo de referência de 92,6 mg.kg⁻¹ (Cuzzuol e Campos, 2001) assumido nesta análise para as estações 1FE (100,2), 1BE (100,8), 2FE (278,2) e 3BD (106,2). No ponto 2FE, o valor registrado de Fe (278,2 mg.kg⁻¹) é 3 (três) vezes maior que o limite considerado como referência (Figura 151).

Figura 152: Comparação entre a concentração média de ferro foliar (Fe) em *Rhizophora mangle* para as estações amostrais no estuário do rio Piraquê-Açú, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

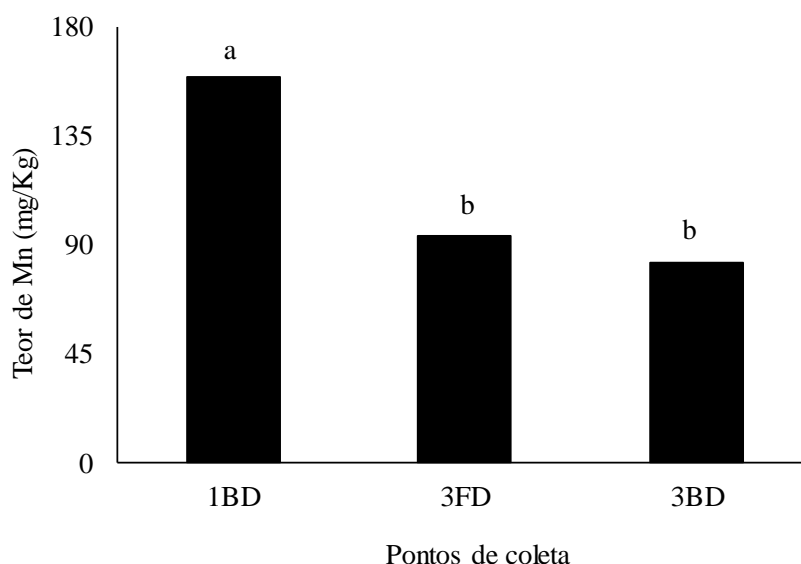


Nas parcelas de Barra Nova e Barra do Riacho, os teores de Fe nos pontos 1FE (140,2 mg.kg⁻¹) e 1FD (136,6 mg.kg⁻¹), respectivamente, ficaram acima do limite máximo de 92,6 mg.kg⁻¹ (Tabela 23). Apesar

de ultrapassar o limite, não foi observada diferença estatística entre os pontos em cada local ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

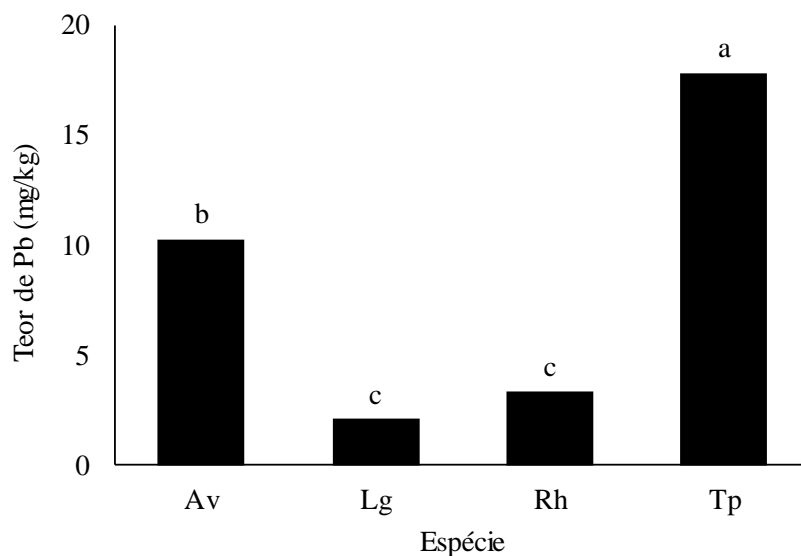
Em relação ao Mn, observou-se na estação 1BD do rio São Mateus, teor acima do limite máximo para *L. racemosa*, com concentração de 159,80 mg.kg⁻¹ (Figura 153) em comparação ao limite de 112,40 mg.kg⁻¹ (Cuzzuol e Campos, 2001).

Figura 153: Comparação entre a concentração média de manganês foliar (Mn) em *Laguncularia racemosa* nas estações amostrais no estuário do rio São Mateus, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



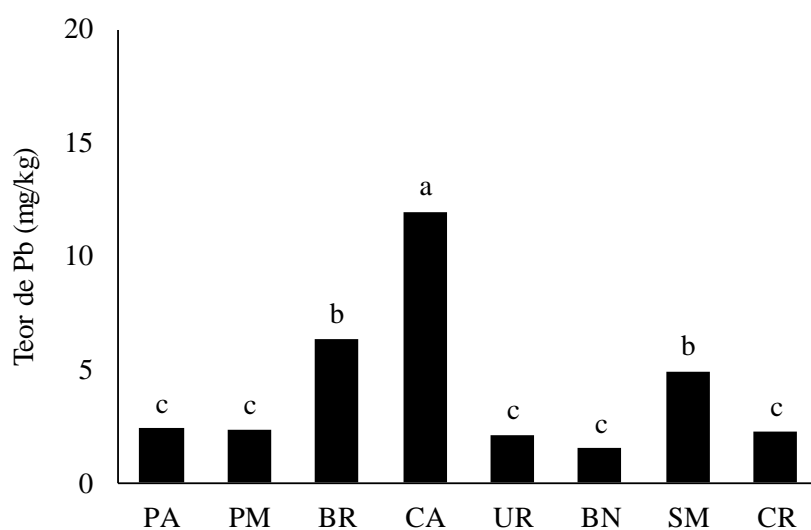
A Figura 154 apresenta os valores médios da concentração de chumbo nas folhas de diferentes espécies. Observa-se que *T.* e *A. schaueriana* registraram os maiores valores deste elemento, isto é, 17,8 mg.kg⁻¹ e 10,25 mg.kg⁻¹, respectivamente, considerando o limite de 10,00 mg.kg⁻¹ estabelecido por Kabata-Pendias (2011).

Figura 154: Comparação entre a concentração média de chumbo foliar (Pb) das espécies *Talipariti pernambucense* (Tp), *Rhizophora mangle* (Rh), *Laguncularia racemosa* (Lg) e *Avicennia schaueriana* (Av) considerando todos os estuários monitorados, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



A Figura 155 apresenta os valores de chumbo para todos os estuários, sendo registrado maior concentração desse elemento em Costa das Algas (11,95 mg.kg⁻¹), com valor acima do limite máximo de 10,00 mg.kg⁻¹ (Kabata-Pendias, 2011).

Figura 155: Comparação entre a concentração média de chumbo foliar (Pb) por estuário de coleta das amostras, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



Nesse contexto, dado sua toxicidade, ressalta-se que os valores de Pb encontrados em São Mateus (ponto 3 na floresta de bacia), em Barra do Riacho (ponto 3 na floresta de franja), em Costa das Algas (pontos 1 e 2) e em todos os pontos do Rio Doce ultrapassaram os definidos para material foliar. Entre

as espécies, destacam-se *R. mangle*, presente em todas as áreas acima citadas, exceto rio Doce onde há predominância de *T. pernambucense*, e *A. schaueriana* em Costa das Algas (ponto 1 - praia).

3.7 ATIVIDADE ANTIRRADICALAR

Um total de 245 amostras de três espécies de plantas coletadas em sete estuários diferentes foram analisadas em triplicata para obtenção do IC₅₀ (Tabela 28). Dentre as amostras, a espécie mais coletada foi a *R. mangle*, com 205 amostras, apresentando o menor IC₅₀ médio de 13,937 µg mL⁻¹ (ppm) no estuário do rio Piraquê-Mirim e o maior IC₅₀ médio de 34,432 µg mL⁻¹ (ppm) na região de Costa das Algas.

Tabela 28: Concentração necessária para inibir 50% do radical DPPH (IC₅₀ médio) obtido para as espécies coletadas: *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* e *Talipariti pernambucense* nos estuários monitorados

Local	Espécie	Número de amostras	IC ₅₀ (µg mL ⁻¹)		
			Menor	Maior	(média ± SD)
Urussuquara	<i>Laguncularia racemosa</i>	121 – 140 (total: 20)	5,24	21,01	11,370 ±3,194
Piraquê-Mirim	<i>Rhizophora mangle</i>	61 – 120 (total: 60)	6,02	34,02	13,937 ±4,328
Piraquê-Açu	<i>Rhizophora mangle</i>	1 – 60 (total: 60)	8,22	30,30	15,129 ±3,560
Costa das Algas	<i>Avicennia schaueriana</i>	171 – 175 (total: 5)	47,80	72,68	60,703±9,872
Costa das Algas	<i>Rhizophora mangle</i>	176 – 185 (total: 10)	5,03	71,63	30,302 ±26,178
Barra do Riacho	<i>Rhizophora mangle</i>	141 – 155 (total: 15)	12,67	30,38	20,967 ±4,451
Rio Doce	<i>Talipariti pernambucense</i>	156 – 170 (total: 15)	10,84	27,11	17,380 ±4,188
Caravelas	<i>Rhizophora mangle</i>	186 – 245 (total: 60)	5,37	119,88	16,395 ±16,894

A espécie *T.pernambucense*, com 15 amostras coletas no Rio Doce, apresentou atividade antirradicalar DPPH com IC₅₀ médio de 17,380 µg mL⁻¹ (ppm), valor próximo a média encontrada para o IC₅₀ de *R. mangle*.

O menor IC₅₀ médio de 11,370 µg mL⁻¹ (ppm) para DPPH foi encontrado nas vinte amostras da espécie *L. racemosa*, coletadas em Urussuquara. O maior IC₅₀ médio de 72,030 µg.mL⁻¹ (ppm) foi encontrado nas cinco amostras de *A. schaueriana*, coletadas em Costa das Algas (Tabela DPPH - Apêndice). O valor mais alto obtido nessa espécie demonstra menor capacidade oxidante. Por outro lado, a amostra 185 do ponto 2 (rio Sahy), onde há predominância de *R. mangle*, apresentou IC₅₀ médio três vezes

menor do que a média das demais amostras no mesmo local, evidenciando sua maior capacidade oxidante.

As amostras coletadas em Caravelas apresentaram grande diferença entre o menor e o maior IC50, isto é, 5,365 e 119,880 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (ppm), respectivamente (Tabela 28). As amostras 208, 209 e 210 obtiveram valores médios mais elevados de IC50 do que as demais amostras, com valores de 72,147, 49,629 e 119,880 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (ppm), respectivamente. Esses valores elevaram a média do IC50 neste local de coleta, mas não significativamente, pois o IC50 médio foi de 13,016 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (ppm) quando estas amostras foram retiradas do cálculo.

A Figura 156 mostra a distribuição estatística conforme os estuários de coleta das amostras. As amostras apresentaram desvio relativamente grande, ou seja, mostram-se estatisticamente iguais considerando-se globalmente os dados (detalhamento na Tabela DPPH - Apêndice). Não há indícios de efeito proveniente da contaminação, pois os valores enquadram-se com os perfis médios obtidos na literatura. Na Figura 157 destaca-se o intervalo de confiança de 95% para as amostras analisadas para o radical DPPH, ressaltando-se também sua similaridade estatística. Por mais que a média de *T.* tenha se localizado fora do intervalo de confiança, seu desvio padrão é relativamente grande e o torna semelhante as demais amostras.

Figura 156: Distribuição estatística (Boxplot) das análises de DPPH para as amostras coletadas das diferentes espécies nos estuários monitorados.

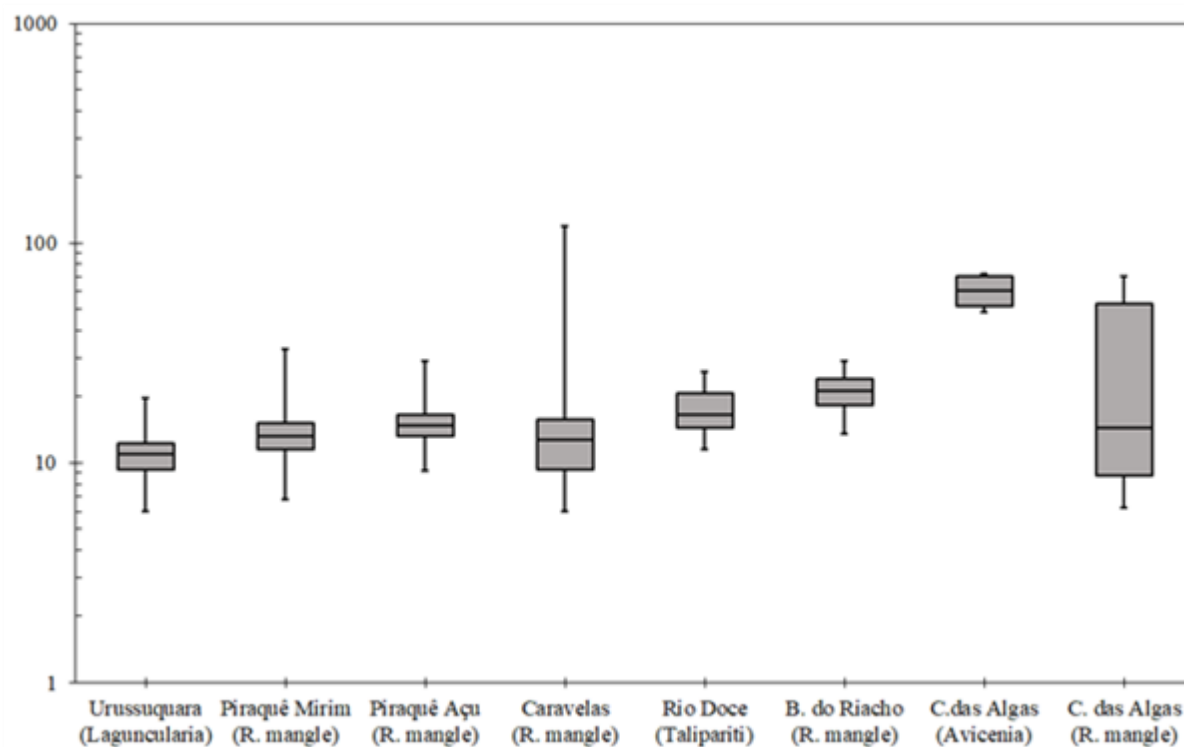
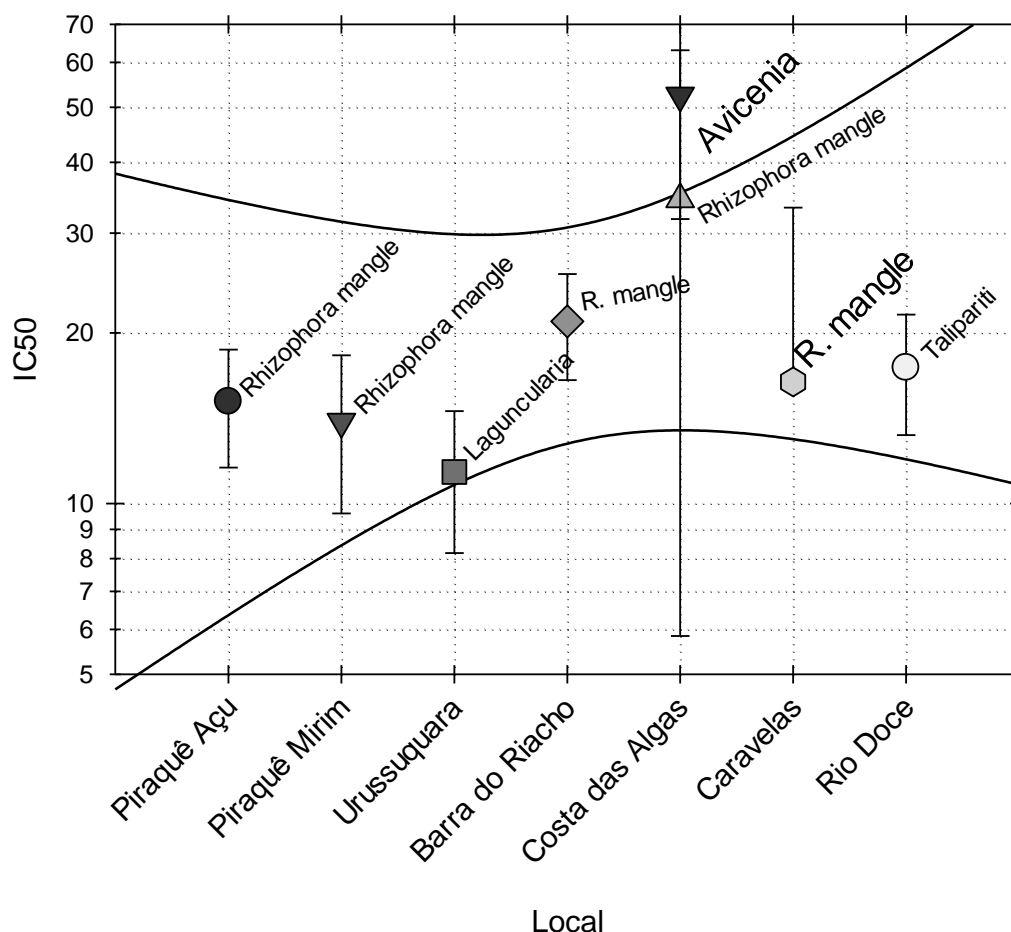


Figura 157: Intervalo de confiança para as amostras onde foram analisados o DPPH e considerando a média das amostras.



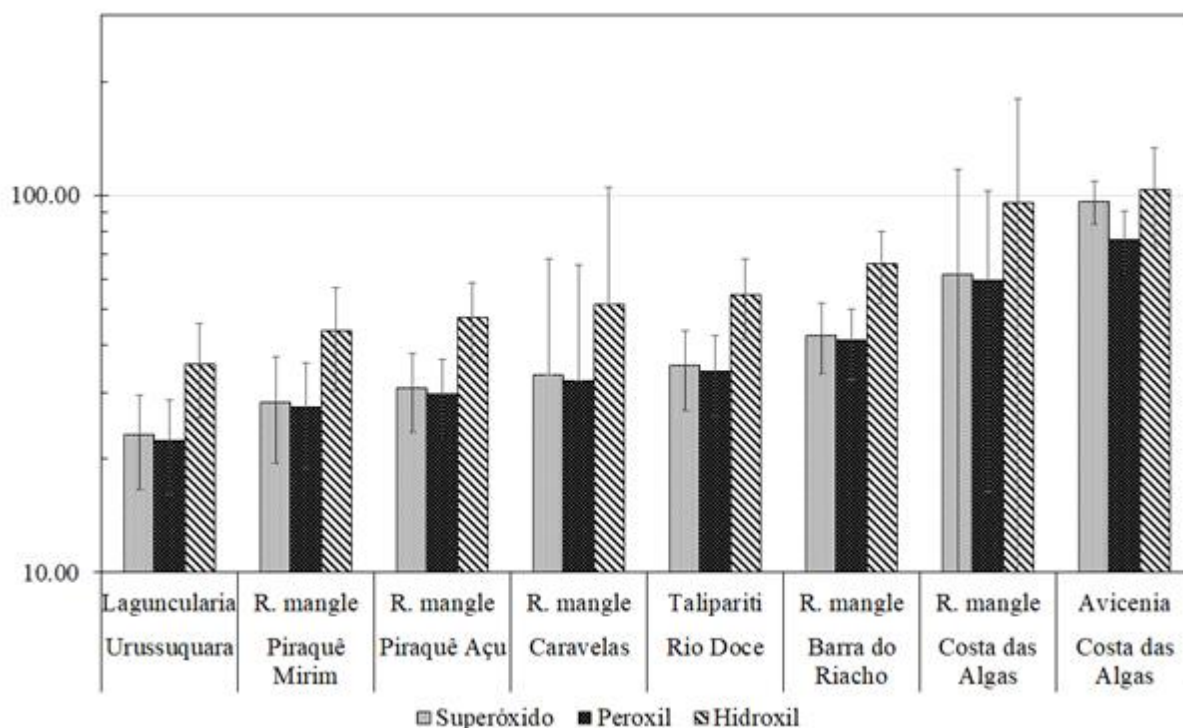
A Tabela 29 e a Figura 158 apresentam um panorama geral dos resultados obtidos para as análises dos radicais analisados nas espécies *A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle* e *T.pernambucense* nos estuários monitorados.

Tabela 29: Compilação dos resultados obtidos para a análise antiradicalar das amostras das espécies de mangue avaliadas nos estuários monitorados do PMBA

Local	Espécie	Número de amostras	Ensaio	Unidade	Menor	Maior	Média	DESVIO PADRÃO (SD ±)
Piraquê-Mirim	<i>Rhizophora mangle</i>	61 – 120 (total: 60)	DPPH	(µg mL ⁻¹)	6,025	34,01	13,93	4,32
			Superóxido	%	13,91	66,83	28,34	8,80
			Peroxil	%	13,45	64,63	27,41	8,51
			Hidroxil	%	21,49	99,29	43,73	13,31
Piraquê-Açu	<i>Rhizophora mangle</i>	1 – 60 (total: 60)	DPPH	(µg mL ⁻¹)	8,225	30,29	15,12	3,56
			Superóxido	%	18,80	58,88	30,77	7,24

Local	Espécie	Número de amostras	Ensaio	Unidade	Menor	Maior	Média	DESVIO PADRÃO (SD ±)
			Peroxil	%	18,18	56,93	29,75	7,00
			Hidroxil	%	29,06	91,00	47,55	11,19
Costa das Algas	<i>Rhizophora mangle</i>	176 – 185 (total: 10)	DPPH	(µg mL ⁻¹)	5,03	71,63	30,30	26,18
			Superóxido	%	12,69	142,86	61,62	55,14
			Peroxil	%	1,00	138,13	59,59	43,22
			Hidroxil	%	19,61	220,78	95,24	85,21
Costa das Algas	<i>Avicennia schaueriana</i>	171 – 175 (total: 5)	DPPH	(µg mL ⁻¹)	47,80	72,68	60,70	9,87
			Superóxido	%	77,54	108,4	96,51	12,52
			Peroxil	%	57,75	95,92	76,29	14,36
			Hidroxil	%	73,36	153,31	103,20	30,38
Barra do Riacho	<i>Rhizophora mangle</i>	141 – 155 (total: 15)	DPPH	(µg mL ⁻¹)	12,661	30,37	20,96	4,45
			Superóxido	%	27,61	58,94	42,64	9,05
			Peroxil	%	26,70	56,99	41,23	8,75
			Hidroxil	%	42,67	91,09	65,90	13,99
Rio Doce	<i>Talipariti pernambucense</i>	156 – 170 (total: 15)	DPPH	(µg mL ⁻¹)	10,840	27,11	17,38	4,18
			Superóxido	%	23,32	52,55	35,34	8,52
			Peroxil	%	22,55	50,82	34,18	8,24
			Hidroxil	%	36,04	81,22	54,62	13,16
Urussuquara	<i>Laguncularia racemosa</i>	121 – 140 (total: 20)	DPPH-IC50	(µg mL ⁻¹)	5,240	21,009	11,370	3,19
			Superóxido	%	12,28	40,03	23,12	6,49
			Peroxil	%	11,87	38,71	22,36	6,28
			Hidroxil	%	18,97	61,87	35,73	10,04
Caravelas	<i>Rhizophora mangle</i>	186 – 245 (total: 60)	DPPH	(µg mL ⁻¹)	5,365	119,88	16,39	16,89
			Superóxido	%	12,18	242,12	33,34	34,36
			Peroxil	%	11,77	234,11	32,24	33,22
			Hidroxil	%	18,82	374,18	51,53	53,09

Figura 158: Resultados obtidos para os radicais superóxido, peroxil e hidroxil nas amostras de *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* e *Talipariti pernambucense* nos estuários monitorados do PMBA.



3.8 PIGMENTOS

3.8.1 Perfil cromatográfico dos pigmentos fotossintetizantes, teste de médias e índice de área foliar

As concentrações dos pigmentos fotossintetizantes e índice de área foliar (IAF) apresentaram alterações em relação aos estuários e as espécies. Os dados analisados estatisticamente mostraram diferença significativa ($p \leq 0.05$) entre os pontos dos estuários e suas respectivas espécies de planta de mangue (*R. mangle*, *L. racemosa*, *A. schaueriana* e *T.*).

No estuário Piraquê Açu, maiores concentrações de clorofila *a* e clorofila *b* foram observados na estação amostral P3FE, com área de pico cromatográfico de 8068160 AU e 2454070 AU, respectivamente (Figura 159 A; Figura 160 A e B). Os menores valores para ambas as clorofilas foram no ponto P2FE, com áreas de 938005 AU para clorofila *a* e 642452 AU para clorofila *b* (Figura 159 B; Figura 160 A e B). Não houve diferença significativa ($p \leq 0.05$) para as concentrações de carotenoides, razão clorofila *a*/clorofila *b* e IAF (Figura 160 C, D e G).

Figura 159: Perfil cromatográfico obtido pela técnica de HPLC (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* nas estações amostrais P3FE (A) e P2FE (B) no estuário do rio Piraquê Açu. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chl*a*) e clorofila *b* (Chl*b*).

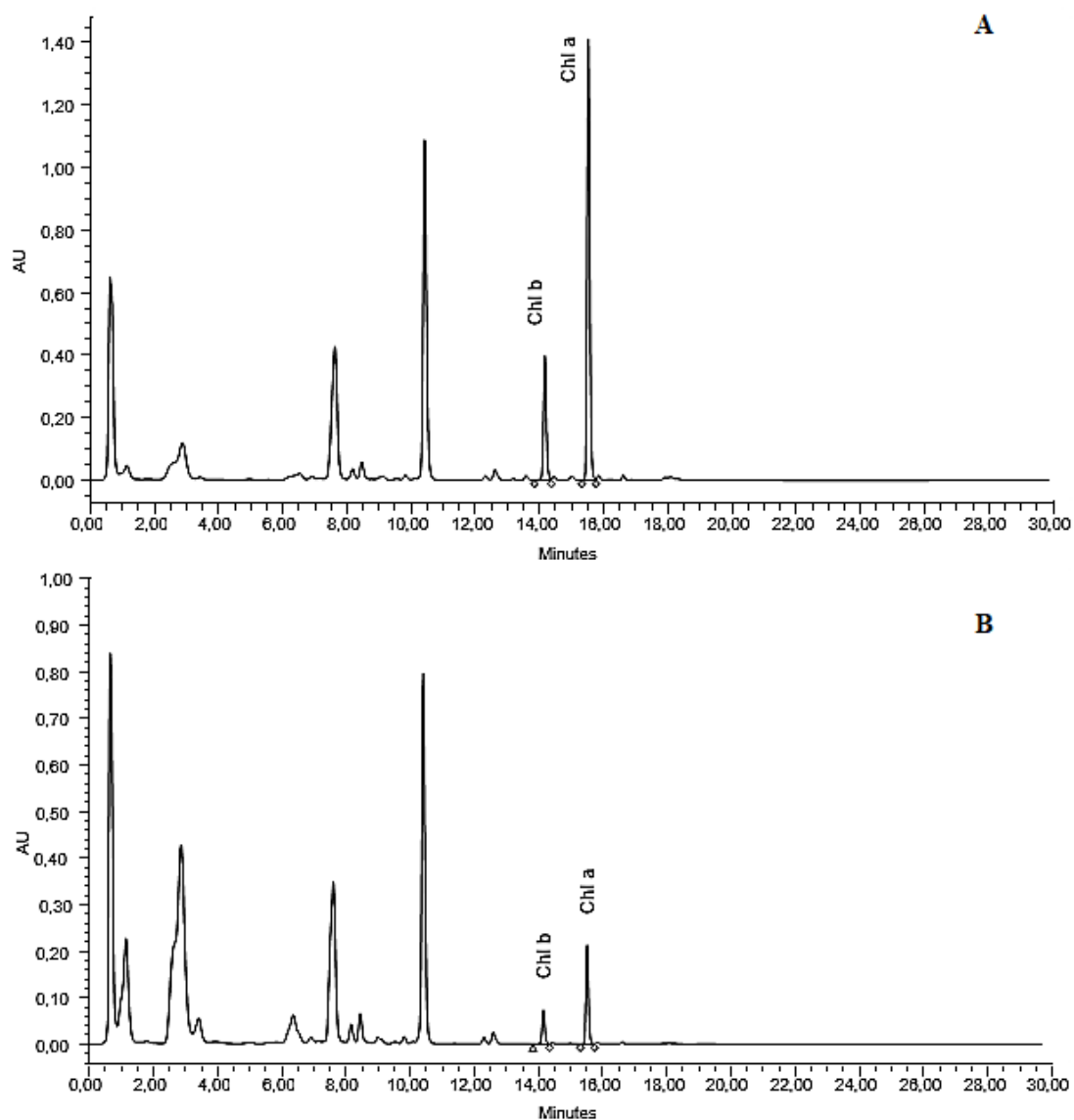
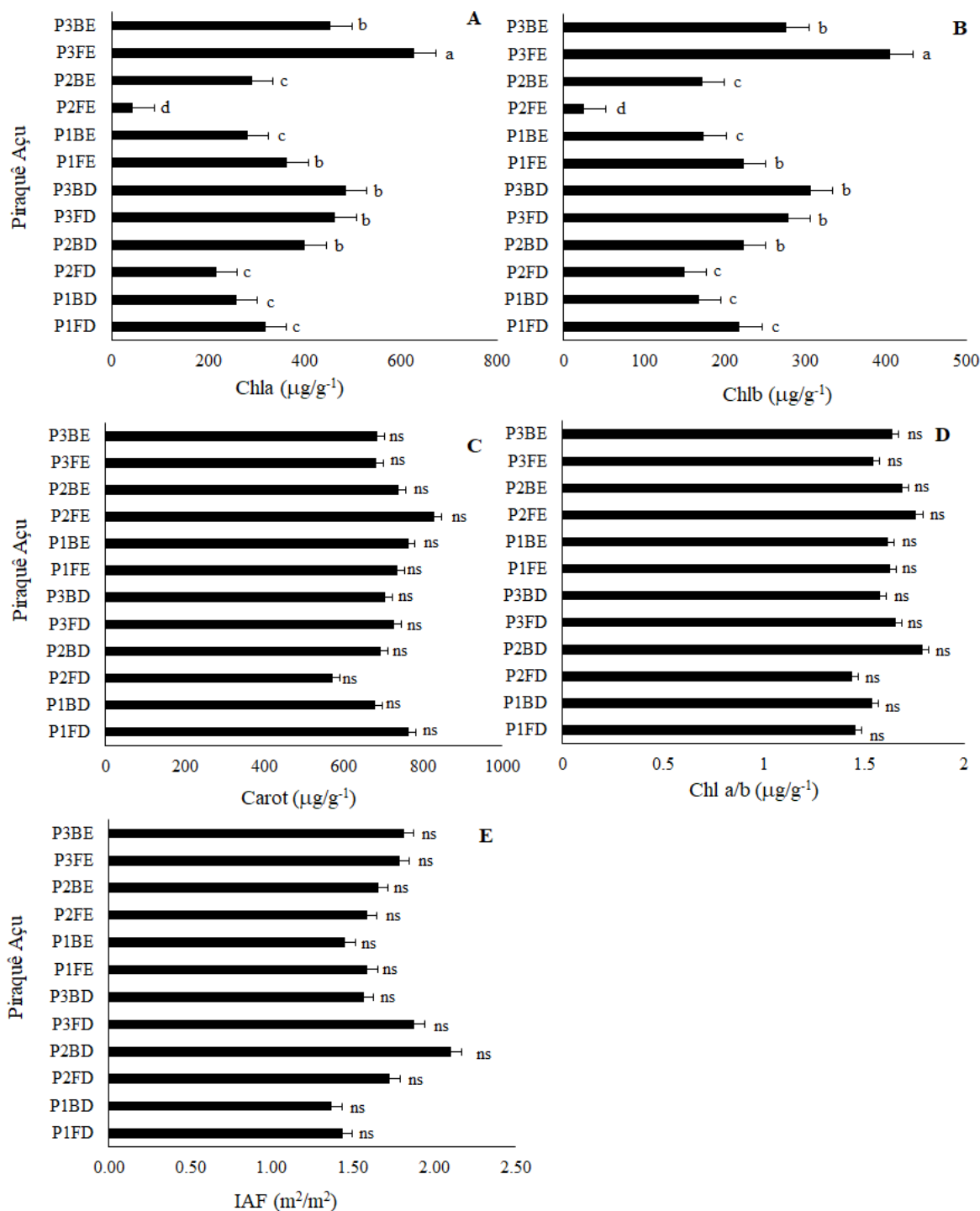


Figura 160: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chla/*b* (D) e índice de área foliar – IAF (E) de *Rhizophora mangle* nas estações amostrais no estuário do rio Piraquê Açu, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



Não houve diferença significativa ($p \leq 0.05$) para carotenoide e razão clorofila *a*/clorofila *b* nas estações analisadas no estuário do rio Piraquê Mirim (Figura 162 C e D). No perfil cromatográfico, a maior concentração de clorofila *a* foi na estação P1FD com área máxima de 3431491 AU observada na Figura 161A. Por outro lado, as menores concentrações de clorofila *a* e clorofila *b* são observados em P1FE,

com área de 1658353 AU e 585686 AU, respectivamente (Figura 161 B). Grande variação foi observada para o parâmetro IAF, com maiores valores para a estação P2BD e menores para P1FE (Figura 162 E).

Figura 161: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* nas estações amostrais P1FD (A) e P1FE (B) no estuário do rio Piraquê Mirim. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chl *a*) e clorofila *b* (Chl *b*).

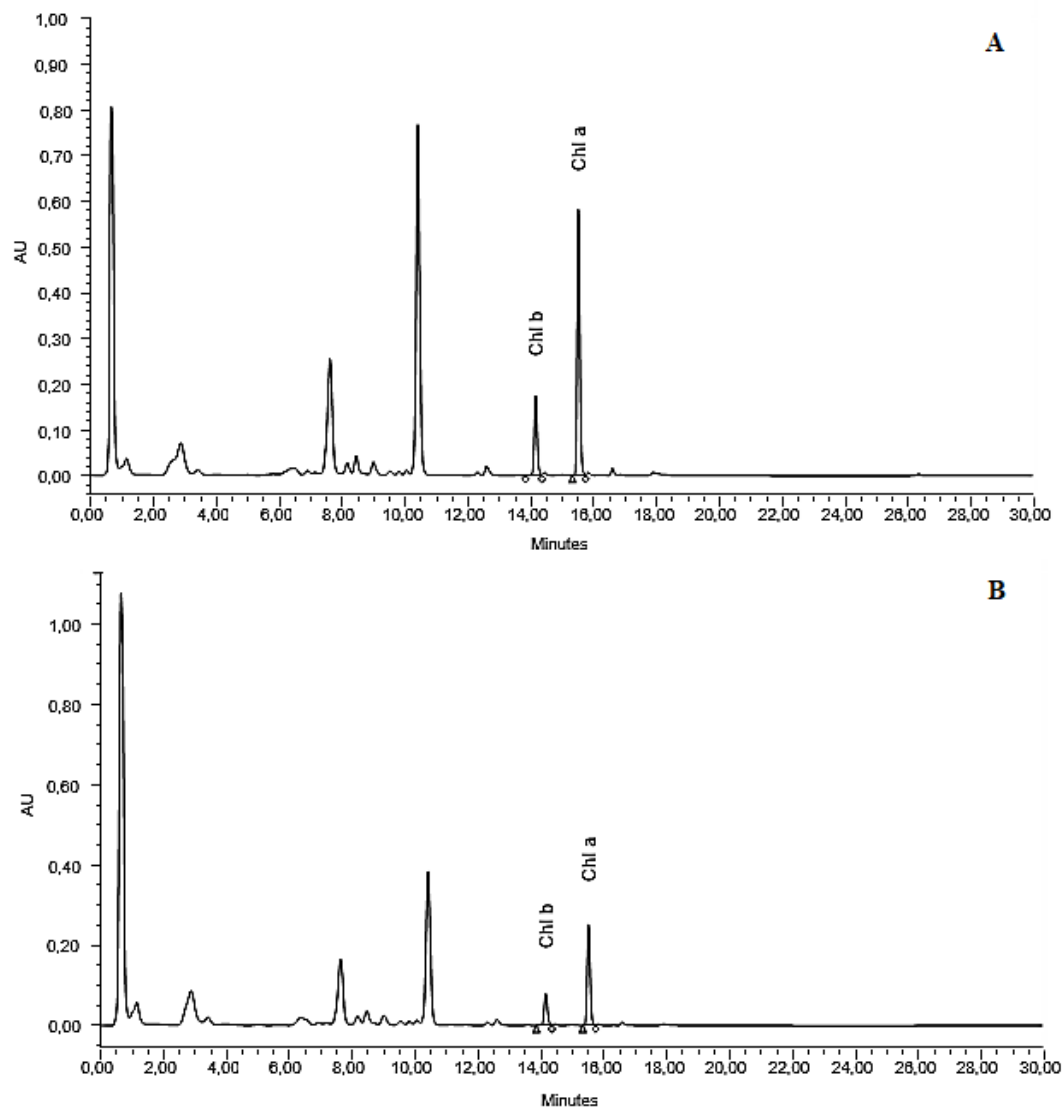
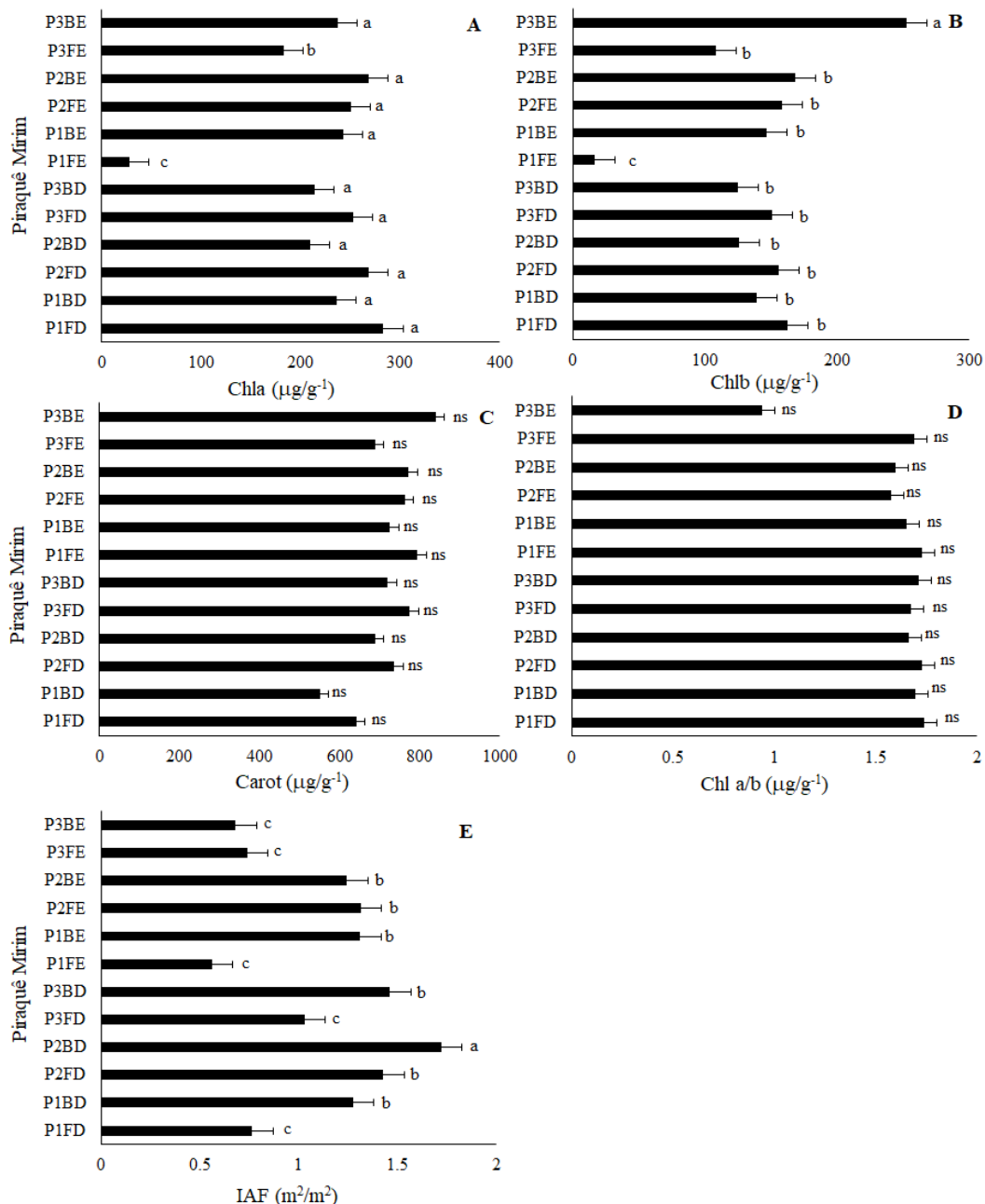


Figura 162: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chl *a/b* e índice de área foliar – IAF (E) de *Rhizophora mangle* nas estações amostrais no estuário do rio Piraquê Mirim, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



Para Costa das Algas, houve diferença significativa nos dois pontos analisados ($p \leq 0.05$). No ponto 1 (P1 - Praia), onde a espécie predominante é *A. schaueriana*, os picos cromatográficos apresentaram valores reduzidos de área, com 964430 AU e 406540 AU para clorofila *a* e clorofila *b*, respectivamente. No ponto 3 (P2 - Sahy), maiores valores de clorofila *a* e clorofila *b* foram encontrados para *R. mangle*, com áreas de 54539390 AU e 16788440 AU, respectivamente (Figura 163 A e B, Figura 164 A e B). Contrariamente, os valores de carotenoides foram maiores para *A. schaueriana* (P1) e menores para

R. mangle (P2) (Figura 6 B). Não houve diferença significativa para razão clorofila *a*/clorofila *b* ($p \leq 0.05$) (Figura 164 C).

Figura 163: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Avicennia schaueriana* no P1 - Praia (A) e *Rhizophora mangle* no P2- Sahy (B) em Costa das Algas. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chl*a*) e clorofila *b* (Chl*b*).

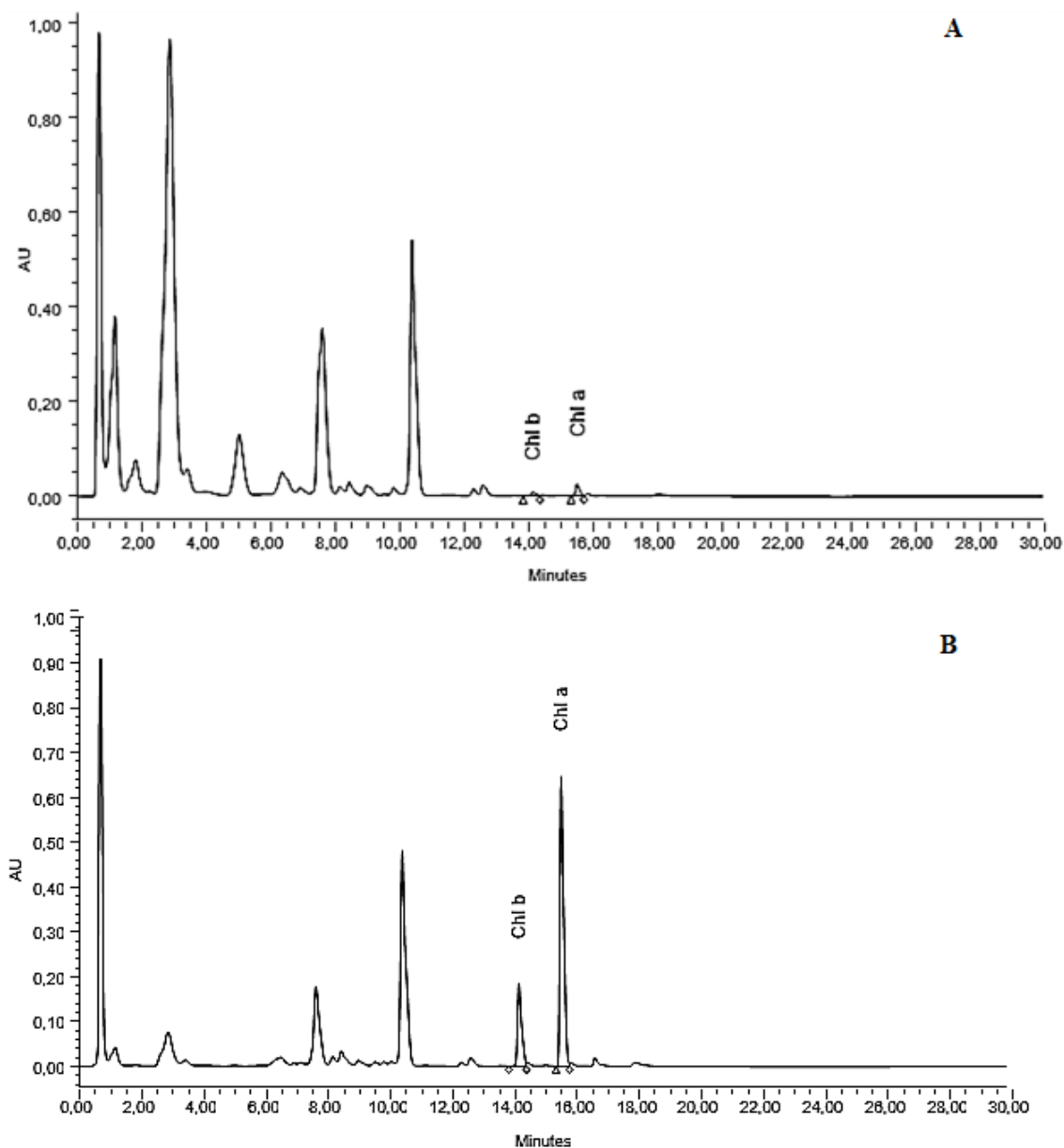
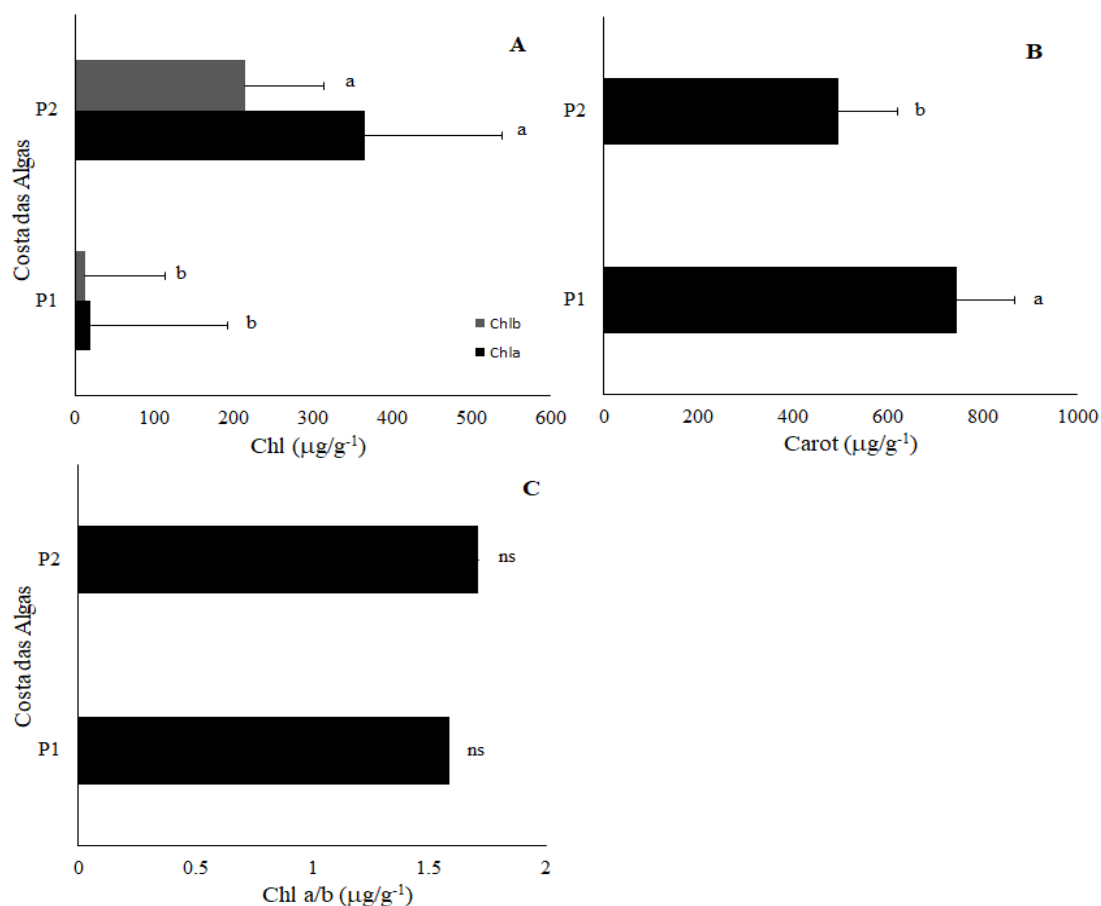


Figura 164: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla, clorofila *b* – Chlb (A) e carotenoide – Carot (B) e razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chl *a/b* (C) de *Avicennia schaueriana* (P1 - Praia) e *Rhizophora mangle* (P2 - Sahy) em Costa das Algas, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



A espécie *T. pernambucense* predominante no Rio Doce apresentou maiores valores para clorofila *a* no ponto P3E, com área de 321084870 AU (Figura 165 A e Figura 166 A). Os resultados obtidos para a concentração de clorofila *b* foram significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) nos pontos P2D e P1E, com áreas de 151642970 AU e 149590400 AU, respectivamente (Figura 165B e Figura 166 B), mostrando que as clorofilas apresentaram comportamentos distintos entre os pontos. Maiores valores de carotenoides e razão clorofila *a*/clorofila *b* foram observados nos pontos P1E e P3E (Figura 166 B e C).

Figura 165: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Talipariti* nos pontos P3E (A) e P1E (B) no Rio Doce. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chl*a*) e clorofila *b* (Chl*b*).

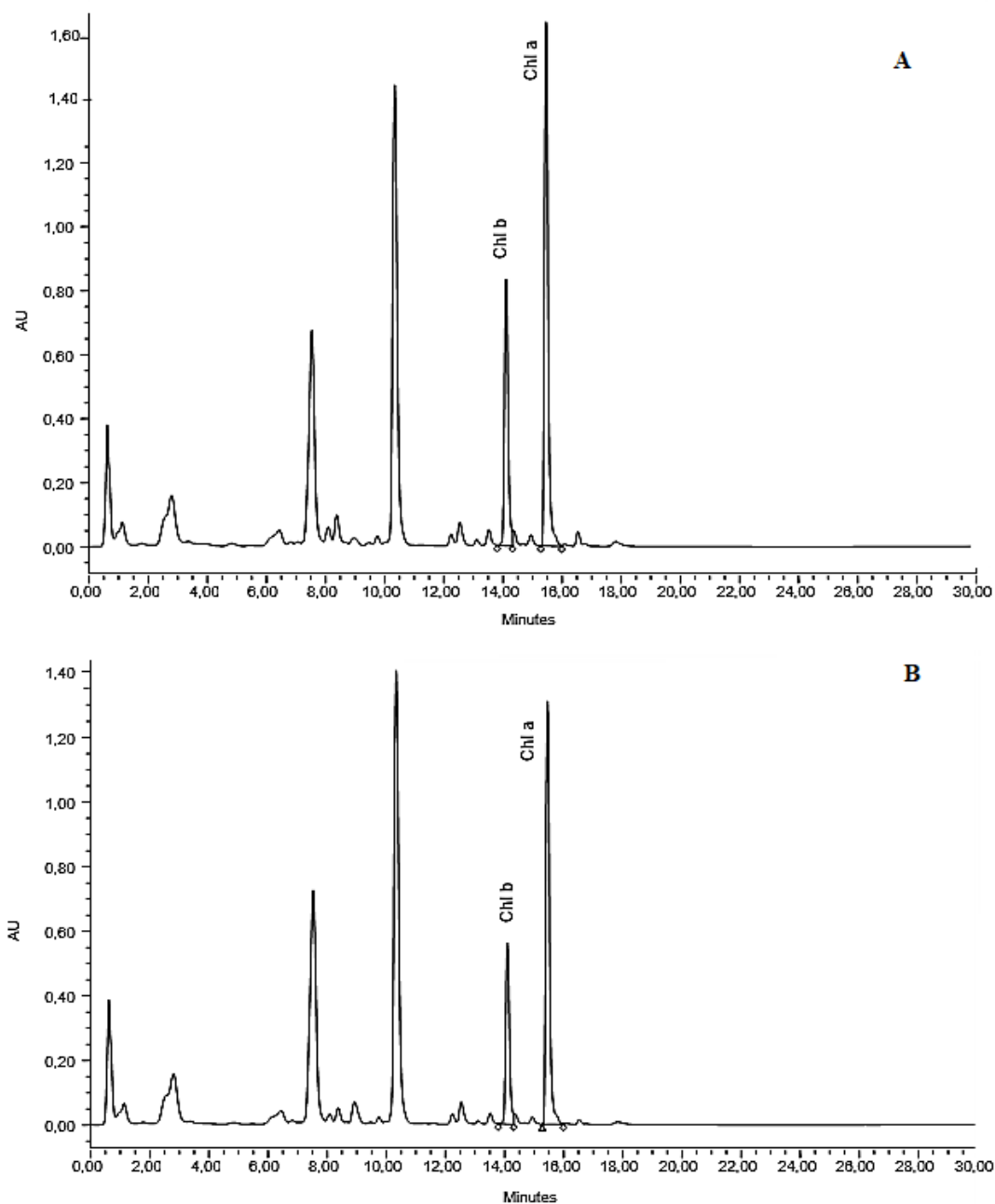
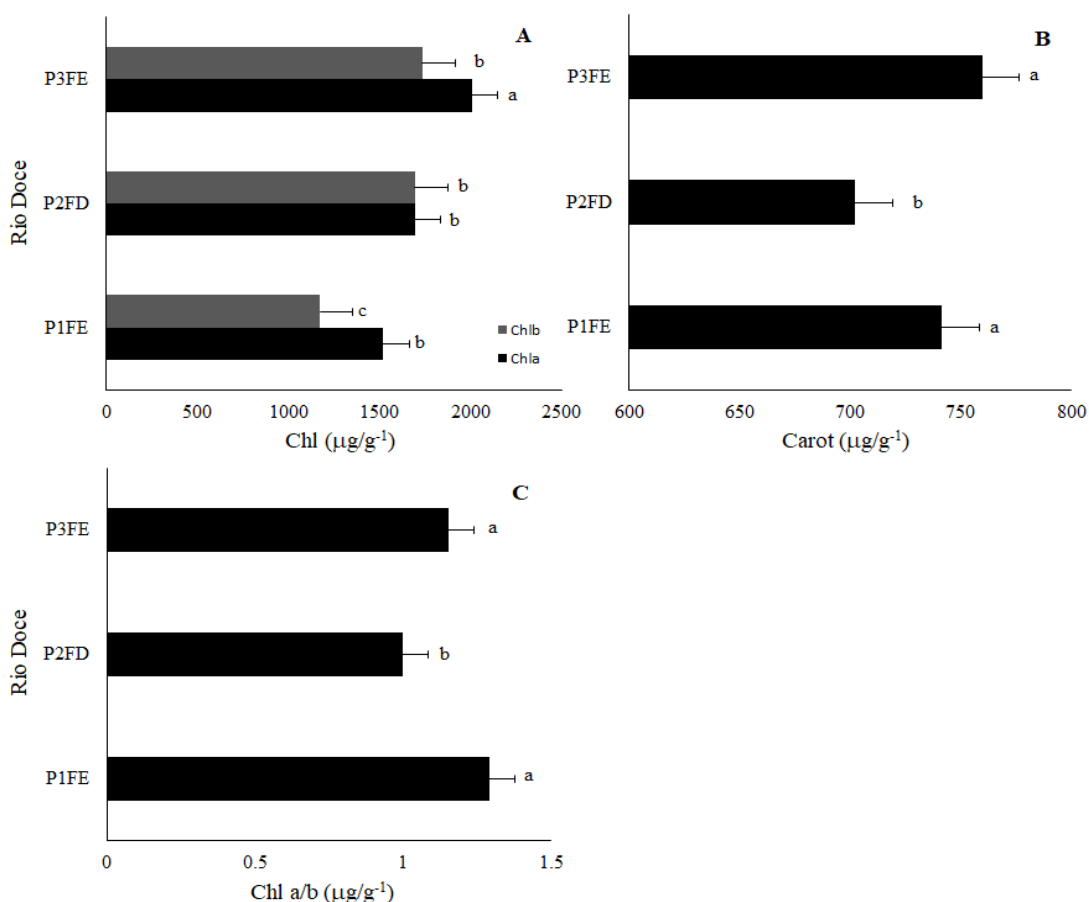


Figura 166: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla, clorofila *b* – Chlb (A) e carotenoide – Carot (B) e razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chla/*b* (C) de *Talipariti* no Rio Doce, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



Dos 3 (três) pontos analisados em Barra do Riacho, os pontos P1FD e P3FD foram os que apresentaram maiores valores para clorofila *a* e clorofila *b*, com picos cromatográficos de 65721850 AU e 86852750 AU para clorofila *a*, respectivamente e 26303330 AU e 28227220 AU para clorofila *b*, respectivamente (Figura 167 A, B e Figura 168 A, B). Não houve diferença significativa ($p \leq 0.05$) para os valores de carotenoide e razão clorofila *a*/clorofila *b* (Figura 168 C e D). Maiores valores de IAF foram observados no P1FD, correlacionando positivamente com os valores de clorofila *a* e clorofila *b* (Figura 168 E).

Figura 167: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* no P1FD (A) P3FD (B) no estuário Barra do Riacho. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chl*a*) e clorofila *b* (Chl*b*).

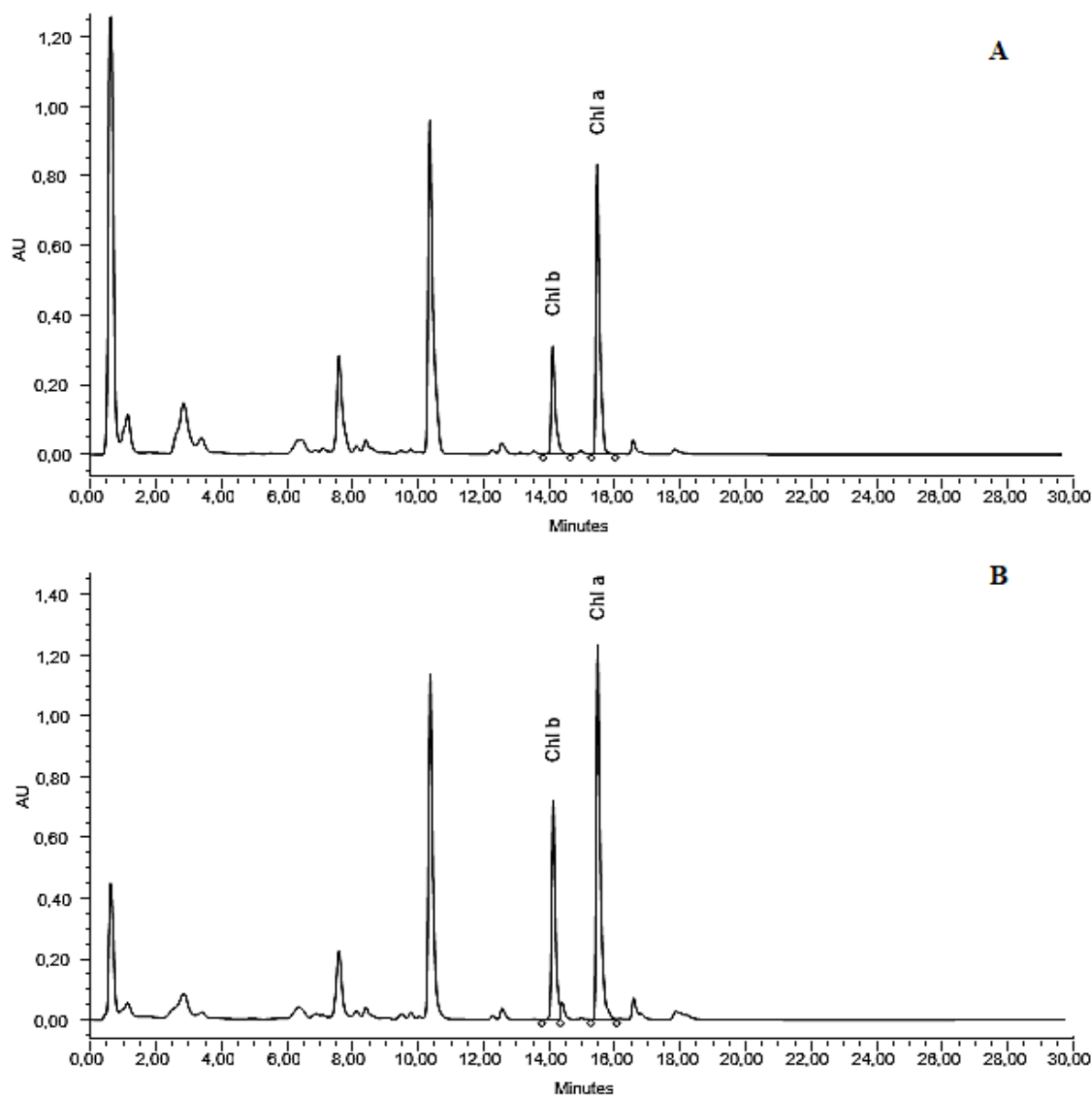
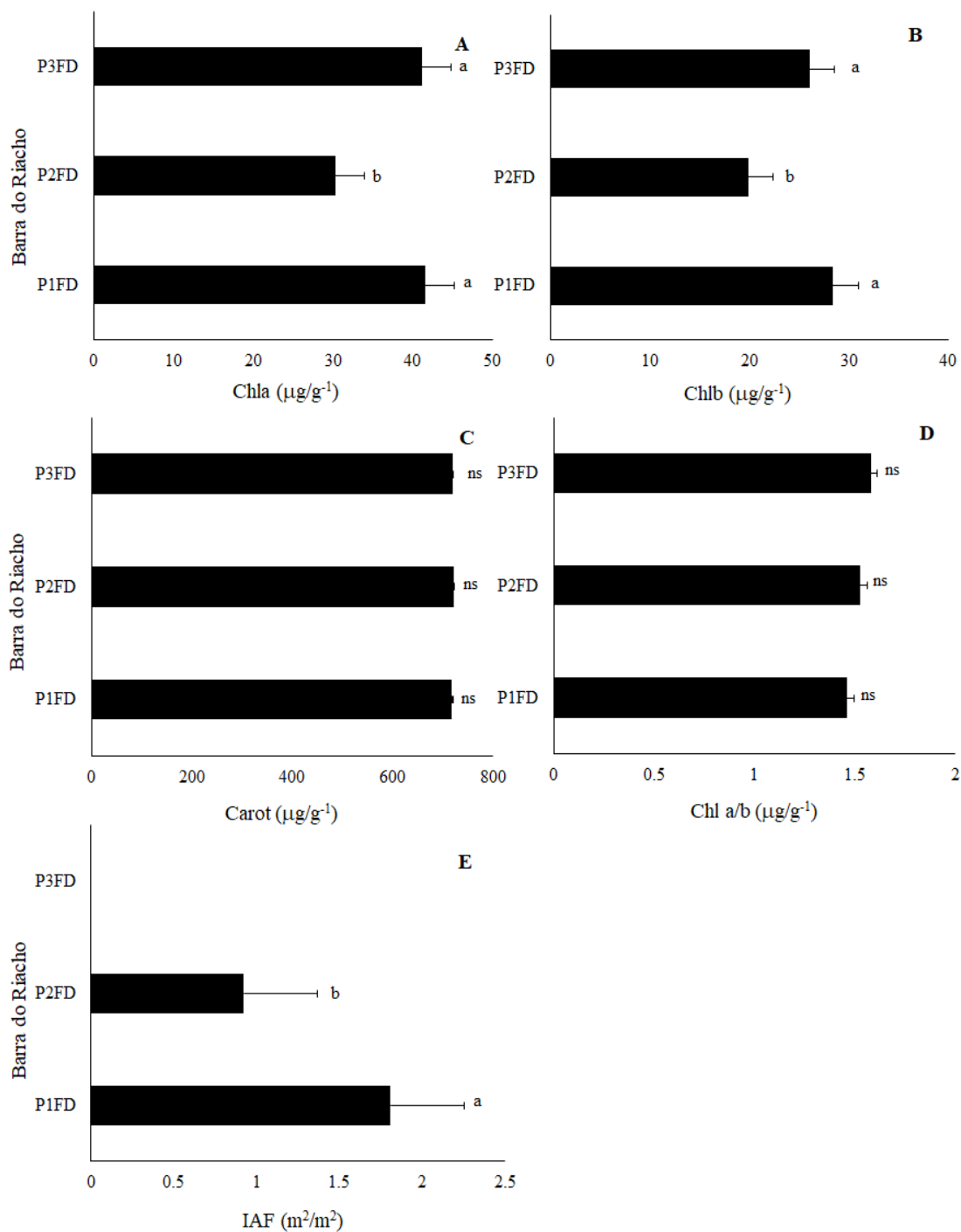


Figura 168: Comparação entre pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chla/*b* (D) e índice de área foliar – IAF (E) de *Rhizophora mangle* no estuário Barra do Riacho, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



Em Urussuquara, houve diferença significativa ($p \leq 0.05$) para clorofila *a* e clorofila *b* nos pontos analisados, uma vez que as espécies são distintas entre os pontos de amostragem. No ponto P1FE, onde a espécie predominante é *R. mangle*, observou-se maiores valores de clorofila *a* e clorofila *b*, em relação aos demais pontos onde há presença de *L. racemosa* (Figura 170 A e B). Os picos

chromatográficos apresentaram áreas com valores de 67813380 AU para clorofila *a* e 36322130 AU para clorofila *b* (Figura 169 A e B). A razão clorofila *a*/clorofila *b* foi maior na estação P3FE (Figura 170 D), na presença de *L. racemosa*. Não houve diferença significativa ($p \leq 0.05$) para carotenoides (Figura 170 C), apesar das espécies serem distintas.

Figura 169: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* (A) e *Laguncularia racemosa* (B) em Urussuquara. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chl*a*) e clorofila *b* (Chl*b*).

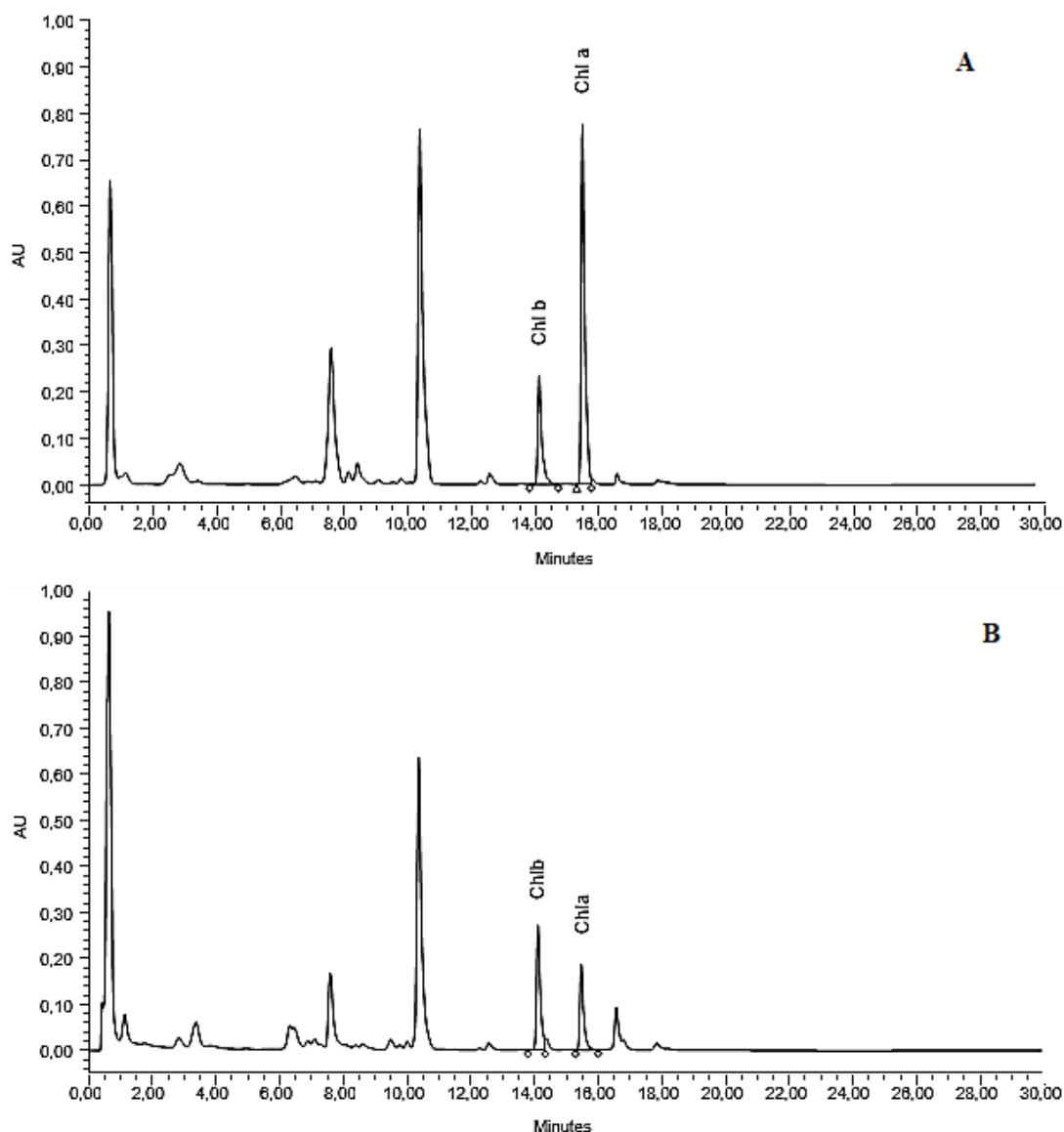
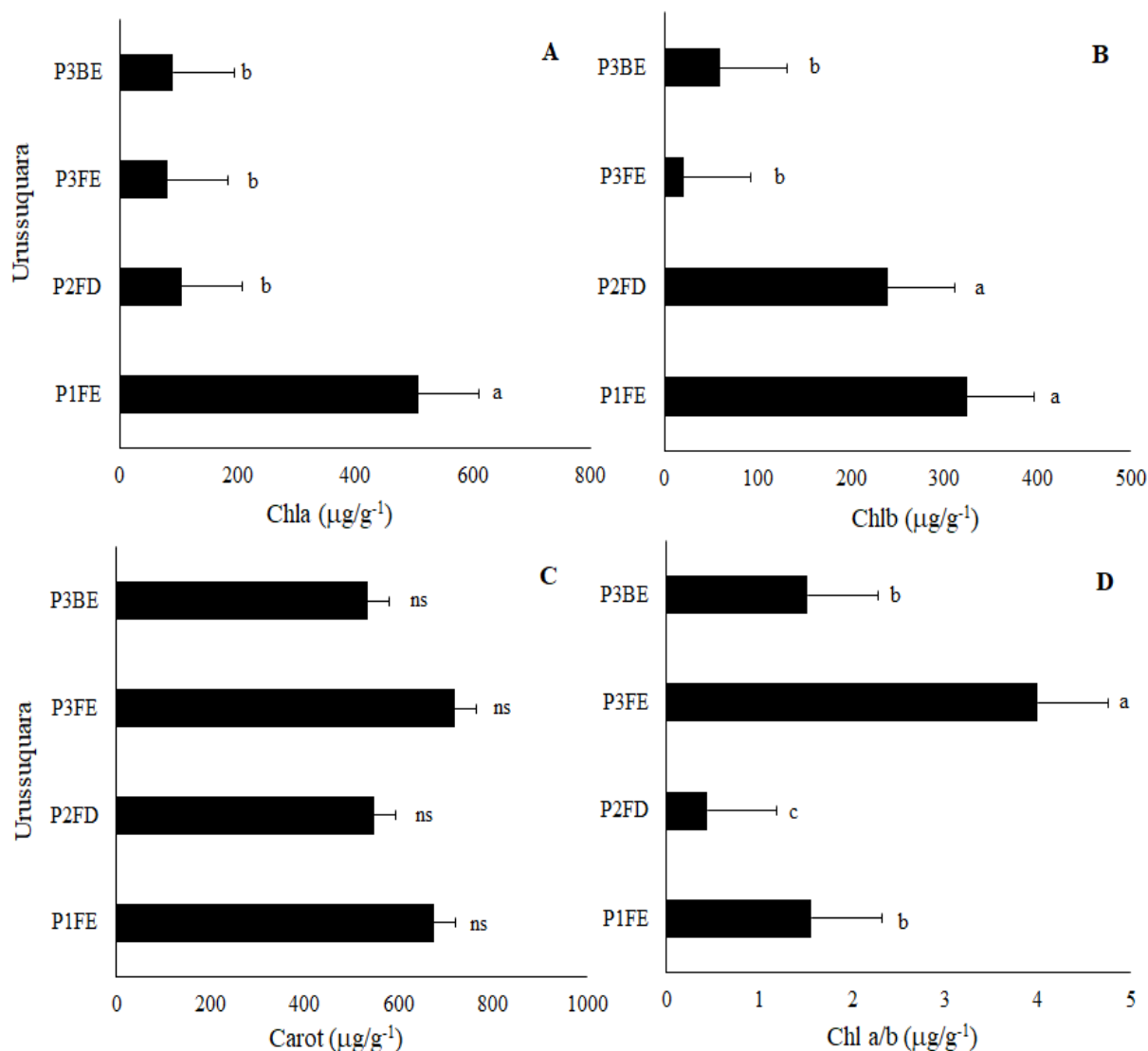


Figura 170: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenóide – Carot (C) e razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chla/*b* (D) de *Rhizophora mangle* (estação P1FE) e *Laguncularia racemosa* (estações P2FD, P3FE e P3BE) em Urussuquara, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



As Figura 171 e Figura 172 apresentam os resultados obtidos em Barra Nova mostrando diferença estatística ($p \leq 0.05$) entre os pontos analisados. A estação P2FD apresentou maiores valores para clorofila *a* e clorofila *b* quando comparado aos demais. Os picos cromatográficos revelaram áreas definidas em 4239627 AU (Chla) e 1313519 AU (Chlb) para *R. mangle* e 2161251 AU (Chla) e 957782 AU (Chlb) para *L. racemosa*. Em todos os pontos os resultados foram semelhantes para ambas as clorofilas (Figura 171 A e B; Figura 172 A e B), diferentemente do que ocorreu nas amostragens do rio Urussuquara. Por outro lado, a razão clorofila *a*/clorofila *b* apresentou maiores valores para *R. mangle* na estação P2FD e P1BE para *L. racemosa* (Figura 172 D). O comportamento dos carotenóides foi similar em todas as estações, não apresentando diferença significativa ($p \leq 0.05$) (Figura 172 C). Maiores IAF foram observados em P2FD, P3FE e P3BE (Figura 172 E).

Figura 171: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* (A) e *Laguncularia racemosa* (B) em Barra Nova. Os pigmentos identificados foram clorofila a (Chla) e clorofila b (Chlb).

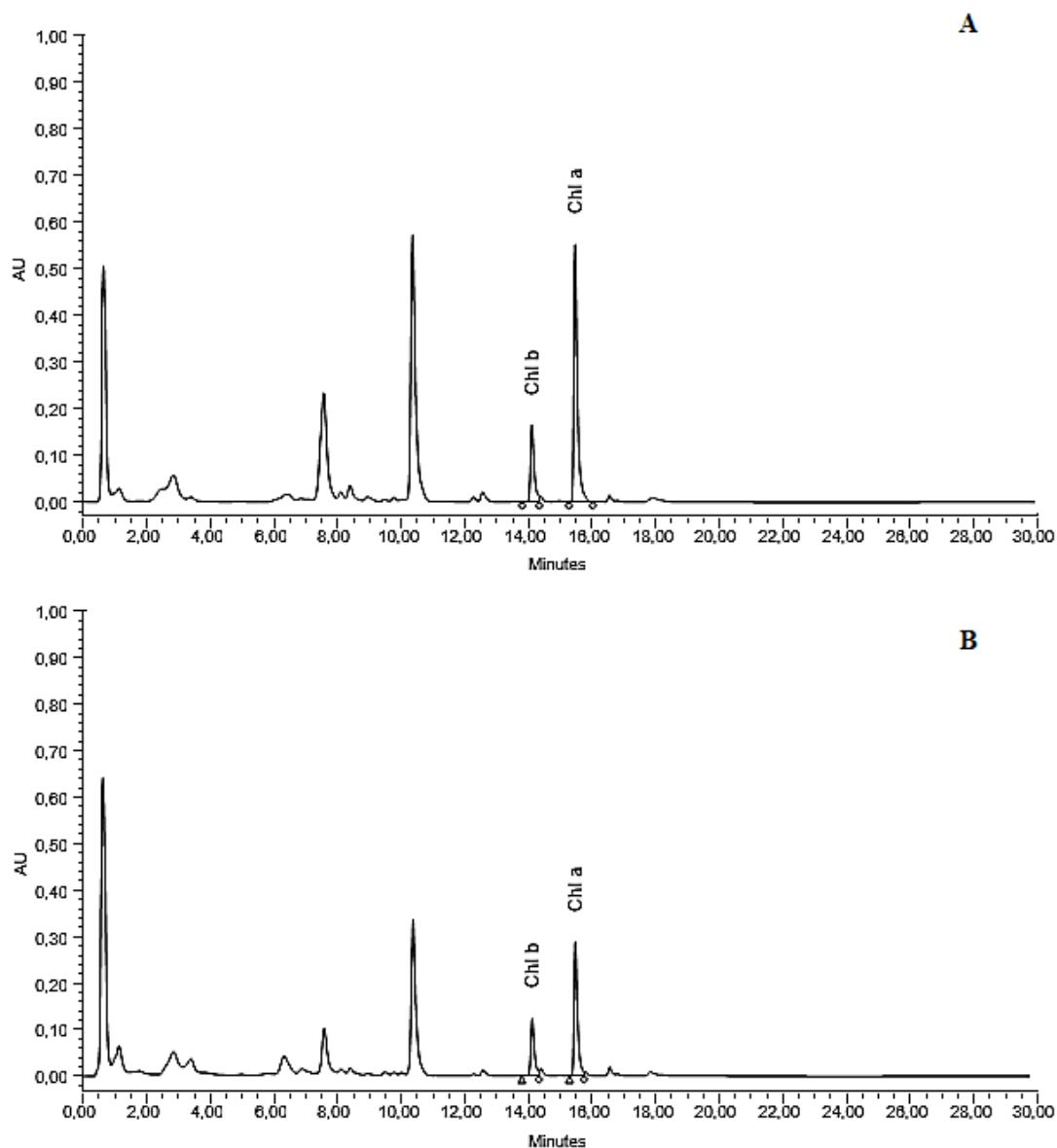
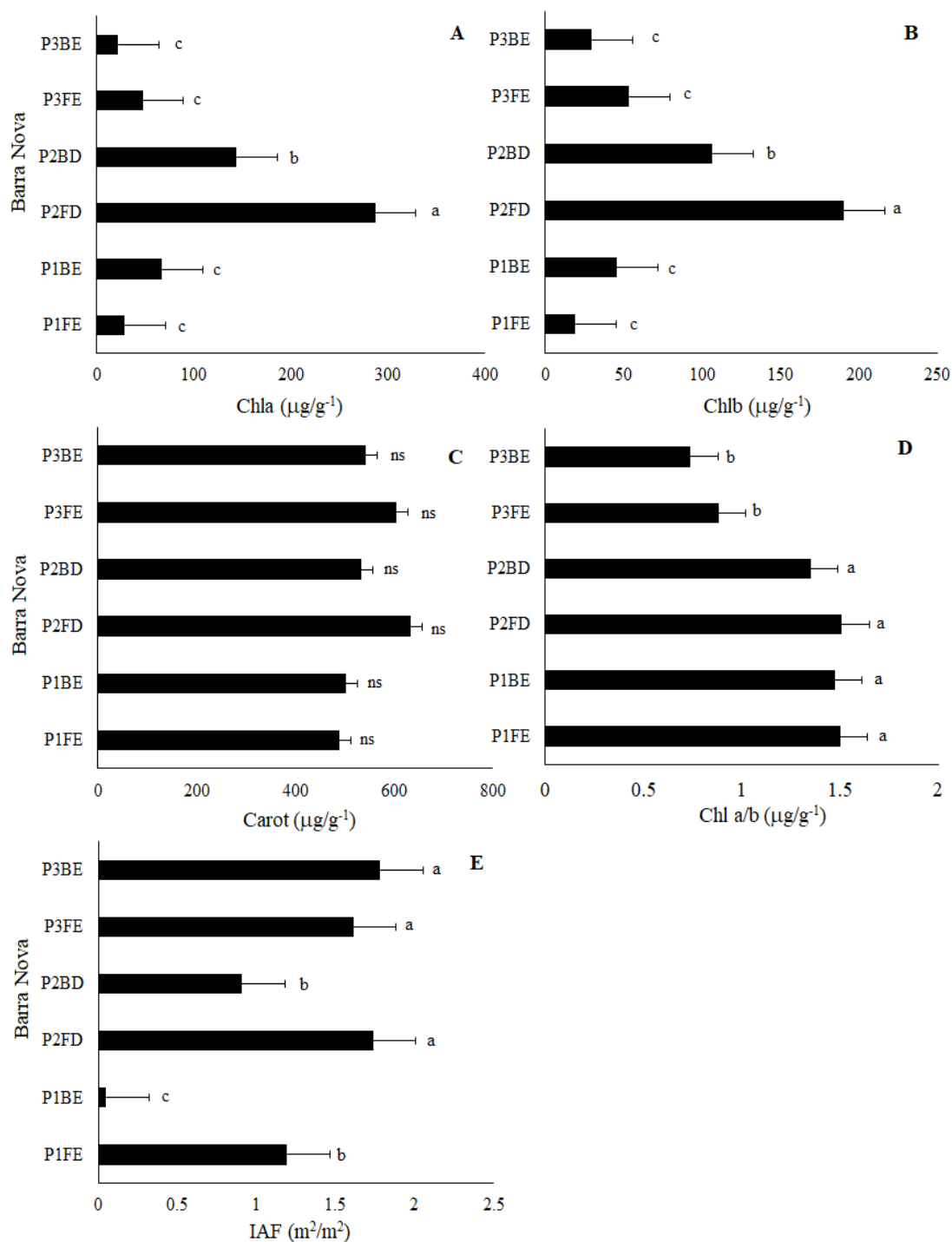


Figura 172: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chl *a/b* (D) e índice de área foliar – IAF (G) de *Rhizophora mangle* (estações P1FE e P2FD) e *Laguncularia racemosa* (estações P1BE, P2BD, P3FE e P3BE) em Barra Nova, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



Das 10 (dez) estações analisadas no estuário do rio São Mateus, somente P3FE apresentou maiores valores para clorofila *a* de *R. mangle*, com área de 68985240 AU (Figura 173 A), destacando-se as estações P1BD (*L. racemosa*), P3FD (*L. racemosa* - Figura 173 B) e P3BD (*R. mangle*) que apresentaram valores reduzidos. Comportamento semelhante foi observado para a clorofila *b* (Figura 174 A e B). Não houve diferença estatística para carotenoides ($p \leq 0.05$) (Figura 174 C). No geral, a razão clorofila *a*/clorofila *b* não apresentou alteração, exceto nas estações P1BD, P3FD e P3BD, com menores valores (Figura 174 D). As estações P3FD, P1FE e P1BE apresentaram maiores valores para IAF e em P2FE houve maior redução desse parâmetro (Figura 174 E).

Figura 173: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* (A) e *Laguncularia racemosa* (B) no estuário do rio São Mateus. Os pigmentos identificados foram clorofila *a* (Chla) e clorofila *b* (Chlb).

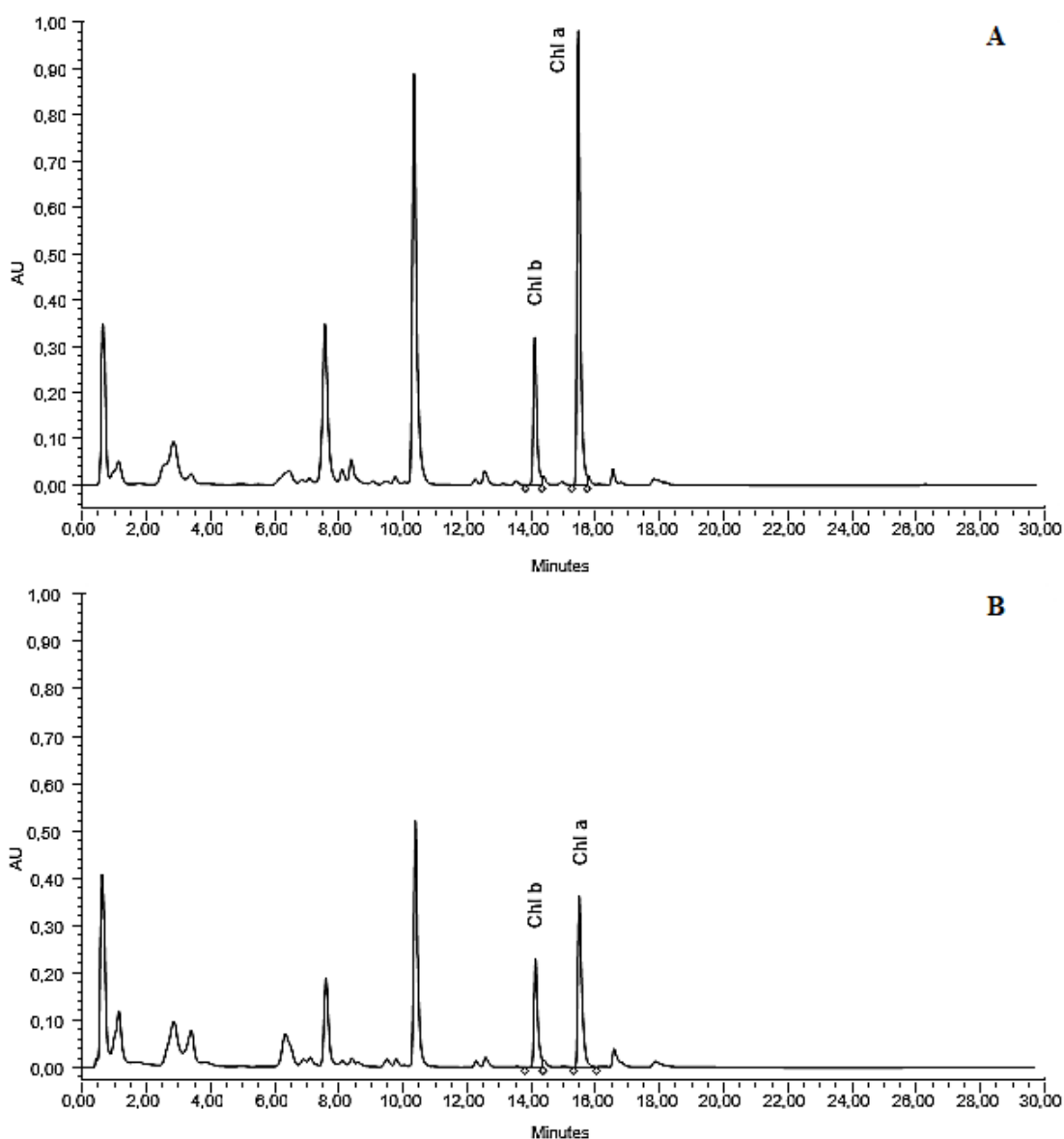
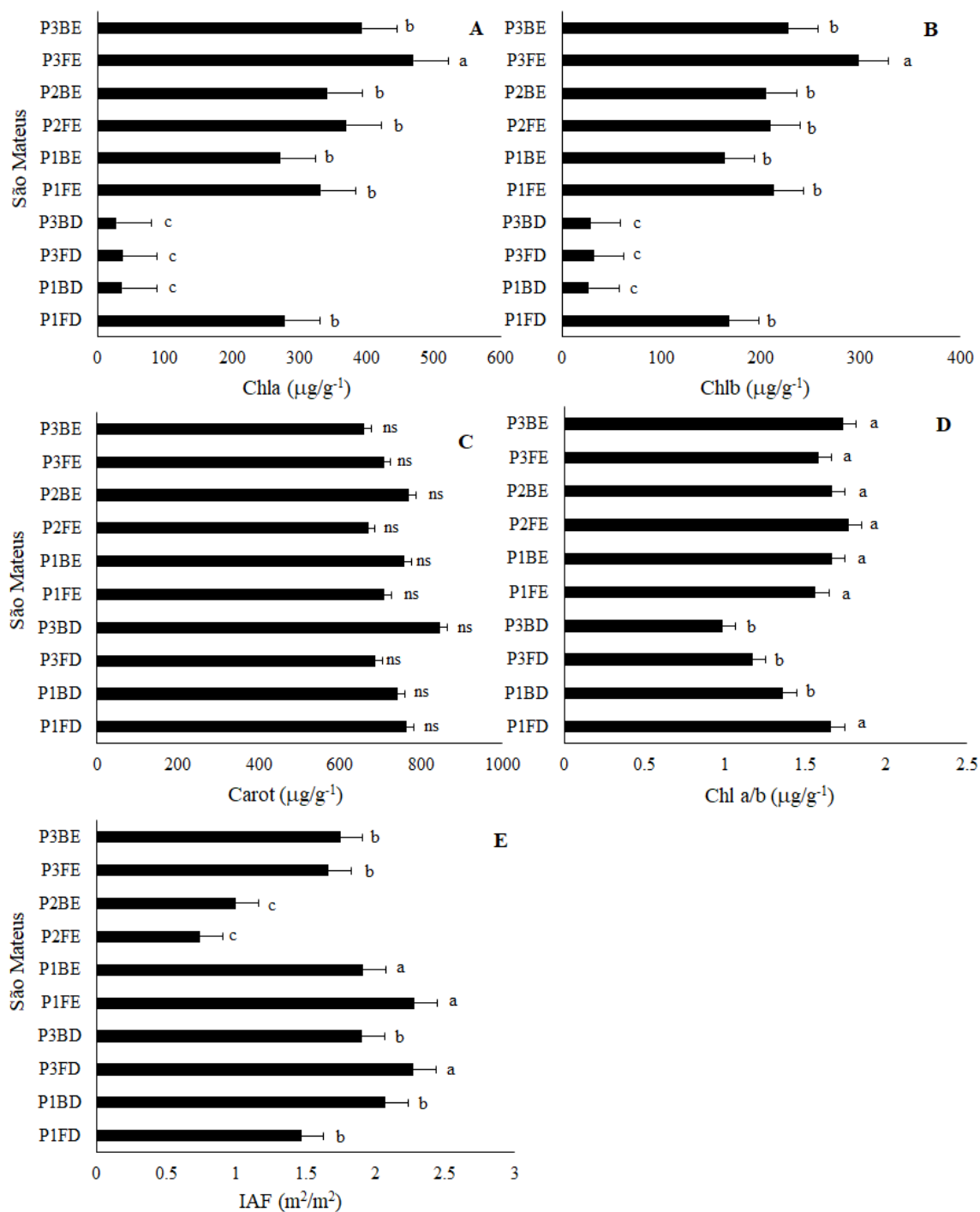


Figura 174: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chl *a/b* (D) e índice de área foliar – IAF (G) de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* (P1BD e P3FD) no estuário do rio São Mateus, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



A análise estatística realizada para Caravelas apresentou diferença significativa ($p \leq 0.05$) em todas as estações e parâmetros analisados, exceto para carotenoides (Figura 176 C). A estação P1FD, com *R. mangle*, apresentou maiores valores para clorofila *a*, com área de 62248540 AU (Figura 175 A). No P3BE, o pico cromatográfico apresentou área de 1806237 AU para clorofila *a* de *L. racemosa* (Figura 175 B). P3FD apresentou os menores valores para ambas as clorofilas de *A. schaueriana*, com pico cromatográfico de 359952 AU (Figura 175 C). A razão clorofila *a/b* foi menor em P2BD e P3BE (Figura 176 C e D), mostrando comportamento semelhante ao reduzido valor de IAF no P3BE (Figura 176 E)

Figura 175: Perfil cromatográfico (detecção 440 nm) de extrato de *Rhizophora mangle* (A), *Laguncularia racemosa* (B) e *Avicennia schaueriana* (C) no estuário do rio Caravelas. Os pigmentos identificados foram clorofila a (Chla) e clorofila b (Chlb).

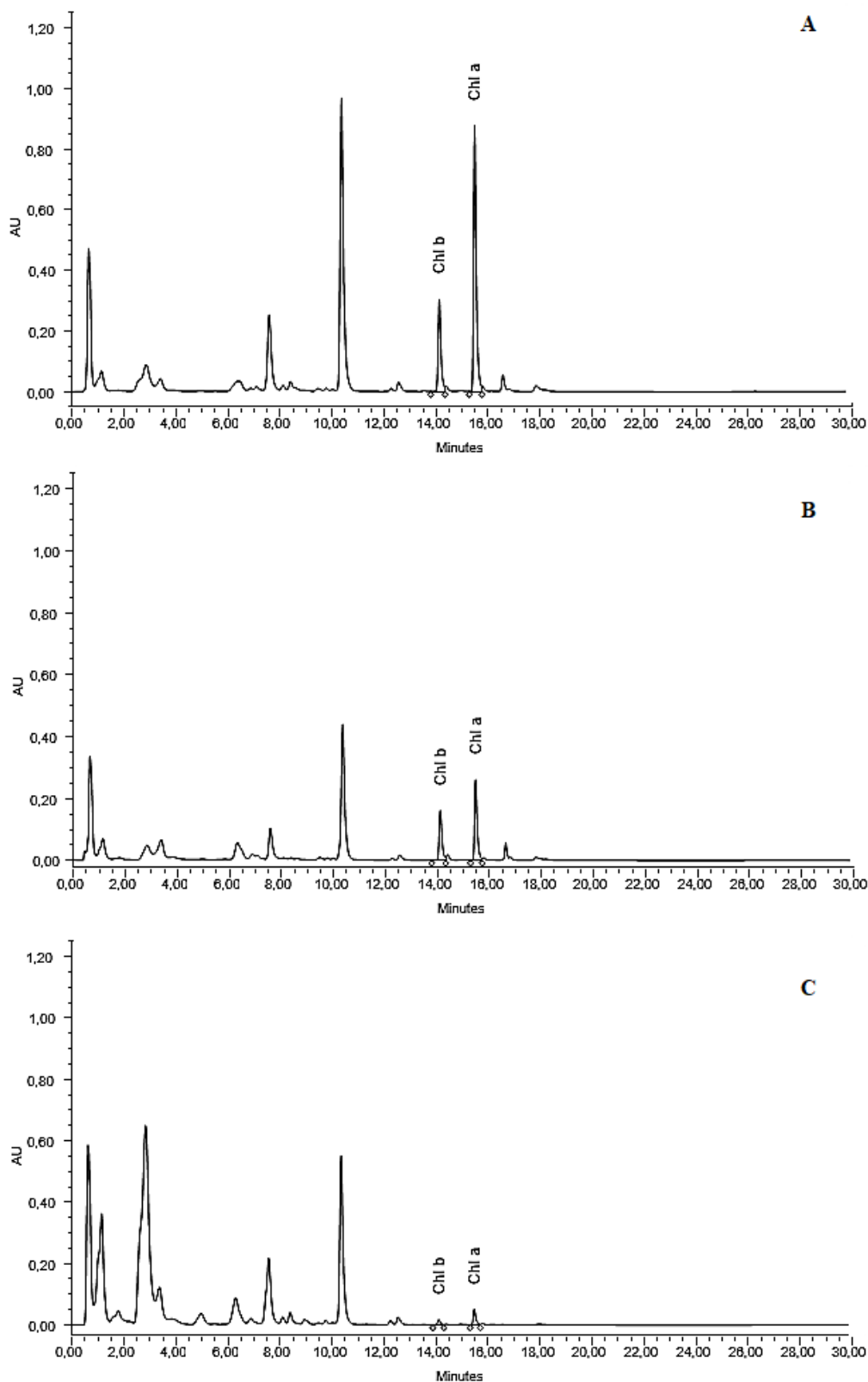
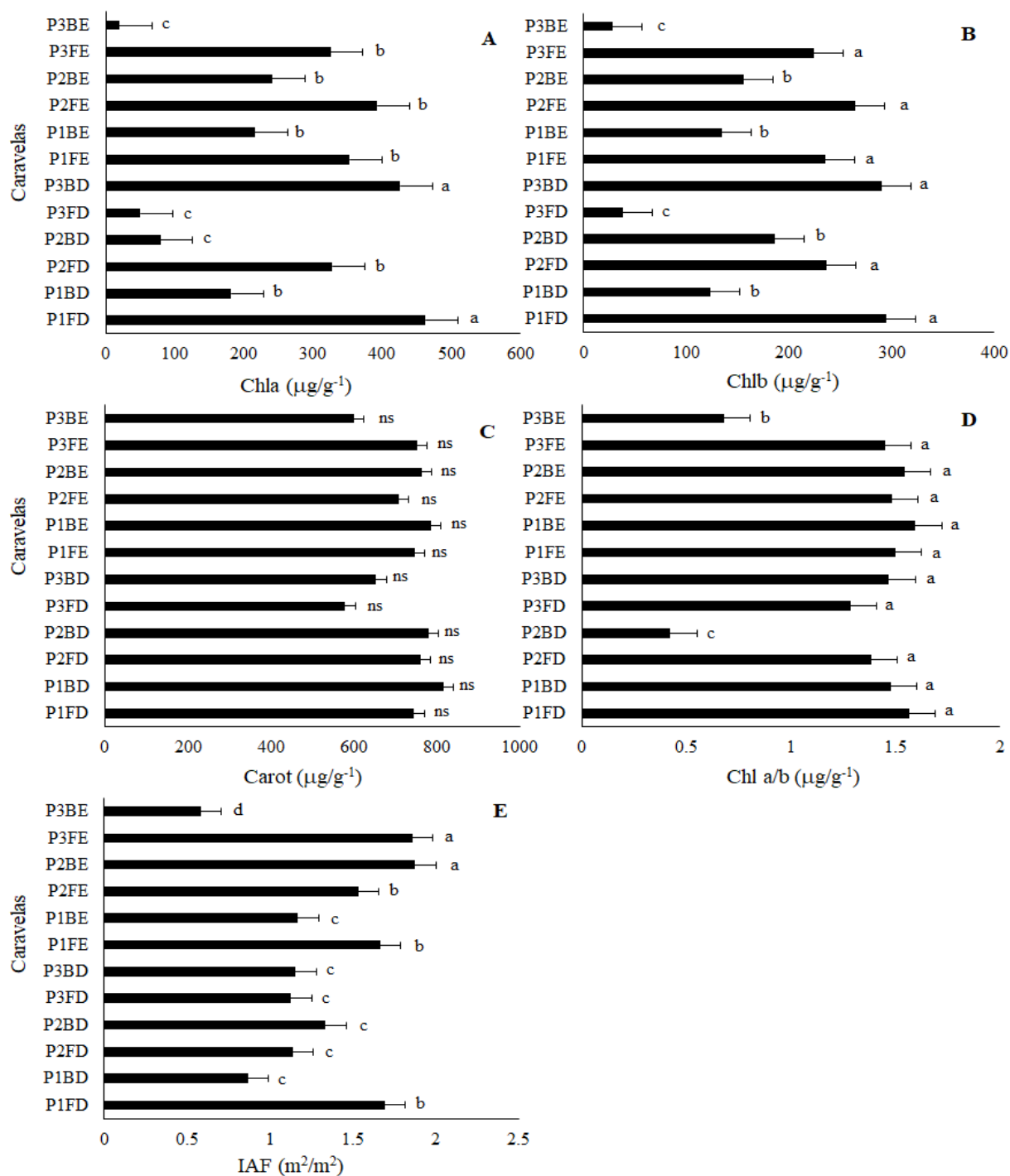


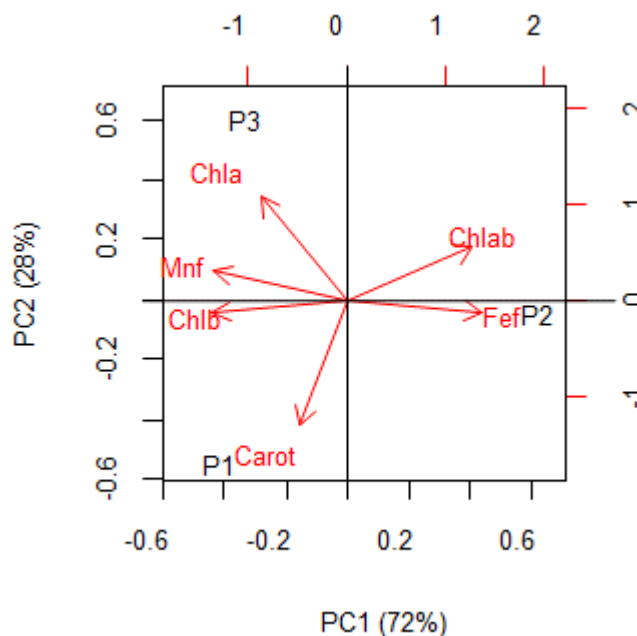
Figura 176: Comparação entre médias de pigmentos fotossintetizantes clorofila *a* – Chla (A), clorofila *b* – Chlb (B) e carotenoide – Carot (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* – Chl *a/b* (D) e índice de área foliar – IAF (G) de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* (estações P2BD e P3BE) e *Avicennia schaueriana* (estação P3FD) no estuário do rio Caravelas, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



3.8.2 Análise dos Componentes Principais (PCA)

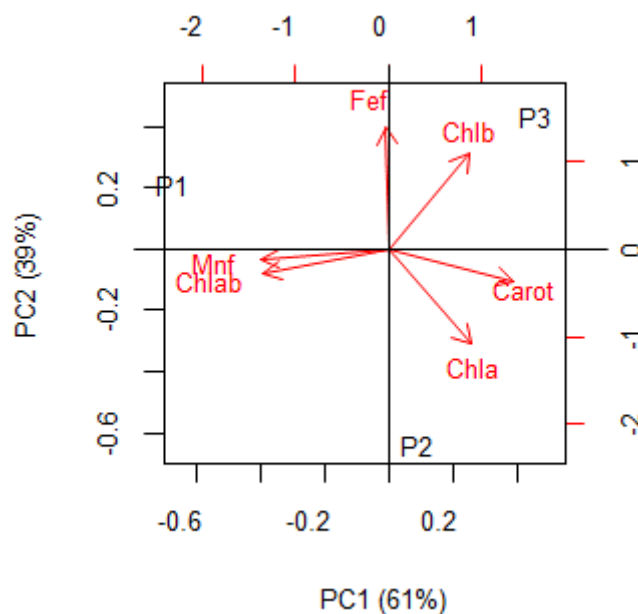
Os componentes do estuário do rio Piraquê Açu apresentam características diferentes (Figura 177). Existe uma tendência do aumento do ferro foliar (Fef) com a diminuição do manganês foliar (Mnf) e das as clorofilas *a* (Chla) e *b* (Chlb) no ponto 2 (P2). Para valores elevados de clorofilas, seria necessárias baixas concentrações de Fe nutriente na folha. Os maiores valores de carotenoide (Carot) concentram-se no ponto 1 (P1).

Figura 177: Análise de PCA de *Rhizophora mangle* no estuário do rio Piraquê Açu com integração de clorofila *a* (Chla), clorofila *b* (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila *a*/clorofila *b* (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf)



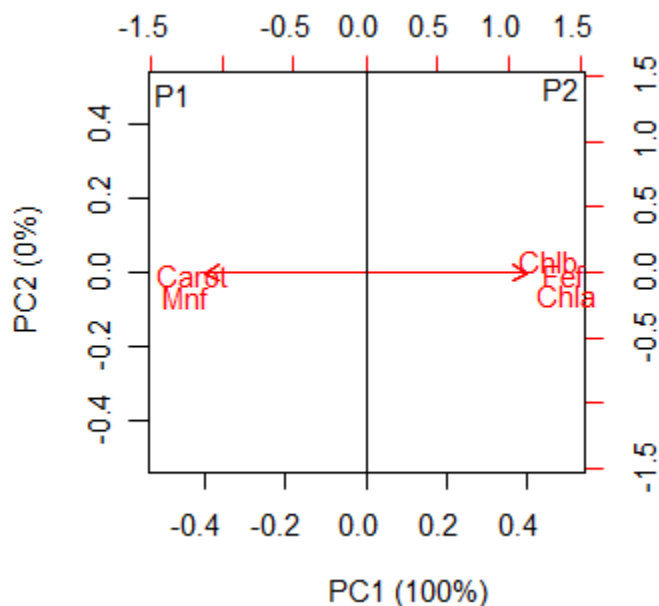
No estuário do rio Piraquê Mirim observa-se forte correlação entre Mnf e Chlab próximo ao P1. Observa-se que a Chla está inversamente relacionada ao Fef. Os maiores valores de Chlb concentram-se no P3 (Figura 178).

Figura 178: Análise de PCA de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* no estuário do rio Piraquê Mirim, com integração de clorofila a (Chla), clorofila b (Chlb), carotenoides (Carot), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).



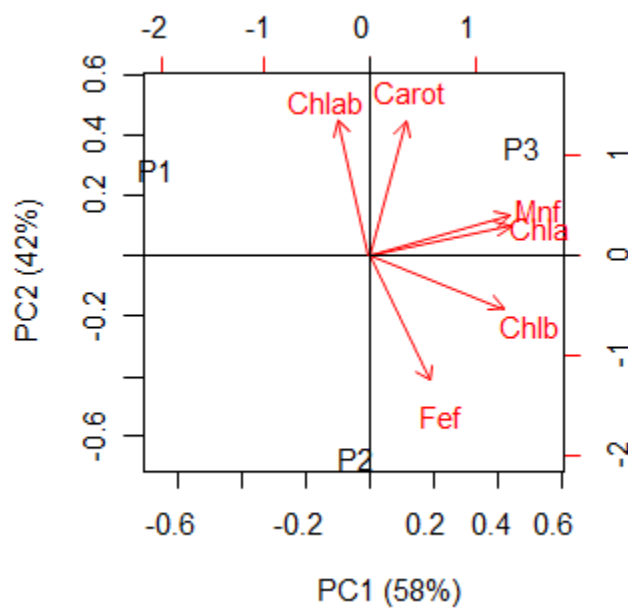
Os dados referentes à Costa das Algas apresentam relação inversa entre carotenoide e Mnf no P1 e Chla, Chlb e Fef no P2, sugerindo maiores concentrações desses componentes nesses pontos (Figura 179).

Figura 179: Análise de PCA de *Avicennia schaueriana* (P1) e *Rhizophora mangle* (P2) em Costa das Algas, com integração de clorofila a (Chla), clorofila b (Chlb), carotenoides (Carot), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf)



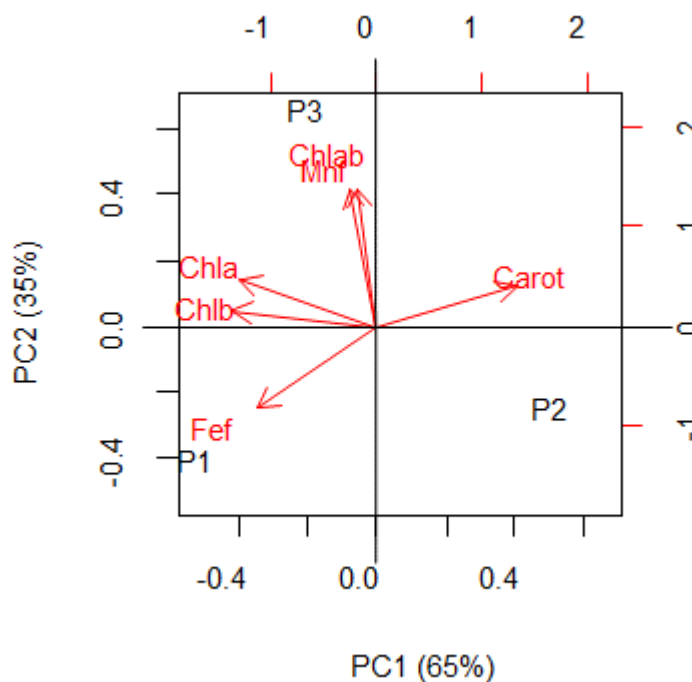
No Rio Doce, Chla e Mnf estão altamente correlacionados no P3. Observa-se que carotenoide e Chlab estão opostos ao Fef, localizado próximo ao P2 (Figura 180).

Figura 180: Análise de PCA de *Talipariti* no Rio Doce, com integração de clorofila *a* (Chla), clorofila *b* (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila *a*/clorofila *b* (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf)



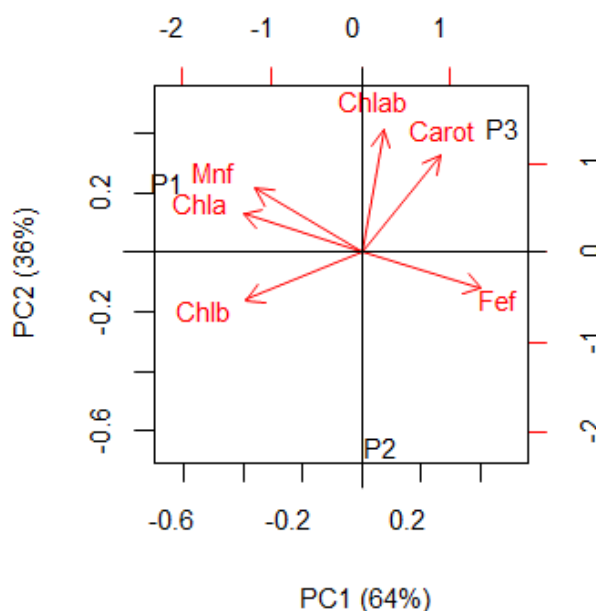
Em Barra do Riacho, observa-se que o Fef está próximo ao P1, em oposição ao carotenoide, intermediário aos pontos 2 e 3. Chla e Chlb estão altamente correlacionadas entre os pontos 1 e 3 (Figura 181).

Figura 181 Análise de PCA de *Rhizophora mangle* no estuário Barra do Riacho, com integração de clorofila *a* (Chla), clorofila *b* (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila *a*/clorofila *b* (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf)



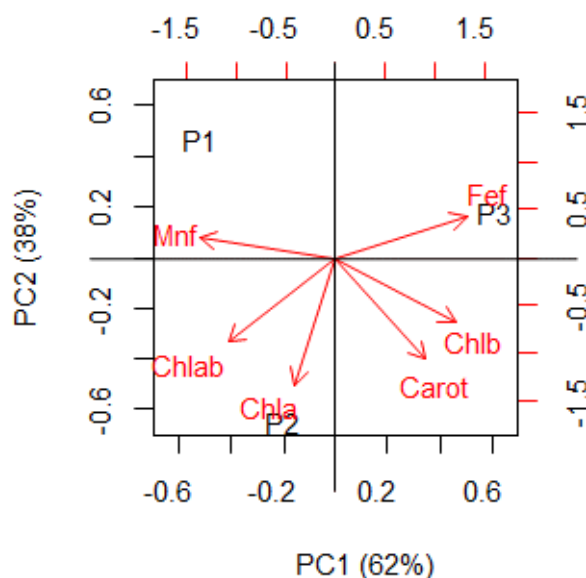
Em Urussuquara, observa-se correlação entre Mnf e Chla no P1, inversamente relacionados ao Fef. Chlab e carotenoide estão próximos no P3. Chlb está entre os pontos 1 e 2, oposta aos carotenoides (Figura 182).

Figura 182: Análise de PCA de *Rhizophora mangle*(P1) e *Laguncularia racemosa*(P2) em Urussuquara, com integração de clorofila *a* (Chla), clorofila *b* (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila *a*/clorofila *b* (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).



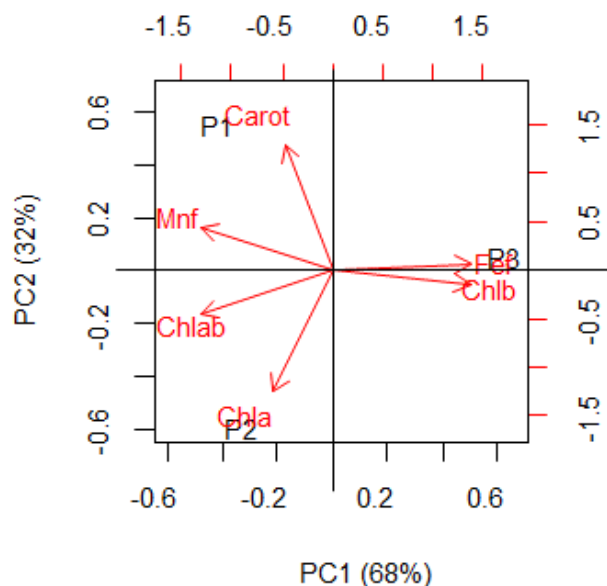
Em Barra Nova, há maior concentração de Fef no P3, inversamente relacionados a Chla e Chlab no P2. Por outro lado, carotenoides e Chlb tendem ao inverso do Mnf, diminuindo com maiores valores do nutriente (Figura 183).

Figura 183: Análise de PCA de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*(P1 e P2) e *Laguncularia racemosa* (P3) em Barra Nova, com integração de clorofila a (Chla), clorofila b (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila a/clorofila b (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).



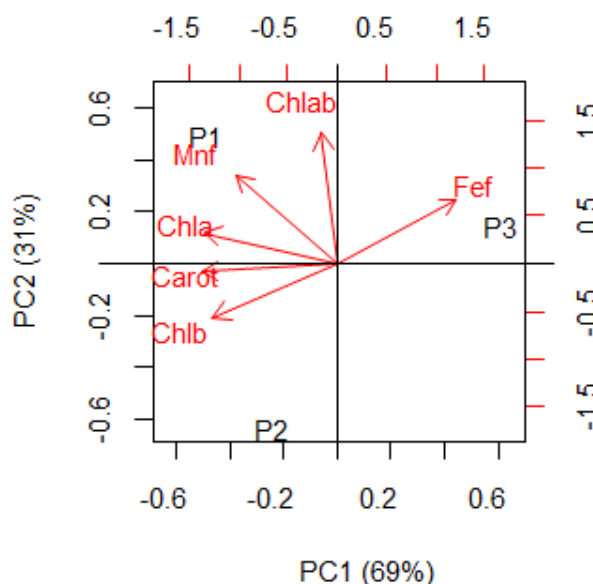
No estuário do rio São Mateus, observa-se que Chlb e Fef estão altamente relacionados no P3. Maior concentração de carotenoide e Chla estão presentes nos pontos 1 e 2, respectivamente. Esses componentes estão inversamente relacionados assim como Mnf e Chlb (Figura 184).

Figura 184: Análise de PCA de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* no estuário São Mateus, com integração de clorofila a (Chla), clorofila b (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila a/clorofila b (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).



No estuário do rio Caravelas, existe uma tendência da maioria dos componentes se posicionarem entre os pontos 1 e 2, exceto o Fef (P3). Chlb e Fef estão inversamente relacionados, mostrando que quantidades excessivas de Fe podem alterar os teores de Chlb (Figura 185).

Figura 185: Análise de PCA de *Rhizophora mangle* (P1), *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* (P2) e *Avicennia schaueriana*, *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* (P3) no estuário do rio Caravelas, com integração de clorofila *a* (Chla), clorofila *b* (Chlb), carotenoides (Carot), razão clorofila *a*/clorofila *b* (Chlab), ferro foliar (Fef) e manganês foliar (Mnf).

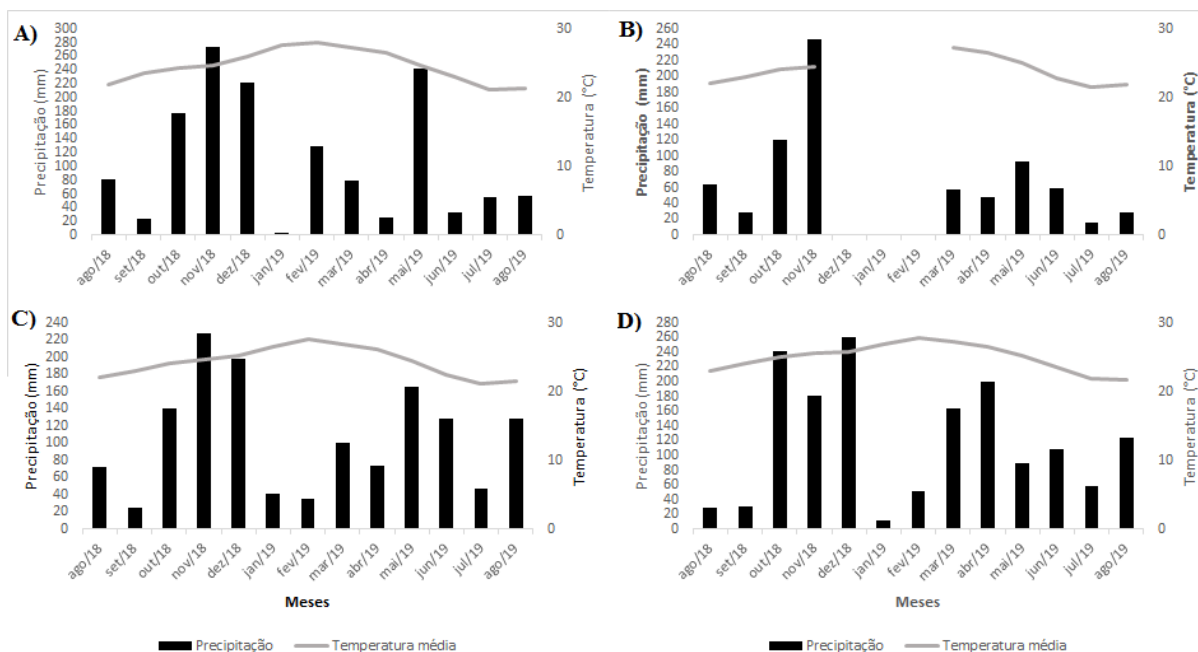


3.9 ANÁLISES FOTOSSÍNÉTICAS

Os dados de temperatura média (°C) e precipitação (mm) disponibilizados pelo INMET e INCAPER entre os meses de agosto de 2018 e agosto de 2019 são exibidos na Figura 186 e foram coletados para os municípios de Vitória, Linhares, São Mateus e Caravelas. Observa-se maior precipitação em

novembro de 2018 para os municípios do Espírito Santo e em dezembro para Caravelas, a maior temperatura do ar foi registrada em fevereiro de 2019 dentre os meses de monitoramento.

Figura 186: Dados de temperatura média (°C) e precipitação (mm) entre os meses de agosto de 2018 e agosto de 2019 para os municípios de Vitória (20°31'56,0" S – 40°31'72,0" W), Linhares (19°35'67,0" S – 40°06'86,0" W) e São Mateus (18°67'60,0" S – 39°86'40,0" W) no Espírito Santo e em Caravelas, Bahia (17°73'94,13" S – 39°25'86,17" W).



As regiões de estudo localizadas no Espírito Santo compreendem o clima tropical, de acordo com a classificação de Koppen, do tipo Am (monção), com sazonalidade na precipitação que varia entre 1200 a 1300 mm na região dos Tabuleiros Costeiros (Alvarez et al., 2013a). Este clima se estende para o interior do sul da Bahia e a região de Caravelas é classificada como tipo Af do clima tropical de Koppen. Esta classificação no estado da Bahia ocorre na estreita faixa costeira das planícies marinhas e Tabuleiros Costeiros, correspondendo a faixa de transição entre os climas As ao norte com estação de inverno chuvosa e o Aw ao sul com estação de chuvas no verão (Alvarez et al. 2013a). Estes autores descrevem como sendo os meses de outubro a março correspondendo período quente no Brasil e de abril a setembro como de temperaturas mais frias. De acordo com a classificação de Koppen, os tipos Af e Aw são definidos como tendo temperaturas médias do mês mais frio superiores a 18°C, sendo o primeiro com precipitação nos meses secos acima de 60 mm e o segundo com precipitação mensal abaixo disto.

Na análise do modelo de elevação digital apresentando por Alvares et al. (2013b), as áreas do PMBA monitoradas pelo Anexo manguezal possuem hipsometria inferior a 100 (m sal). O que de certa forma contribui para a ocorrência dos extensos manguezais analisados.

3.9.1 Piraquê-Açú

A Tabela 30 exibe os dados de salinidade para o estuário do rio Piraquê-Açú (PA) onde pode-se observar que a salinidade mínima foi registrada no ponto 3 - PA3 (0,63), enquanto a salinidade máxima foi obtida no ponto 1 - PA1 (35,80). A

Tabela 31 exibe a análise estatística da salinidade, observa-se redução da variável do ponto 1 (PA1) ao ponto 3 (PA3), com os Campos 3 e 4 tendo maior salinidade do que o Campo 5. Estes dados correspondem as amostras obtidas durante as saídas de campo para obtenção dos dados de Ecofisiologia das florestas e não obrigatoriamente correspondem aos dias de coleta das demais equipes.

Tabela 30: Salinidade intersticial no manguezal do estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
PA1FD	1	—	—	3	35,60	35,80	5	15,01	17,60
PA1BD	1	—	—	3	23,45	29,55	5	13,07	18,68
PA1FE	1	33,56	33,93	3	27,30	28,77	5	14,39	17,10
PA1BE	1	30,11	32,64	3	33,30	33,90	5	19,39	23,08
PA2FD	1	—	—	3	20,45	21,71	5	10,14	16,19
PA2BD	1	—	—	3	25,10	27,70	5	7,16	12,45
PA2FE	1	19,69	22,87	3	19,92	21,52	5	7,36	13,69
PA2BE	1	16,61	21,64	3	25,10	26,20	5	10,08	17,93
PA3FD	1	—	—	3	5,18	6,19	5	7,41	7,42
PA3BD	1	—	—	3	8,30	8,50	5	4,41	5,18
PA3FE	1	2,26	4,17	3	8,11	8,35	5	5,57	7,56
PA3BE	1	3,79	5,52	3	6,60	12,86	5	3,70	4,85
PA1FD	2	—	—	4	22,75	26,29	6	12,90	15,95
PA1BD	2	—	—	4	25,58	33,43	6	11,42	17,25
PA1FE	2	14,08	24,31	4	23,35	32,55	6	16,25	17,08
PA1BE	2	19,77	24,16	4	30,01	32,14	6	14,93	16,71
PA2FD	2	—	—	4	17,05	20,72	6	11,05	13,77
PA2BD	2	—	—	4	18,95	20,44	6	9,02	12,35
PA2FE	2	12,04	14,61	4	15,42	26,96	6	13,30	14,74
PA2BE	2	18,30	19,45	4	13,45	19,07	6	13,68	14,92
PA3FD	2	—	—	4	8,83	14,80	6	—	—
PA3BD	2	—	—	4	8,16	10,05	6	—	—
PA3FE	2	0,63	1,22	4	10,54	12,18	6	—	—
PA3BE	2	1,66	2,54	4	5,20	11,04	6	—	—

Tabela 31: Análise estatística da salinidade intersticial para o manguezal do estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Salinidade	Ponto	101,65	0,0000*	1 > 2 > 3
	Campo	22,30	0,0005*	3 e 4 > 5
	Tipo	3235,00	0,5840	-
	Margem	3181,50	0,8658	-

Os resultados do monitoramento das respostas da produção primária de *R. mangle* no estuário do rio Piraquê-Açú são apresentados nas Figura 187 até Figura 189 e Tabela 32 até Tabela 34.

Observou-se uma tendência para maiores valores de F_v/F_m e de PI_{total} ($p < 0,05$) no ponto 3 do manguezal do Rio Piraquê-Açú (PA3), demonstrando a influência da menor salinidade sobre estes parâmetros. PA3 apresenta maior variabilidade dos dados para F_v/F_m , com valores mínimos distantes do 1º quartil (Figura 187 e Tabela 32).

Na comparação entre campos realizados, o Campo 3 exibiu maior valor para F_o e PI_{total} , F_v/F_m foi mais elevado no Campo 4 e 5. Em geral, nota-se que o Campo 6 exibiu menores valores para eficiência fotoquímica (Figura 187 e Tabela 32), aspecto esperado em relação as condições climáticas deste mês quando comparado aos demais, onde as mudanças provocadas por alterações na inclinação solar, horas de luz e início da alvorada vão se refletir na produção primária.

Não houve diferença estatística para as variáveis em relação aos tipos fisiográficos (franja e bacia), aspecto importante que permite identificar que não há estresse provocado pelo sal neste sistema. Na comparação entre margens, PI_{total} foi mais elevado na margem direita (Figura 187 e Tabela 32). descrevendo a tendência da água doce se concentrar nesta margem durante a enchente da maré.

No que diz respeito à comparação dos valores de trocas gasosas entres os pontos, observou-se que PA2 apresenta, de forma geral, maior assimilação de CO_2 e perda de água (gs e E) (Figura 188 e Tabela 33), com tendência à maior eficiência no uso da água (A/E) nas florestas de franja. A comparação entre margens direita e esquerda revelou melhor desempenho fotossintético (A, gs, A/gs e A/E) e, como esperado, menores valores de C_i (Figura 188 e Tabela 33).

No último campo do monitoramento (Campo 6), os valores das variáveis A, gs e E foram menores, ao passo que os valores de C_i foram maiores. O Campo 1 e o Campo 4 foram caracterizados pelos maiores valores da eficiência no uso da água (A/gs) e assimilação líquida, respectivamente (Figura 188e Tabela 33).

Em relação ao tamanho da folha, o ponto 3 (PA3) mostrou maior mediana para o comprimento e a largura. Por outro lado, a relação entre as duas variáveis foi mais elevada em PA2. A bacia exibiu maior valor para comprimento e largura. Registrou-se maior relação comprimento/largura na margem direita, e maior largura para a margem esquerda (Figura 189 e Tabela 34).

Figura 187: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê-Açú, Aracruz.. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

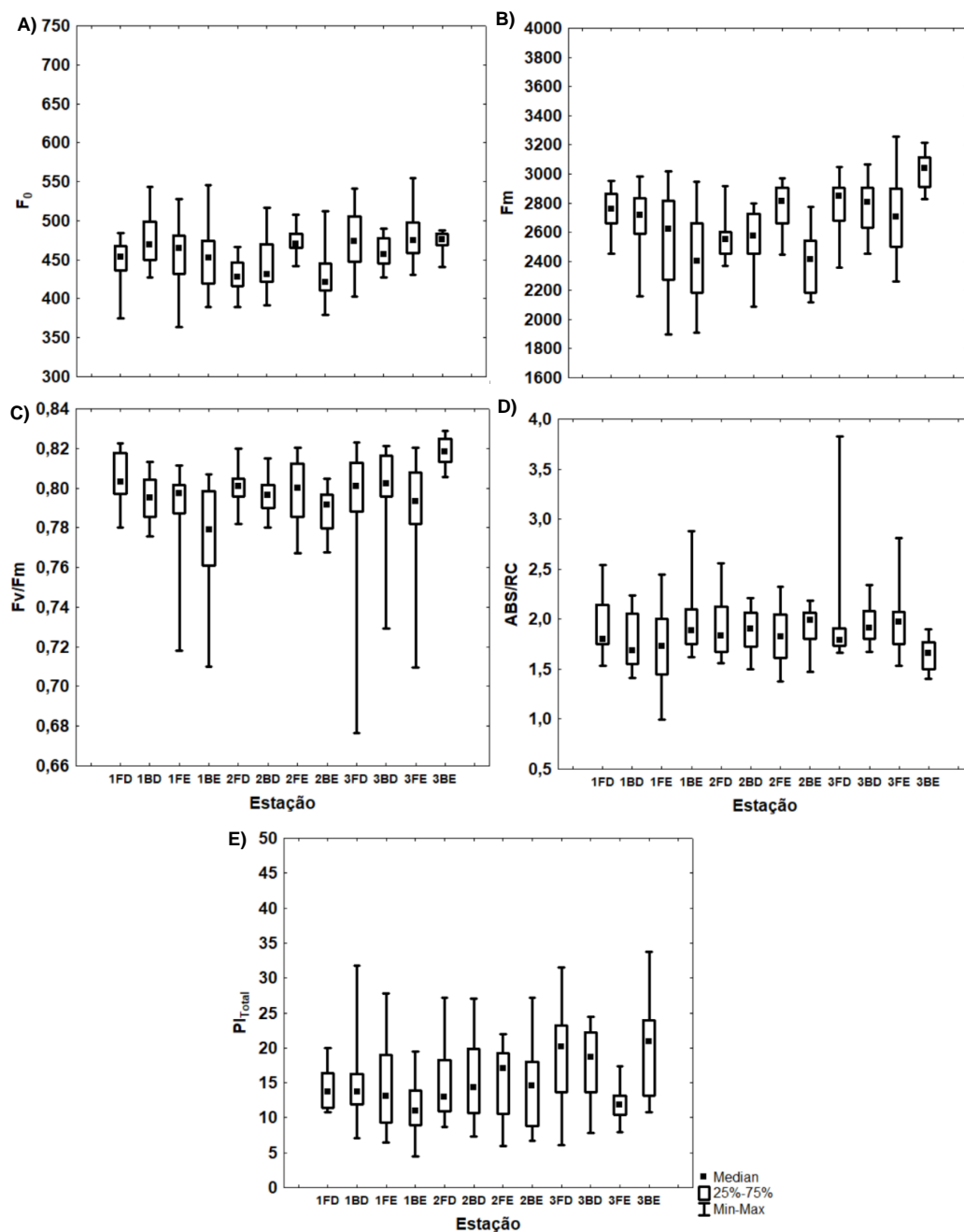


Tabela 32: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e $PITotal$ – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
F_0	Ponto	26,85	0,0000*	3 > 1 > 2
F_0	Campo	42,34	0,0000*	3 > 4, 5 e 6; 4 > 5
F_0	Tipo	5195,50	0,6389	-
F_0	Margem	6270,00	0,0837	-
F_m	Ponto	45,38	0,0000*	3 > 1 e 2
F_m	Campo	28,80	0,0000*	3, 4 e 5 > 6
F_m	Tipo	4629,00	0,0769	-
F_m	Margem	7016,00	0,7322	-
F_v/F_m	Ponto	16,37	0,0003*	3 > 1 e 2
F_v/F_m	Campo	38,40	0,0000*	5, 4 > 6; 3 = 4, 6
F_v/F_m	Tipo	4792,50	0,1633	-
F_v/F_m	Margem	6415,50	0,1446	-
ABS/RC	Ponto	2,56	0,2785	-
ABS/RC	Campo	53,73	0,0000*	3 > 4; 4 > 6; 5 = 6
ABS/RC	Tipo	5056,00	0,4299	-
ABS/RC	Margem	6617,00	0,2783	-
$PITotal$	Ponto	8,50	0,0143	3 > 1
$PITotal$	Campo	47,88	0,0000*	3 > 5 > 6; 4 = 5
$PITotal$	Tipo	4755,00	0,1388	-
$PITotal$	Margem	6028,00	0,0293*	D > E

Figura 188: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê-Açú, Aracruz. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

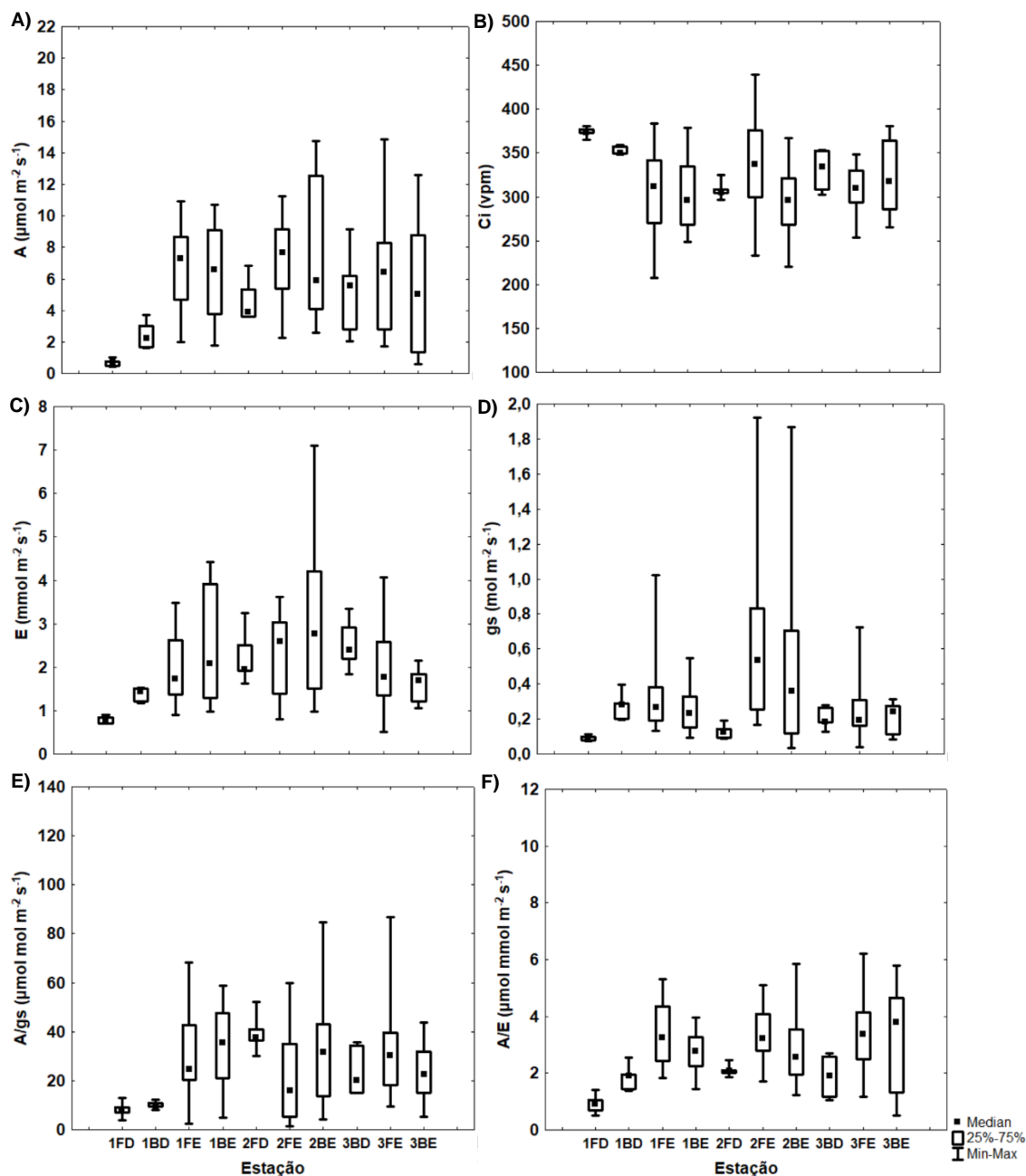


Tabela 33: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o estuário do rio

Piraquê-Açú, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	6,54	0,0379*	2 > 1
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	41,40	0,0000*	4 > 1 e 5 > 6
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1514,00	0,2090	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	462,00	0,0000*	E > D
Ci (vpm)	Ponto	0,20	0,9015	-
Ci (vpm)	Campo	46,63	0,0000*	6 > 5 > 1; 4 = 1 e 5
Ci (vpm)	Tipo	1554,50	0,2980	-
Ci (vpm)	Margem	685,50	0,0040*	D > E
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	9,64	0,0081*	2 > 1
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	57,04	0,0000*	4 > 1; 5 > 6
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1721,50	0,8794	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	853,50	0,0662	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	7,74	0,0209*	2 > 3
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	32,86	0,0000*	4 > 1, 5 e 6
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1439,00	0,1552	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	611,50	0,0010*	E > D
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	0,59	0,7462	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	23,41	0,0000*	1 > 4, 5 e 6
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1645,00	0,6667	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	815,00	0,0424*	E > D
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	2,12	0,3470	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	5,29	0,1516	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1341,00	0,0294*	F > B
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	330,00	0,0000*	E > D

Figura 189: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê-Açú, Aracruz.. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

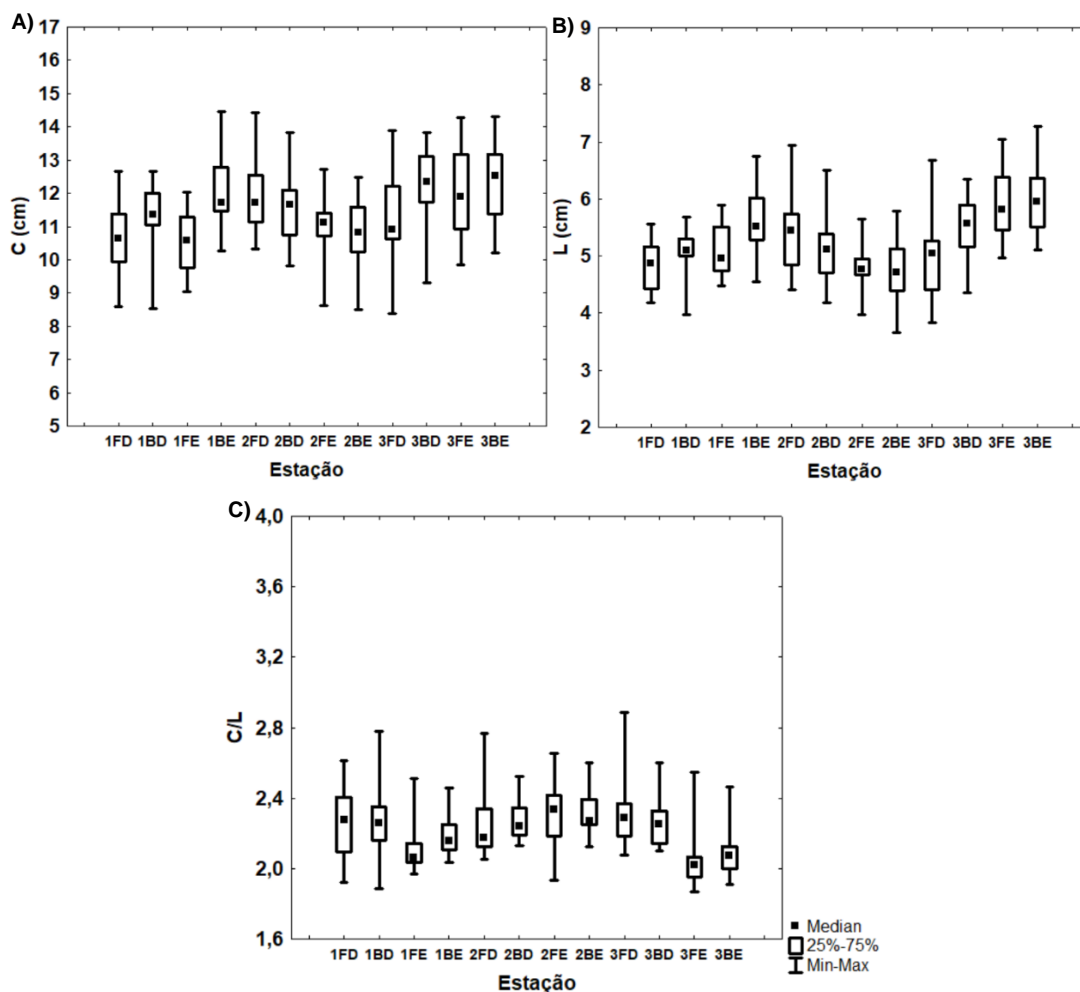


Tabela 34: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

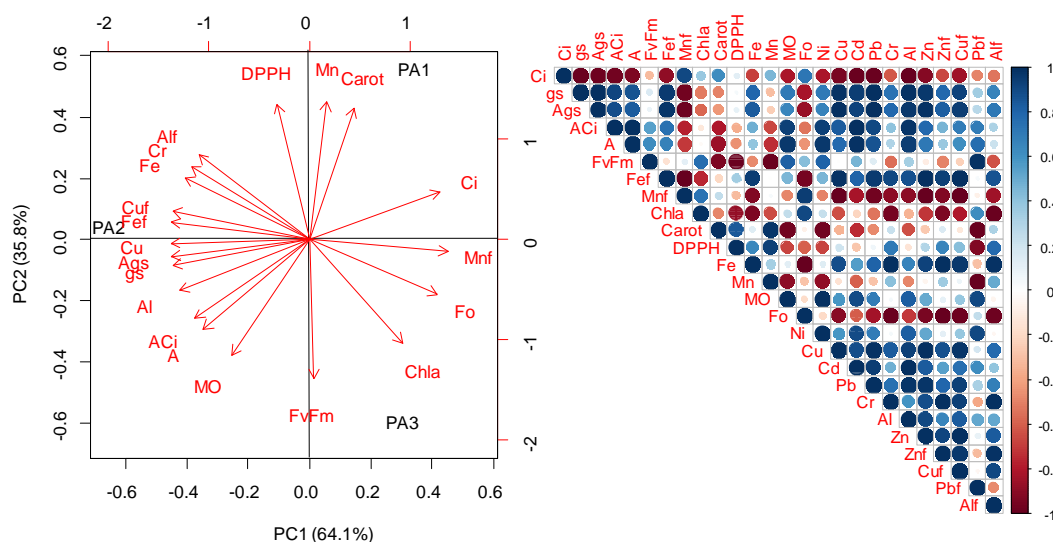
Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	17,39	0,0002*	3 > 1 e 2
Comprimento (cm)	Campo	8,72	0,0332*	-
Comprimento (cm)	Tipo	4157,00	0,0043*	B > F
Comprimento (cm)	Margem	6781,00	0,4359	-
Largura (cm)	Ponto	33,33	0,0000*	3 > 1 e 2
Largura (cm)	Campo	8,82	0,0318*	3 > 5
Largura (cm)	Tipo	4415,50	0,0238*	B > F
Largura (cm)	Margem	6073,50	0,0361*	E > D

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Relação Comprimento / Largura	Ponto	24,52	0,0000*	2 > 1 e 2
Relação Comprimento / Largura	Campo	2,17	0,5373	-
Relação Comprimento / Largura	Tipo	4935,00	0,2859	-
Relação Comprimento / Largura	Margem	4702,00	0,0000*	D > E

Na Figura 190 é apresentado o resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) elaborada com base na correlação entre variáveis fisiológicas (fluorescência da clorofila *a*, assimilação de carbono, trocas gasosas, pigmentos fotossintéticos (clorofila *a* e carotenóides), atividade antirradicalar (DPPH)) teor de metais, como teor de ferro (folha e sedimento) e manganês (folha e sedimento) e matéria orgânica (MO) nos três pontos ao longo do estuário, onde verificou-se uma correlação positiva mas não significativa entre o teor de Fe e Cu no sedimento e no tecido foliar de *R. mangle* ($r = 0,94$ e $r = 0,97$, respectivamente). Isto significa que a absorção e acúmulo de Fe e Cu nos tecidos foliares de *R. mangle* tendeu a aumentar em resposta a concentração deste elemento no sedimento, destacando-se o ponto 2 no rio Piraquê-Açú.

A análise integrada dos dados também permitiu identificar padrões espaciais de distribuição do Fe e Cu no sedimento do estuário do rio Piraquê-Açú e, neste sentido, na comparação entre os pontos, maior concentração de Fe e Cu, acima daqueles reportados na literatura em manguezais do estuário do Rio Mucuri na Bahia (Cuzzuol & Campos, 2001) e Baías de Paranaguá e Guaratuba no Paraná (Madi et al., 2015), foi registrada no sedimento no Ponto 2 do manguezal Piraquê-Açú. Concentrações de Fe acima daquelas reportadas na literatura também foram detectadas nos tecidos foliares de *R. mangle*, especialmente para PA2 (Figura 190). PA1 foi caracterizado por elevados teores de manganês no sedimento.

Figura 190: Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: PA1/PA2/PA3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do rio Piraquê-Açú, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, Fv/Fm – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A – assimilação de CO_2 , gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fef/Alf/Cuf – manganês, ferro, alumínio e cobre foliar, Mn/Fe/Cr/Cu/Al – manganês, ferro, cromo, cobre e alumínio do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH – 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (atividade antirradicalar).



A análise da ACP evidenciou correlação forte e negativa entre o teor de Fe no sedimento e folha e o conteúdo de clorofila a ($r = -0,93$ e $r = -0,75$, $p > 0,05$) e de Mn no sedimento e Fv/Fm ($r = -0,98$, $p = 0,09$). Ou seja, a eficiência do fotossistema II tende a diminuir com o aumento no teor de Mn no sedimento. No estuário do rio Piraquê-Açú, os teores de Fe no sedimento estão acima dos valores reportados na literatura em manguezais do estuário do Rio Mucuri na Bahia (Cuzzuol & Campos, 2001) e Baías de Paranaguá e Guaratuba no Paraná (Madi et al., 2015). O teor de Mn no sedimento de PA1 está acima daqueles observados por esses mesmos autores. No que se refere ao teor desses elementos na folha, o teor de Fe foliar está acima dos valores de referência da literatura nos três pontos analisados, principalmente em PA2, o que resultou em impactos sobre a atividade fotossintética das plantas (Figura 190).

Em PA2, a correlação fraca e positiva entre o teor de Fe na folha com A ($r = 0,67$) indica menor efeito do ferro sobre a taxa de assimilação de carbono nas plantas, comparativamente ao aumento dos valores de gs ($r = 0,95$) em *R. mangle* (Figura 190). Entretanto, correlações negativas fortes entre o teor de Mn foliar e gs ($r = -0,96$) indicam maior interferência desse contaminante sobre a atividade fotossintética das plantas em PA1 e PA3 alterando não somente as trocas gasosas, mas também a taxa de assimilação de carbono das plantas, muito reduzida em PA1. A correlação entre Mn foliar e carbono interno (Ci) ($r = 0,90$, $p > 0,05$) e fluorescência inicial, i. e. F_0 ($r = 0,94$, $p > 0,05$) foi alta e, portanto, menores valores de Ci e F_0 foram descritos para *R. mangle* em PA2, corroborando seus maiores valores de A e A/Ci comparativamente ao PA3 e PA1. Sedimentos com maiores concentrações

de Al e Cu, como o de PA2, mostraram, também, menores valores de Ci ($r_{Ci-Al} = 0,99$, $p < 0,05$ e $r_{Ci-Cu} = 0,94$, $p > 0,05$).

A maior assimilação de carbono e condutância estomática observada em PA2 pode ser explicada em parte pela alta concentração de matéria orgânica descrita para este ponto do manguezal de Piraquê-Açú ($r_{A-MO} = 0,96$; $r_{gs-MO} = 0,70$, $p > 0,05$). Em manguezais, o teor de matéria orgânica do sedimento está sujeito às variações da frequência e duração do alagamento das marés. Neste estudo, para PA2, o teor de matéria orgânica foi positivamente correlacionado a amplitude de alagamento ($r = 0,20$, $p > 0,05$).

Pouca relação foi observada entre Fv/Fm, Clor a, DPPH, carotenóides e o teor de Fe, Cu e Mn foliar, em maior concentração em PA2 e PA3 (Figura 190). Esse resultado indica a ocorrência de maior estresse oxidativo nestes pontos do manguezal do rio Piraquê-Açú. De forma geral, a atividade antirradicalar (DPPH) foi fortemente correlacionada ao teor de Mn no sedimento ($r = 0,93$) e de carotenóides ($r = 0,84$) e pouco correlacionada com o teor de ferro do sedimento ($r = 0,64$).

3.9.1.1 Evidencia de impactos – Piraquê-Açú

- a) Maior teor de Fe, Cu, Cr e Al no sedimento em PA2
- b) Redução da eficiência do fotossistema II com o aumento no teor de Fe e Mn foliar, indicando maior interferência do Mn comparativamente ao Fe.
- c) Efeito associado ao Mn foliar: decréscimo da assimilação de carbono com aumento de Ci associado a uma redução na eficiência aparente de carboxilação da Ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase (Rubisco), isto é, a menores valores da relação A/Ci.
- d) Em PA3, a ocorrência de estresse oxidativo (menor DPPH e pigmentos carotenóides) foi associada ao maior teor de manganês foliar.

3.9.2 Piraquê-Mirim

A Tabela 35 exibe os dados de salinidade para o estuário do rio Piraquê-Mirim (PM) onde verifica-se a salinidade mínima no ponto 3 (3,88) e a salinidade máxima no ponto 2 (38,70), a análise estatística aponta salinidade mais elevada no ponto 1 (PM1) em relação ao ponto 3 (PM3) (Tabela 36). Registrou-se tendência à redução da salinidade ao longo do monitoramento (Tabela 36).

Tabela 35: Salinidade intersticial no manguezal do estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
PM1FD	1	—	—	3	22,20	28,64	5	21,13	21,53
PM1BD	1	—	—	3	35,50	37,90	5	21,22	21,40
PM1FE	1	32,30	35,51	3	26,22	29,61	5	24,85	25,21
PM1BE	1	34,07	37,56	3	34,90	35,90	5	21,30	22,50
PM2FD	1	—	—	3	25,36	28,62	5	21,90	23,20
PM2BD	1	—	—	3	35,90	38,70	5	19,95	24,60
PM2FE	1	28,97	31,34	3	4,65	5,63	5	20,53	22,10
PM2BE	1	22,94	28,71	3	29,10	37,20	5	21,90	23,20
PM3FD	1	—	—	3	25,12	25,60	5	17,05	18,94
PM3BD	1	—	—	3	29,70	33,70	5	19,15	20,53
PM3FE	1	23,60	23,83	3	3,88	5,63	5	17,02	17,28
PM3BE	1	17,69	20,04	3	25,90	30,10	5	17,21	18,03
PM1FD	2	—	—	4	27,50	28,30	6	16,28	17,23
PM1BD	2	—	—	4	31,50	33,50	6	17,76	17,27
PM1FE	2	18,71	25,12	4	27,11	28,83	6	17,07	17,19
PM1BE	2	20,89	24,05	4	18,71	25,12	6	16,25	16,76
PM2FD	2	—	—	4	24,90	29,20	6	15,95	16,22
PM2BD	2	—	—	4	10,20	29,20	6	17,10	17,37
PM2FE	2	25,39	28,38	4	23,58	25,50	6	16,17	16,70
PM2BE	2	25,69	26,68	4	22,80	28,45	6	17,40	18,55
PM3FD	2	—	—	4	23,31	25,73	6	15,28	17,05
PM3BD	2	—	—	4	34,40	35,60	6	15,38	17,60
PM3FE	2	20,54	22,08	4	25,50	28,60	6	14,53	15,90
PM3BE	2	20,36	21,66	4	21,83	25,86	6	16,58	18,06

Tabela 36: Análise estatística da salinidade intersticial para manguezal do estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Salinidade	Ponto	8,83	0,0121*	1 > 3
Salinidade	Campo	91,80	0,0000*	1, 3 e 4 > 5 > 6; 2 = 1, 3, 4 e 5
Salinidade	Tipo	3299,00	0,0544	-
Salinidade	Margem	3622,00	0,5663	-

A comparação entre os pontos no manguezal do Piraquê-Mirim (PM) evidenciou menor F_o em P3 (PM3) que diferiu de P1 (PM1) e P2 (PM2). Maiores valores de F_m , F_v/F_m e PI_{total} foram registrados em PM1

diferindo de PM2 e PM3. O PM2 apresentou maior ABS/RC (Figura 191 e Tabela 37). Maiores valores de F_o , ABS/RC e PI_{total} foram obtidos no Campo 3 e o valor médio de F_v/F_m foi mais elevado no Campo 4. O campo 6 apresentou diminuição de F_m quando comparado aos campos anteriores. Diferenças entre os tipos fisiográficos foram observadas em F_o e F_v/F_m , com maiores valores obtidos na franja e bacia, respectivamente. Na comparação entre margens, os valores médios de F_m e F_v/F_m foram maiores na margem esquerda e ABS/Rc na margem direita (Figura 191 e Tabela 37).

Na análise de trocas gasosas, diferenças entre os pontos foram observadas na assimilação (A) e eficiência instantânea do uso da água (A/E) que foram maiores em P3 (Figura 192 e Tabela 38). O Campo 6 registrou menores valores de A, gs e E, e maior C_i . A eficiência no uso da água foi muito variável entre os campos, mas no geral a melhor eficiência foi observada no Campo 3 e 4. Não foram observadas diferenças entre os tipos fisiográficos nesta análise para o estuário do Piraquê-Mirim. No entanto, comparando as margens, observou-se maiores valores de A, gs e E na margem direita (A, gs, A/gs e A/).

Em relação ao tamanho da folha (Figura 193 e Tabela 39), o comprimento não diferiu entre os pontos. P3 exibiu maior mediana para largura, contudo a relação C/L foi maior em P2 comparado a P1. O comprimento foliar só diferiu entre os campos 3 e 5, exibindo menor valor em C5. Os valores de largura da folha não diferiram entre os campos, no entanto a relação C/L diferiu entre os campos 3, 4 e 6, sendo menor no campo 4. A bacia e a margem esquerda exibiram maior valor para comprimento e largura. Registrou-se maior relação C/L na margem direita.

Figura 191: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê-Mirim, Aracruz.. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

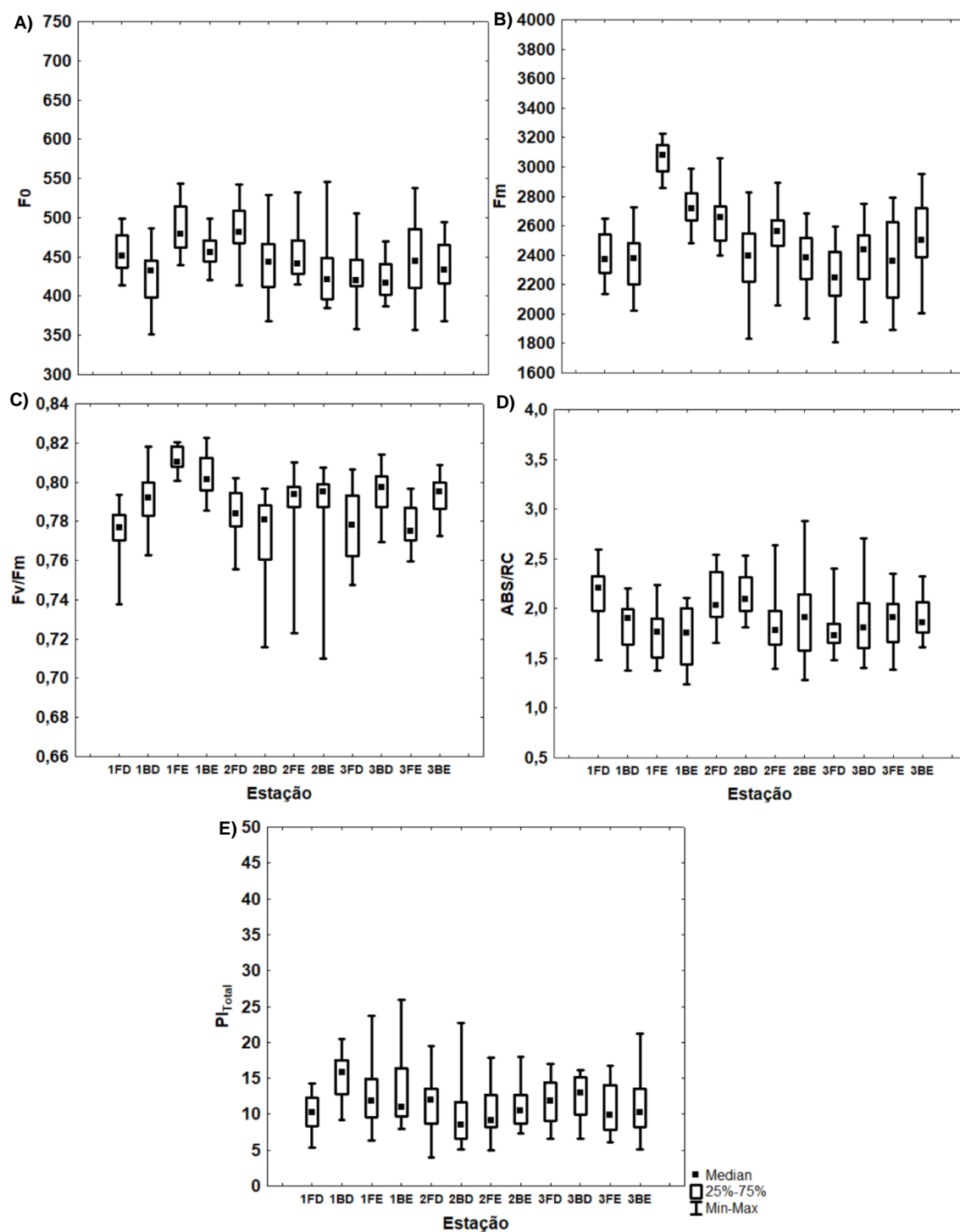


Tabela 37: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para o estuário do rio Piraquê- Mirim, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
F_0	Ponto	14,01	0,0009*	3 < 1 e 2; 1 = 2
F_0	Campo	56,98	0,0000*	3 > 4,5 e 6; 4 > 6; 5 = 4 e 6
F_0	Tipo	4679,00	0,0000*	F > B
F_0	Margem	6160,00	0,0832	-
F_m	Ponto	23,08	0,0000*	1 > 2 e 3; 2 = 3
F_m	Campo	36,03	0,0000*	6 < 3,4 e 5; 3 = 4 e 5; 4 = 3
F_m	Tipo	6154,00	0,0816	-
F_m	Margem	4401,00	0,0000*	E > D
F_v/F_m	Ponto	18,37	0,0001*	1 > 2 e 3; 2 = 3
F_v/F_m	Campo	10,97	0,0119*	4 > 3; 3 = 5 e 6; 4 = 5 e 6; 5 = 6
F_v/F_m	Tipo	5642,00	0,0068*	B > F
F_v/F_m	Margem	4242,50	0,0000*	E > D
ABS/RC	Ponto	10,07	0,0065*	2 > 1 e 3; 1 = 3
ABS/RC	Campo	52,11	0,0000*	3 > 4,5 e 6; 4 = 5; 5 > 6
ABS/RC	Tipo	7033,00	0,9317	-
ABS/RC	Margem	5266,00	0,0006*	D > E
PI_{total}	Ponto	9,68	0,0079*	1 > 2; 3 = 2 e 1
PI_{total}	Campo	23,78	0,0000*	3 > 4 e 5; 6 = 3,4 e 5
PI_{total}	Tipo	6372,00	0,1833	-
PI_{total}	Margem	6583,00	0,3493	-

Figura 192: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraquê- Mirim, Aracruz. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

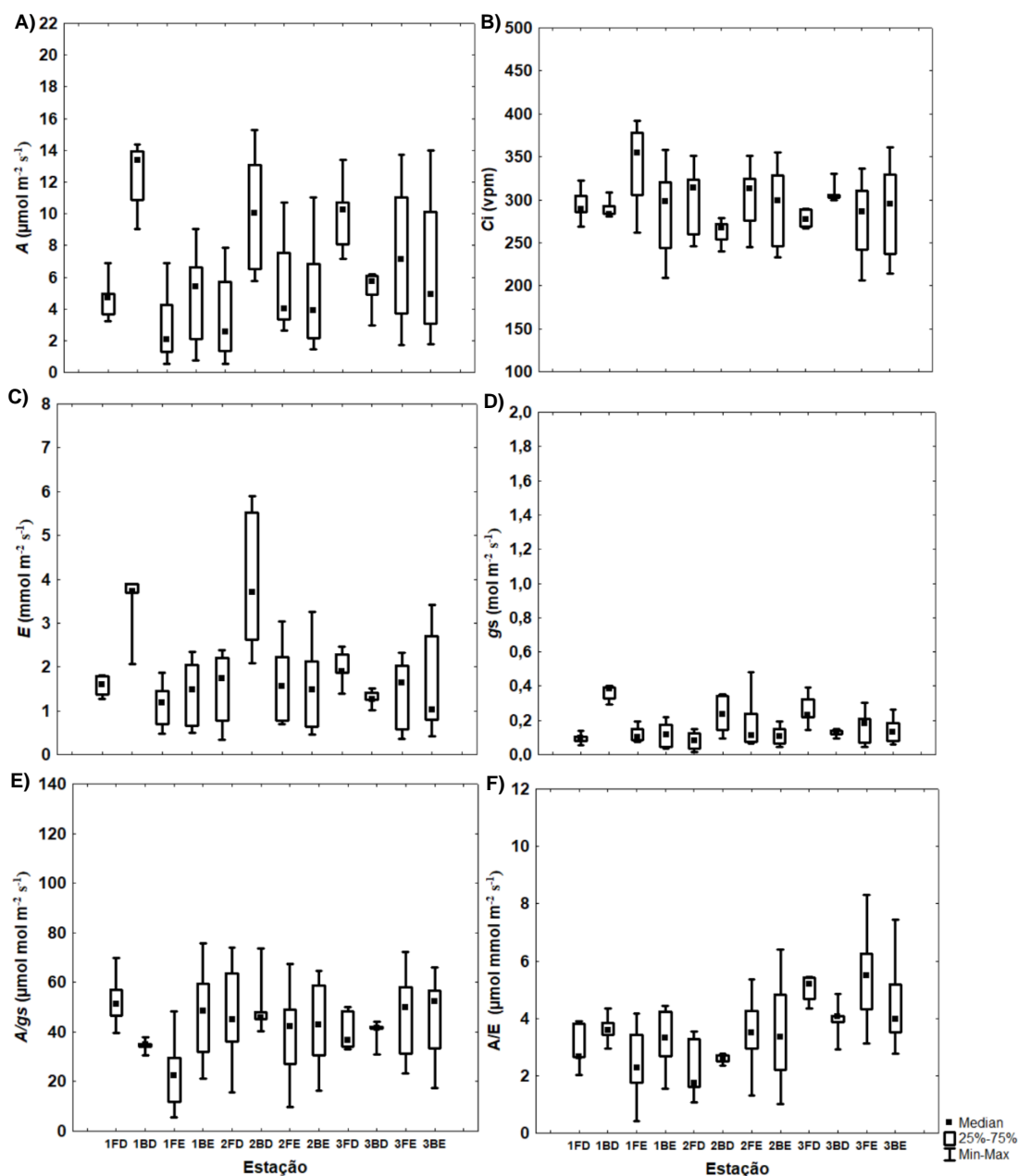


Tabela 38: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 para o estuário do rio Piraquê- Mirim, Aracruz entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	7,65	0,0217*	3 > 1
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	48,8	0,0000*	6 < 3, 4 e 5; 3 > 5; 4 = 3 e 5
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1401,00	0,1207	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	819,00	0,0029*	D > E
Ci (vpm)	Ponto	4,98	0,0825	-
Ci (vpm)	Campo	61,37	0,0000*	5 > 3 e 4; 4 > 3; 6 > 3 e 4
Ci (vpm)	Tipo	1401,50	0,1214	-
Ci (vpm)	Margem	1048,00	0,127	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	1,55	0,4607	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	61,18	0,0000*	6 < 3, 4 e 5; 3 = 4 e 5
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1446,50	0,1934	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	776,00	0,0011*	D > E
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	3,12	0,2095	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	36,31	0,0000*	6 < 3, 4 e 5; 3 = 4 e 5
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1650,00	0,8597	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	966,00	0,0410*	D > E
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	5,49	0,0642	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	34,86	0,0000*	3 > 5 e 6; 4 > 5; 6 = 4 e 5
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1367,00	0,0819	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1166,00	0,4343	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	33,82	0,0000*	3 > 1 e 2
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	22,96	0,0000*	3 > 5; 5 < 6; 3 = 4 e 6; 4 = 5 e 6
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1647,00	0,8467	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1183,00	0,4999	-

Figura 193: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Piraguê- Mirim, Aracruz.. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

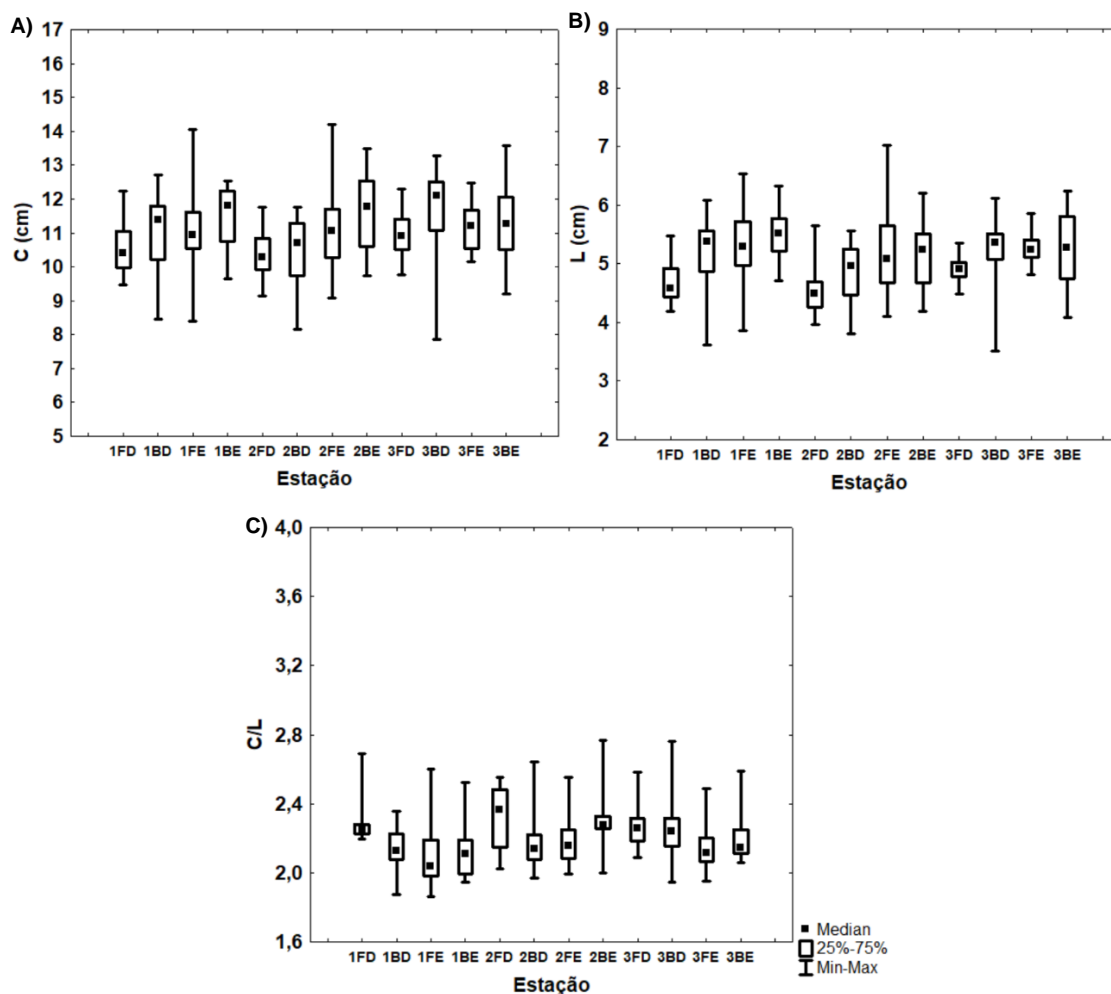


Tabela 39: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o estuário do rio Piraguê-Mirim, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

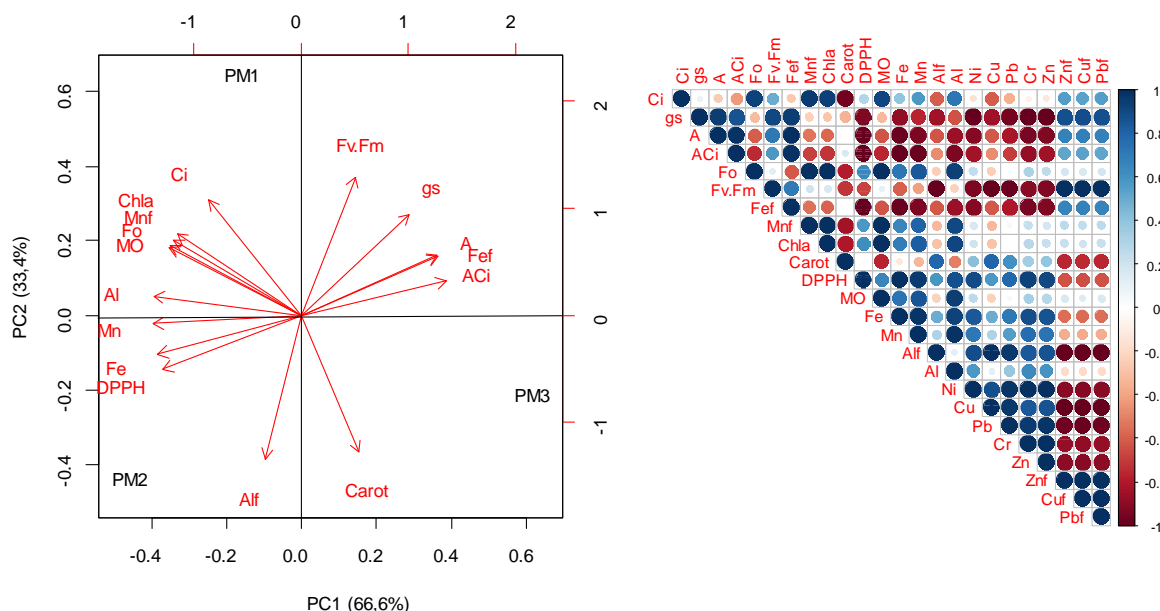
Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	5,48	0,0645	-
Comprimento (cm)	Campo	8,78	0,0323*	3 > 5; 4 = 3,5 e 6; 6 = 3,4 e 5
Comprimento (cm)	Tipo	5215,00	0,0004*	B > F
Comprimento (cm)	Margem	5503,00	0,0029*	E > D
Largura (cm)	Ponto	11,22	0,0037*	2 < 1 e 3
Largura (cm)	Campo	8,9700	0,0296	-
Largura (cm)	Tipo	5128,00	0,0002*	B > F
Largura (cm)	Margem	4429,00	0,0000*	E > D
Relação Comprimento / Largura	Ponto	10,70	0,0047*	2 > 1; 3 = 1 e 2

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Relação Comprimento / Largura	Campo	14,11	0,0028*	4 < 3 e 6; 5 = 3,4 e 6
Relação Comprimento / Largura	Tipo	6508,50	0,2830	-
Relação Comprimento / Largura	Margem	5014,50	0,0001*	D > E

Padrões espaciais de distribuição do Fe e Mn no sedimento do estuário do rio Piraque-Mirim foram claros entre os pontos avaliados, com maior concentração de Fe e Mn registrada no sedimento no PM2, seguido por PM1. De forma geral, este manguezal apresenta teores de Fe no sedimento acima daqueles encontrados na literatura para outros manguezais (Cuzzuol & Campos, 2001, Madi et al., 2015). Por outro lado, este manguezal apresenta teores de Mn no sedimento dentro dos níveis reportados na literatura para manguezais do estuário do Rio Mucuri-Bahia (Cuzzuol & Campos, 2001) e Baías de Paranaguá e Guaratuba-Paraná (Madi et al., 2015), exceto para PM2 onde a magnitude da concentração do Mn dobra em relação aos valores médios reportados por esses autores.

Com base no resultado da Análise de Componentes Principais (ACP), verificou-se uma correlação positiva forte mas não significativa entre o teor de Mn no sedimento e no tecido foliar de *R. mangle* ($r = 0,80$; $p > 0,05$) (Figura 194). Analogamente, a correlação entre o teor de Fe no sedimento e folha foi fraca e negativa ($r = -0,98$, $p = 0,09$).

Figura 194 Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: PM1/PM2/PM3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do rio Piraquê-Mirim, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , gs - condutância estomática, Ci - concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fe - manganês e ferro foliar, Mn/Fe/Al - manganês, ferro e alumínio do sedimento, MO - matéria orgânica, Chla - clorofila a, Carot - carotenoides, DPPH - 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (atividade antirradicalar).



Para PM2, F_0 foi positivamente correlacionado com os teores de Fe, Mn e Al no sedimento ($r = 0,72$, $r = 0,84$, $r = 0,93$, respectivamente, $p > 0,05$) e maior F_0 ocorreu em PM1 e PM2. Por outro lado, F_0 foi negativamente correlacionado com A ($r = -0,60$, $p > 0,05$), A/Ci ($r = -0,74$, $p > 0,05$) e DPPH ($r = 0,64$, $p > 0,05$), com maiores valores obtidos para PM2, indicando menor estresse oxidativo. O decréscimo de A e o aumento de Ci foi associado a uma redução na eficiência de carboxilação da Ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase (Rubisco), isto é, a menores valores da relação A/Ci em PM1 (Figura 194).

3.9.2.1 Evidencia de impactos – Piraquê-Mirim

- Maior teor de Fe e Mn no sedimento em PM2.
- Efeito associado aos contaminantes do sedimento: decréscimo da assimilação de carbono com aumento de Ci associado a uma redução na eficiência de carboxilação da Ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase (Rubisco), isto é, a menores valores da relação A/Ci;
- Redução da atividade do fotossistema II, dado o maior F_0 ;
- Ocorrência de estresse oxidativo em PM1 e PM3, considerando o menor valor de DPPH e de pigmentos carotenoides.

3.9.3 Costa das Algas

A Tabela 40 apresenta os valores mínimos e máximos de salinidade para Costa das Algas e a

Tabela 41 o resultado estatístico para a variável. Verifica-se a salinidade mínima em CA2 (0,08) e a salinidade máxima em CA1 (33,60), os valores refletem no resultado estatístico com CA1 exibindo maior salinidade.

Tabela 40: Salinidade coletada no período de outubro/2018 a setembro/2019 em Costa das Algas, Aracruz.

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
CA1	1	30,87	32,47	3	27,27	27,60	5	17,68	18,30
CA2	1	5,93	6,89	3	7,50	8,10	5	0,08	1,21
CA1	2	32,26	33,60	4	24,99	25,75	6	—	—
CA2	2	1,38	3,92	4	2,56	5,35	6	—	—

Tabela 41: Análise estatística da salinidade em Costa das Algas, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos e campos.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Salinidade	Ponto	0,00	0,0000*	1 > 2
Salinidade	Campo	4,83	0,3052	-

Na área de Costa das Algas (CA), apenas um dos pontos amostrados para análises fotossintéticas há presença de *R. mangle* (CA2). Assim, optou-se por apresentar a variação nos dados de fluorescência da clorofila *a*, trocas gasosas e biometria em função dos campos realizados. A Figura 195 apresenta a variação entre os campos para os parâmetros de fluorescência da clorofila *a*. Obteve-se menor valor de *Fm* e *Fv/Fm* para o Campo 6. *ABS/RC* foi mais elevado no Campo 3. Os valores da assimilação de carbono reduziram-se ao longo do monitoramento, acompanhada pela redução da condutância estomática. Verificou-se padrão inverso para o *Ci*. No Campo 5, a transpiração foi mais elevada, refletindo em reduções no valor de *A/E* (Figura 196). A variabilidade dos dados obtidos para biometria foi não foram significantes (Figura 197).

Figura 195: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (3, 4, 5 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. Letras indicam diferença entre os campos.

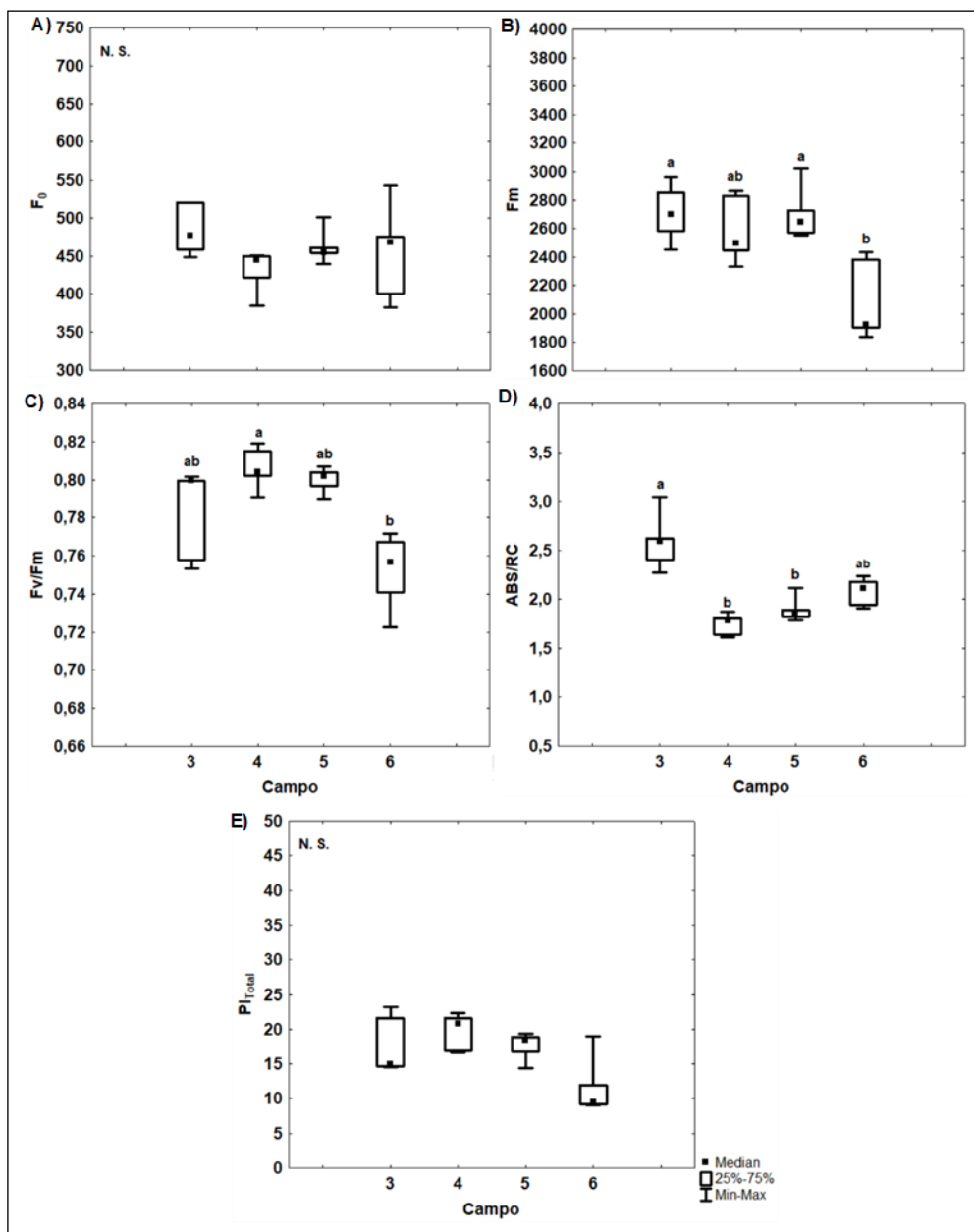


Figura 196: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (1 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). Letras indicam diferença entre os campos.

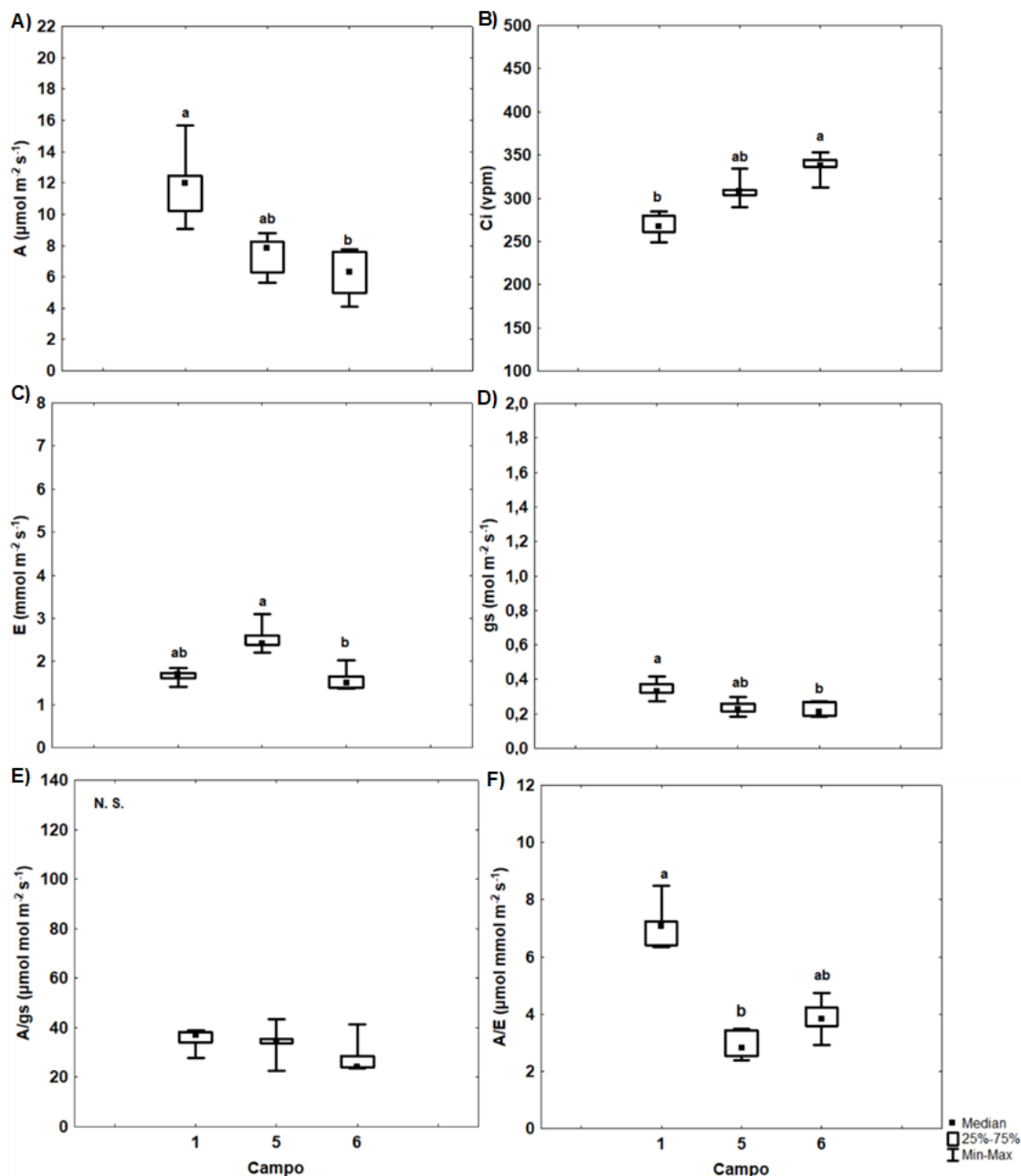
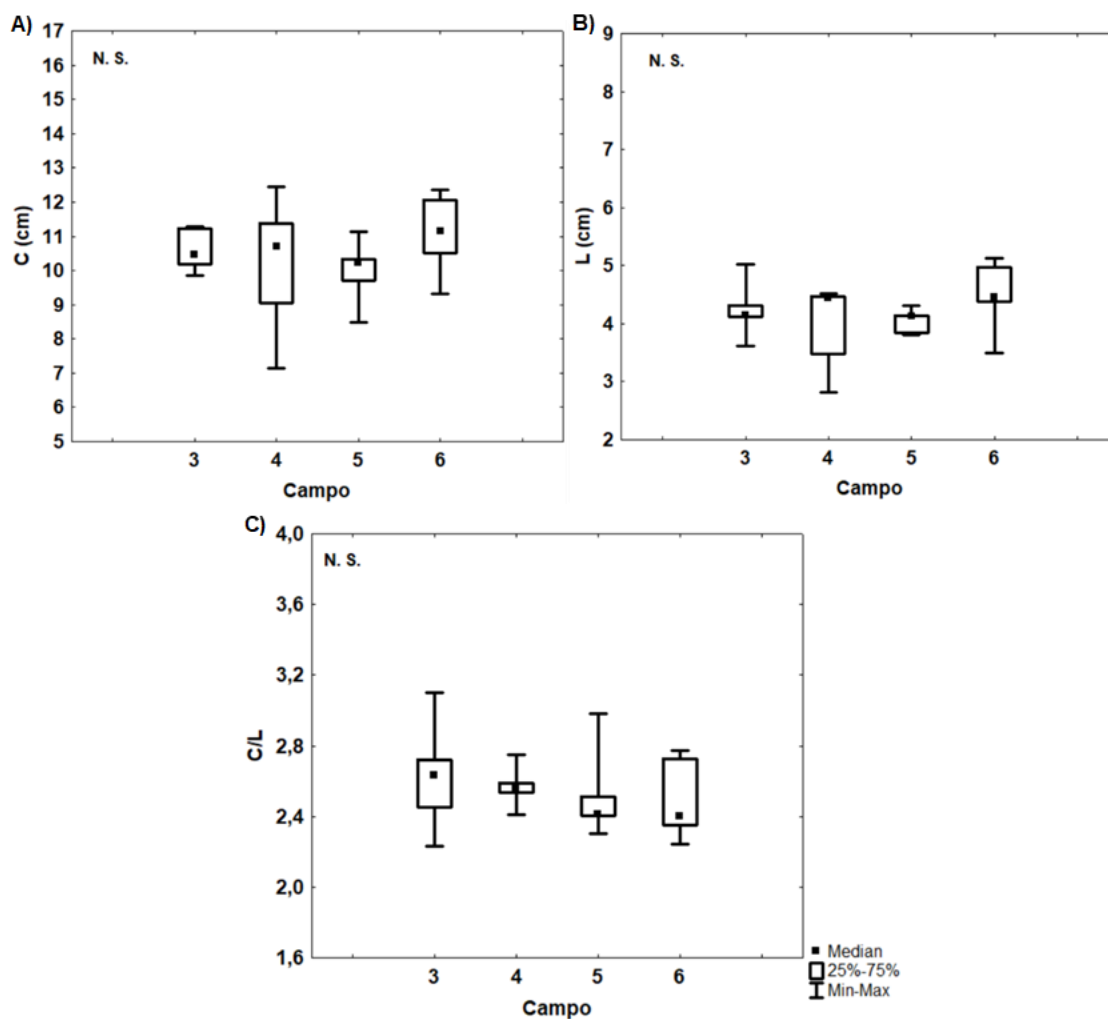


Figura 197: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (2, 4, 5 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas. Letras indicam diferença entre os campos.



A. schaueriana em Costa das Algas foi amostrada em um ponto (CA1). F_o foi menor no Campo 4, ao contrário de F_m e F_v/F_m . Ao longo do monitoramento, houve redução em ABS/RC (Figura 198).

Os dados de trocas gasosas são apresentados na Figura 198. Maior assimilação de carbono, transpiração e eficiência no uso da água foi descrito para o Campo 1. C_i e g_s aumentaram do Campo 1 para o Campo 6. A biometria foliar é exibida na Figura 197 e não houve diferença significativa entre os campos para as variáveis analisadas.

Figura 198: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (3, 4, 5 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. Letras indicam diferença entre os campos.

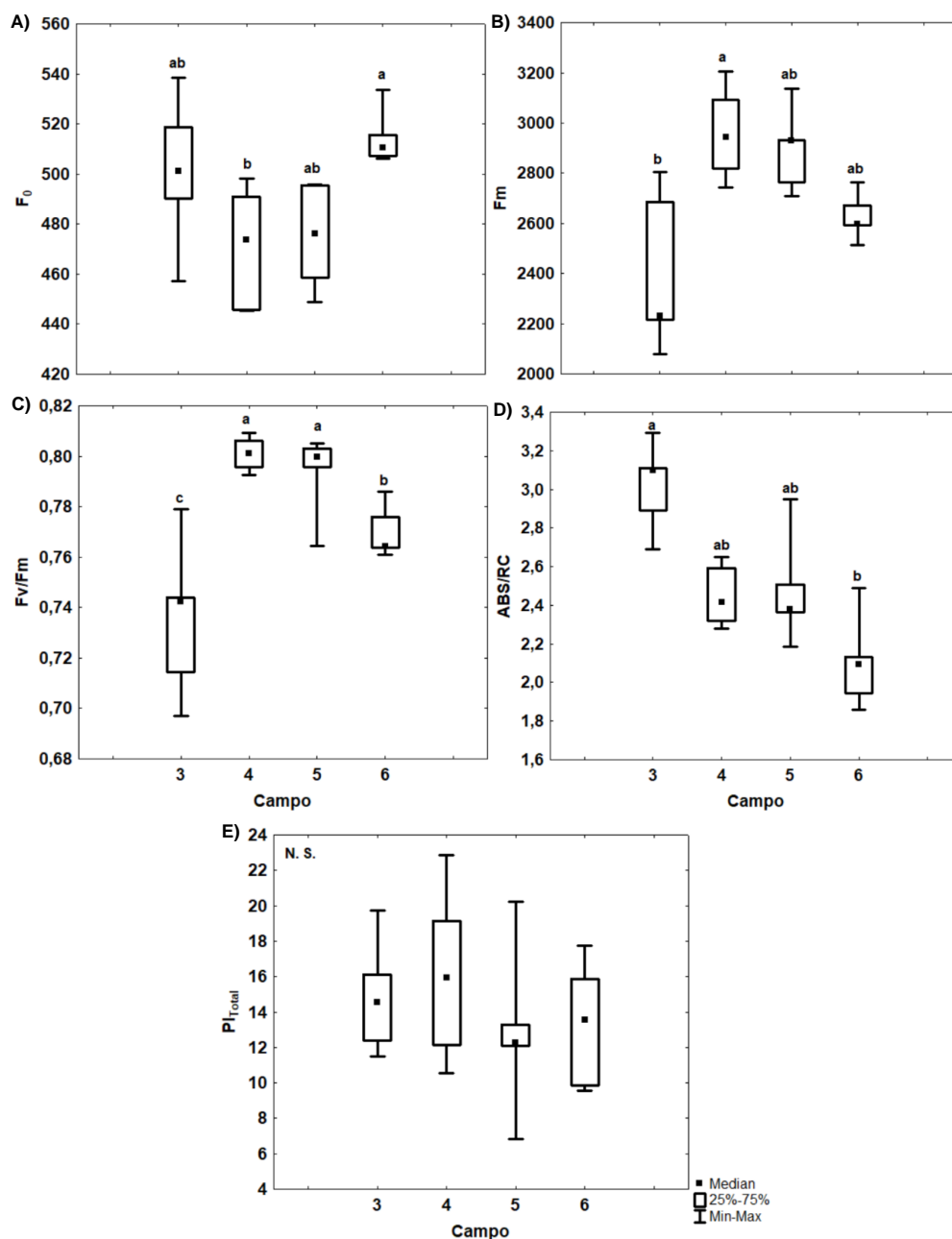


Figura 199: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (1 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. A – assimilação de CO_2 , gs – condutância estomática, C_i – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). Letras indicam diferença entre os campos ($p < 0,05$).

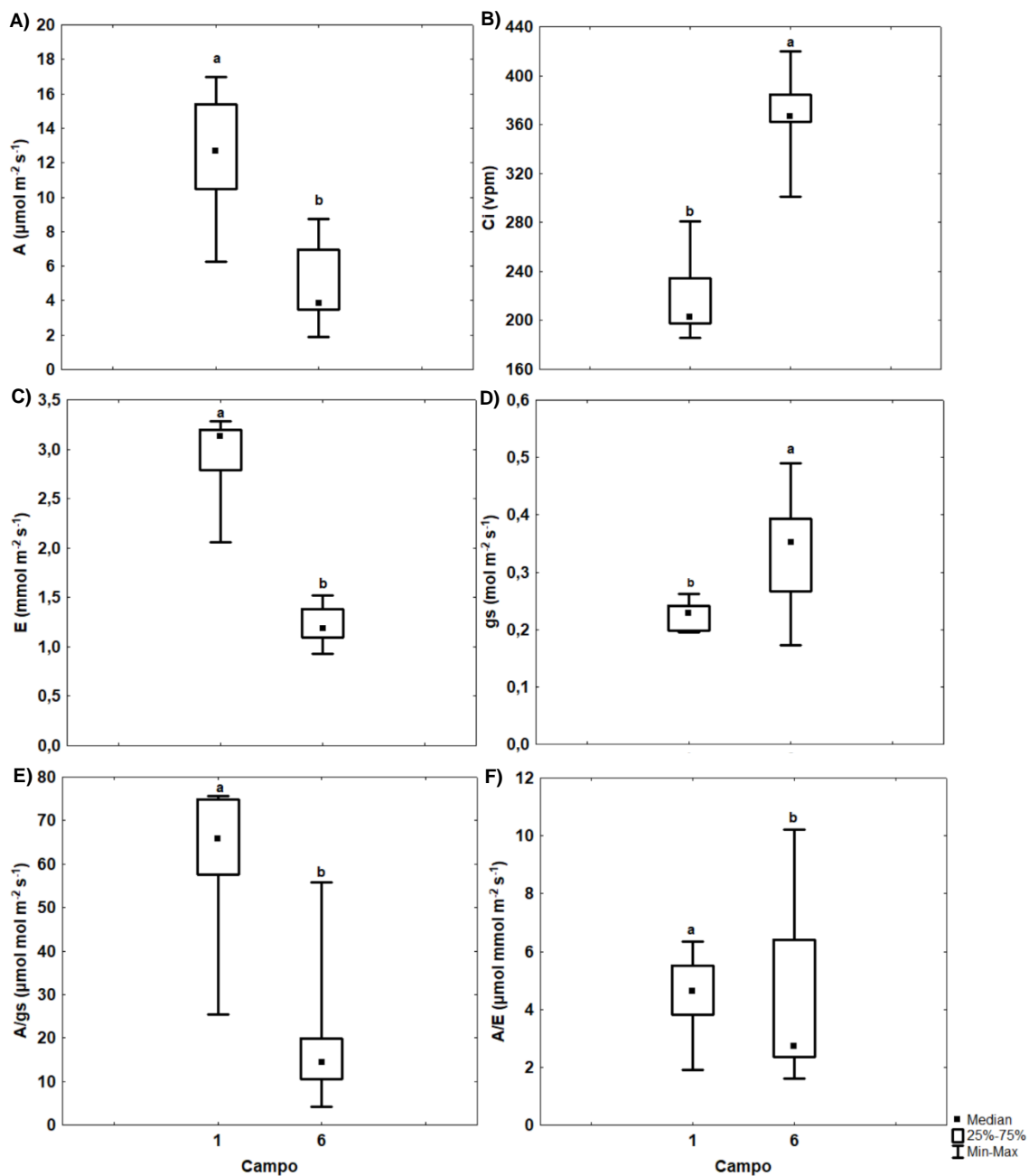
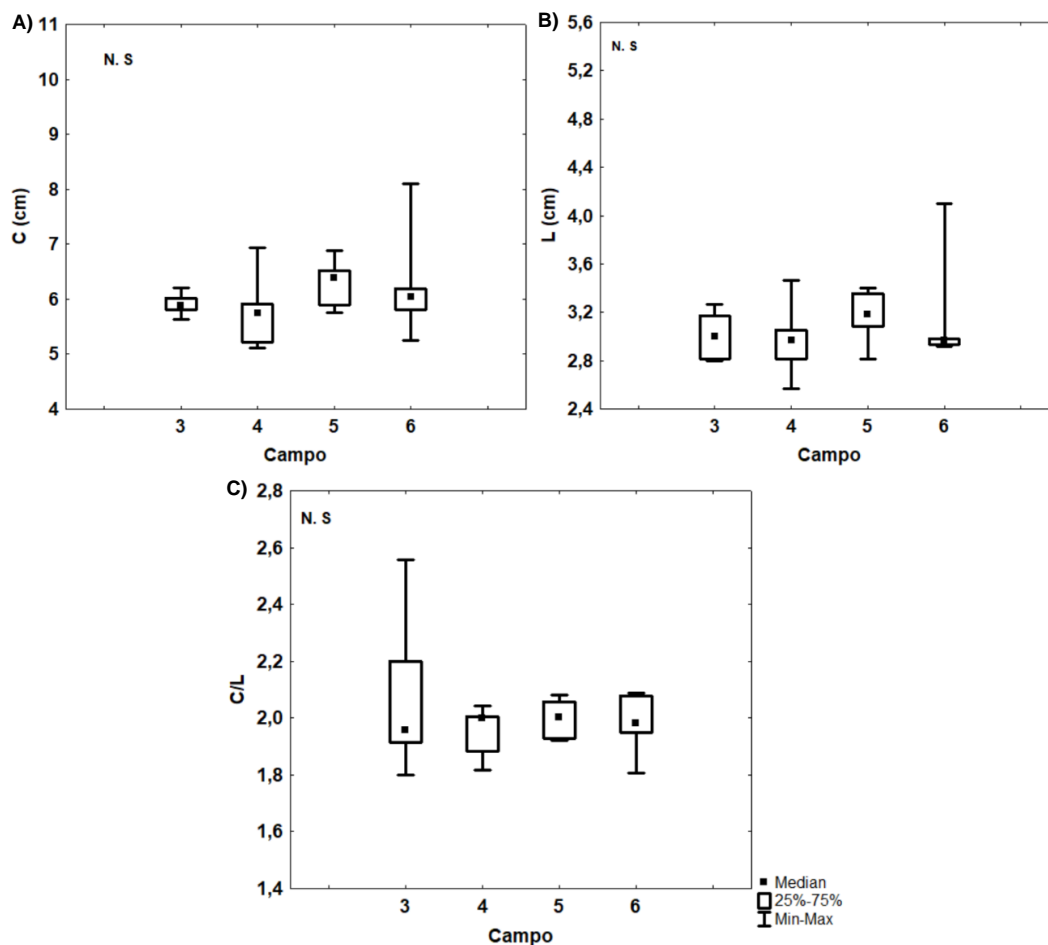


Figura 200: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos campos (2, 4, 5 e 6) em Costa das Algas, Aracruz. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas. Letras indicam diferença entre os campos ($p < 0,05$).



3.9.4 Barra do Riacho (BR)

A Tabela 42 e Tabela 43 expõem os dados de salinidade para o estuário de Barra do Riacho e a análise estatística, respectivamente. A salinidade mínima foi registrada no ponto 3 (0,12) e a salinidade máxima no ponto 1 (29,50). Os Campos 2, 5 e 6 exibiram menores salinidades ao longo do monitoramento.

Tabela 42: Salinidade intersticial no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
BR1FD	1	3,74	5,77	3	21,47	29,50	5	2,08	4,51
BR2FD	1	1,10	5,96	3	11,82	11,82	5	2,07	2,20
BR3FD	1	1,11	2,63	3	4,82	18,27	5	0,12	0,13
BR1FD	2	0,37	0,38	4	15,20	18,89	6	1,42	1,43
BR2FD	2	0,38	0,38	4	3,37	14,41	6	2,20	2,96

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
BR3FD	2	1,26	4,29	4	1,45	5,59	6	0,85	1,90

Tabela 43: Análise estatística da salinidade intersticial para manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos e campos.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Salinidade	Ponto	2,57	0,2755	-
Salinidade	Campo	29,66	0,0000*	3 > 2, 5 e 6; 4 > 2; 3 = 1 e 4

Em Barra do Riacho, BR1 e BR3 exibiram mediana mais elevada para os parâmetros Fm e Fv/Fm. ABS/RC foi estatisticamente superior em BR 2 e BR3. Fo e Pl_{total} diferiram entre os campos, com o Campo 6 registrando o menor valor (Figura 201 e Tabela 44).

Os valores de trocas gasosas levantados em Barra do Riacho para *R. mangle* tem seus quartis dos parâmetros A, Ci e E afastados da mediana para BR3. Este ponto exibe maior mediana para os parâmetros de A, Ci e gs. Eficiência no uso da água (A/gs) foi mais elevada em BR2. Observou-se maior eficiência fotossintética (A, gs, A/gs e A/E) para o Campo 1, seguido do Campo 4 (Figura 202 e Tabela 45).

A largura da folha exibiu mediana mais elevada em BR1, seguida de BR3 e, por último, BR2. A relação comprimento e largura foi maior nos pontos BR2 e BR3. Os parâmetros de biometria não variaram na comparação entre os campos (Figura 203 e Tabela 46).

Figura 201: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), franja (F) e margem (D: direita) no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz.. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

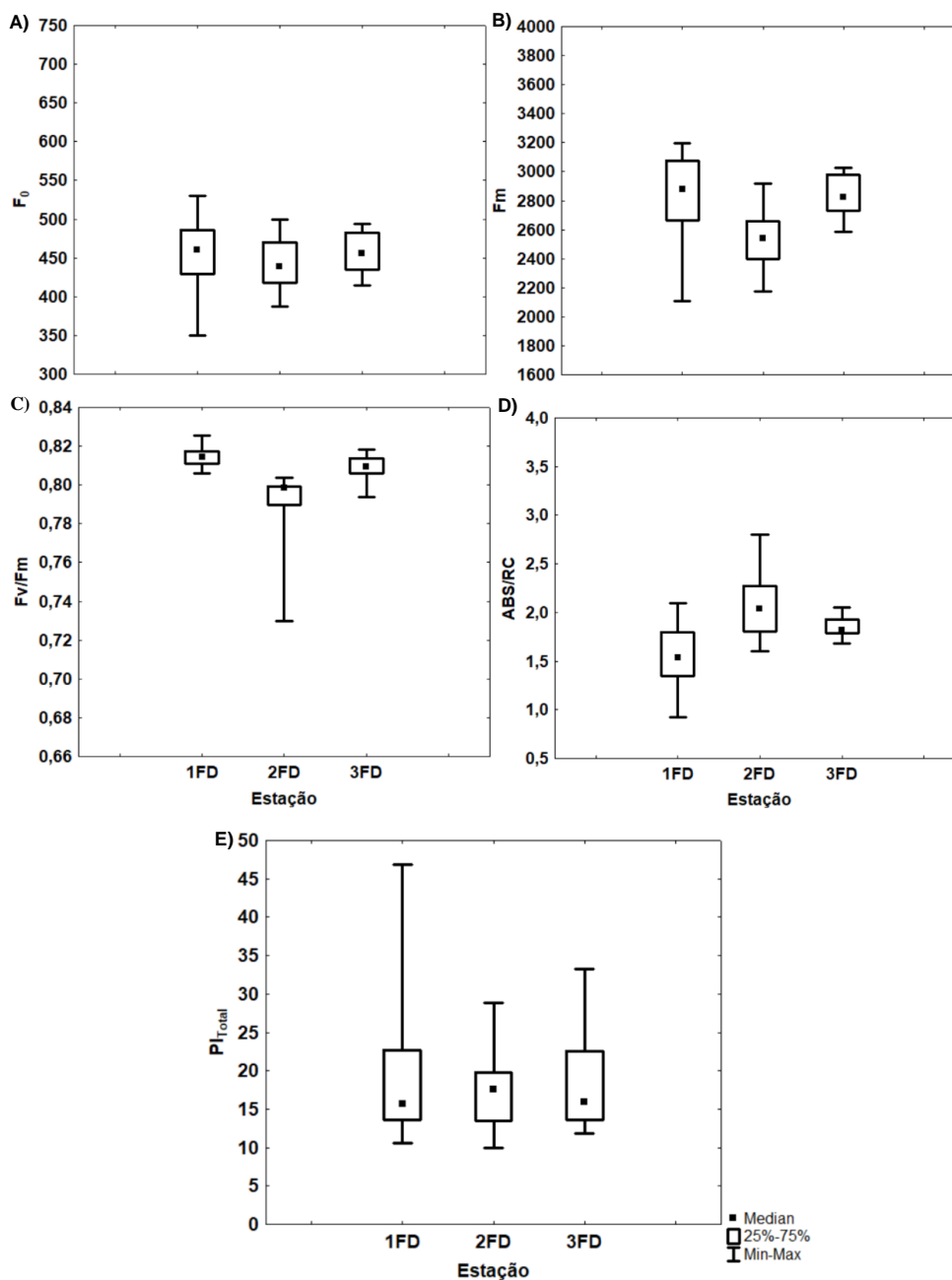


Tabela 44: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila a para o manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos e campos. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
F_0	Ponto	2,00	0,3664	-
F_0	Campo	9,94	0,0191*	4 > 6
F_m	Ponto	16,77	0,0002*	1 e 3 > 2
F_m	Campo	6,39	0,0938	-
F_v/F_m	Ponto	39,96	0,0000*	1 e 3 > 2
F_v/F_m	Campo	6,11	0,1063	-
ABS/RC	Ponto	19,33	0,0001*	2 e 3 > 1
ABS/RC	Campo	20,31	0,0001*	3 > 5 e 6; 4 = 3 e 5
PI_{total}	Ponto	0,06	0,9689	-
PI_{total}	Campo	9,09	0,0281	3 > 6

Figura 202: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), franja (F) e margem (D: direita) no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

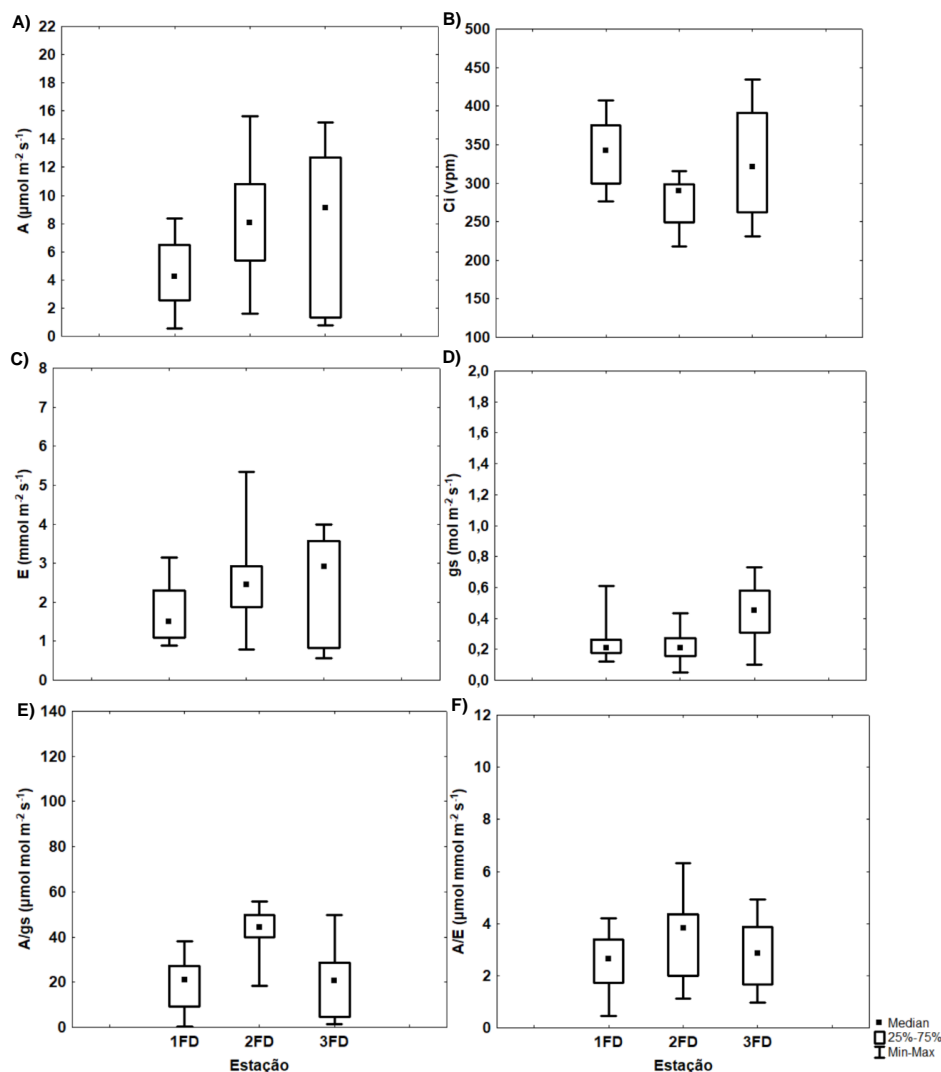


Tabela 45: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos e campos. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	10,85	0,0044*	2 e 3 > 1
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	30,56	0,0000*	1 e 4 > 5, 6
Ci (vpm)	Ponto	12,88	0,0016*	1 e 3 > 2
Ci (vpm)	Campo	30,25	0,0000*	1 > 4, 5 e 6
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	5,23	0,0731	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	34,14	0,0000*	4 \geq 1 \geq 5 \geq 6

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
gs - mol m ⁻² s ⁻¹	Ponto	15,31	0,0005*	3 > 1 e 2
gs - mol m ⁻² s ⁻¹	Campo	9,50	0,0233*	1, 4 > 5
A/gs – μmol mol m ⁻² s ⁻¹	Ponto	21,22	0,0000*	2 > 1 e 3
A/gs – μmol mol m ⁻² s ⁻¹	Campo	14,80	0,0020*	1 > 5 e 6
A/E – μmol mmol m ⁻² s ⁻¹	Ponto	4,61	0,0996	-
A/E – μmol mmol m ⁻² s ⁻¹	Campo	24,63	0,0000*	1 > 4 e 5

Figura 203: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), franja (F) e margem (D: direita) no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz.. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

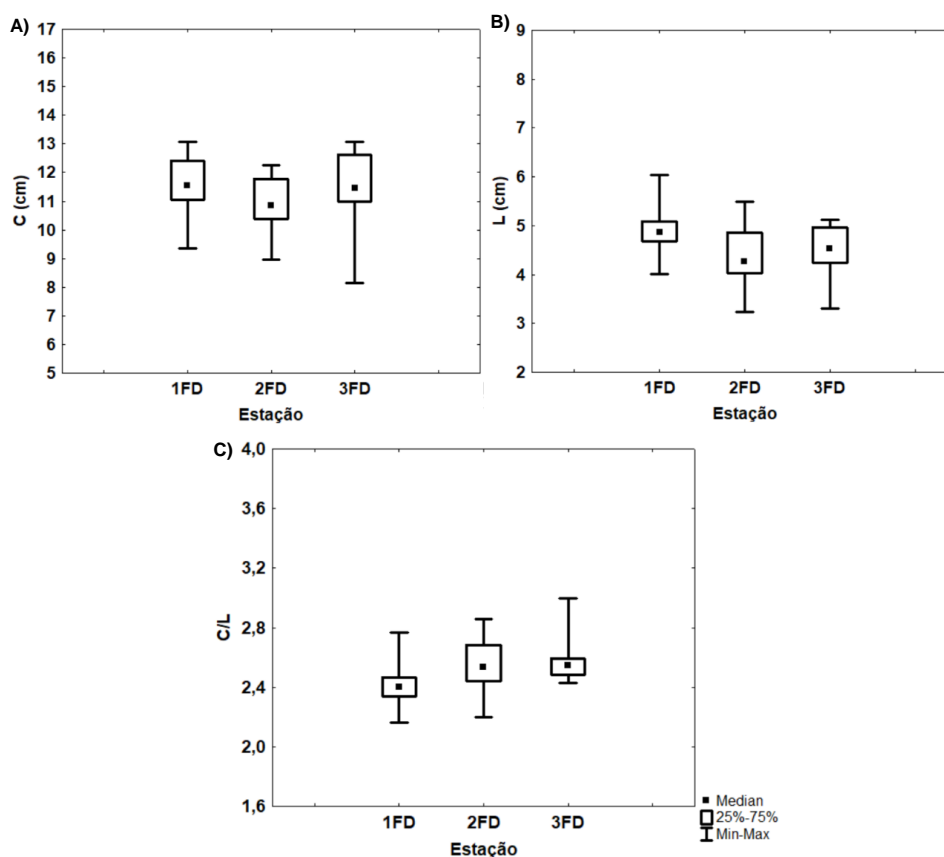


Tabela 46: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos e campos.

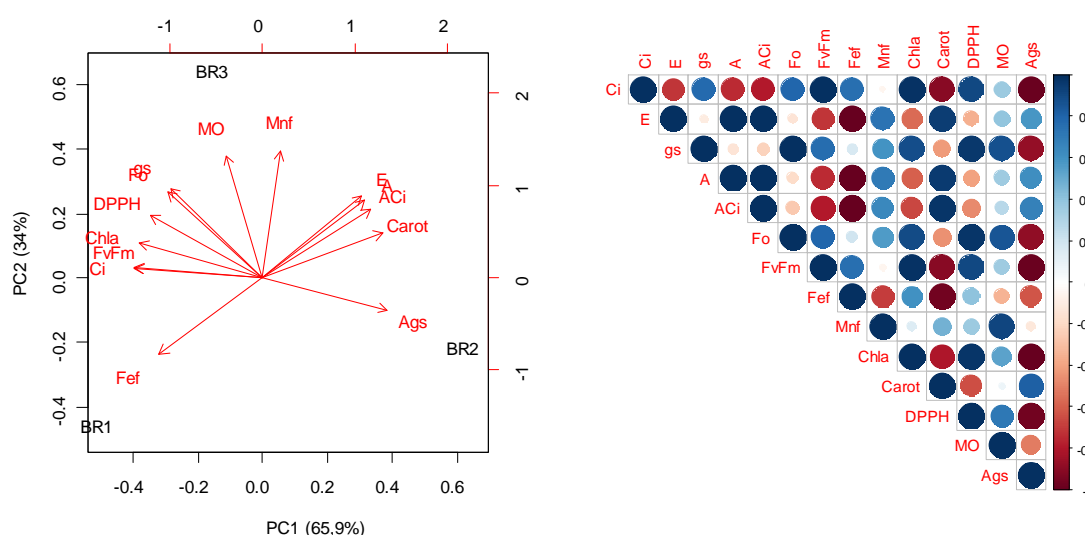
Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	5,56	0,0619	-
Comprimento (cm)	Campo	5,51	0,1376	-
Largura (cm)	Ponto	8,59	0,0136*	1 > 2
Largura (cm)	Campo	5,56	0,135	-
Relação Comprimento / Largura	Ponto	13,81	0,0010*	2 e 3 > 1

Relação Comprimento / Largura	Campo	1,71	0,6333	-
----------------------------------	-------	------	--------	---

BR1 apresentou níveis de Fe foliar muito acima dos valores encontrados na literatura para outros manguezais. A concentração de Mn foliar foi maior em BR3, mas encontram-se dentro da média descrita para a espécie (CUZZUOL e CAMPOS, 2001, MADI et al., 2015).

Para BR1, a análise da ACP evidenciou correlação positiva entre o teor de Fe foliar com a concentração de carbono interno, Ci ($r = 0,75$) e E ($r = 0,99$, $p < 0,05$) e correlação negativa com a assimilação de carbono, A ($r = -0,74$), A/Ci ($r = -0,99$) e pigmentos carotenóides ($r = -0,96$) (Figura 204). O decréscimo de A e o aumento de Ci foi associado a redução na eficiência de carboxilação da Ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase (Rubisco), isto é, a menores valores da relação A/Ci.

Figura 204: Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: BR1/ BR2/ BR3 - Pontos de coleta de dados localizados no manguezal de Barra do Riacho, Aracruz, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, Fv/Fm – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A – assimilação de CO_2 , gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fef – manganês e ferro foliar, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH – 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (atividade antirradicalar).



A ACP corrobora tendência já observada para os demais estuários monitorados neste estudo em relação à correlação negativa obtida entre os teores de pigmentos carotenóides e a deposição de contaminantes nos tecidos foliares (Figura 204). Os pigmentos carotenóides sequestram espécies reativas de oxigênio produzidas nas membranas tilacóides pelo FSII reduzindo, portanto, os danos celulares causados pela luz (BARBOSA et al., 2014). Estes resultados evidenciam a ocorrência de estresse oxidativo em BR1.

3.9.4.1 Evidencia de impactos – Barra do Riacho

- Maior teor de Fe foliar em BR1 (duas vezes acima dos valores de referência).

- b) Os teores de Mn nos tecidos foliares dentro dos níveis reportados na literatura.
- c) Efeito associado ao Fe foliar: decréscimo da assimilação de carbono com aumento de Ci associado a redução na eficiência de carboxilação da Ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase (Rubisco), isto é, a menores valores da relação A/Ci.
- d) Alto Fe foliar reduz a atividade do fotossistema II (dado o maior Fo).
- e) Ocorrência de estresse oxidativo em BR1, considerando o menor de pigmentos carotenoides.

3.9.5 Rio Doce

A Tabela 47 apresenta os dados de salinidade para a foz do Rio Doce, onde verifica-se a salinidade mínima no ponto 2 (0,02) e a salinidade máxima no ponto 1 (1,61). Houve variação na salinidade durante o monitoramento, com os Campos 2 e 6 tendo maior valor para a variável, observa-se que a margem esquerda apresentou maior salinidade do que a direita (Tabela 48).

Tabela 47: Salinidade na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
RD1E	1	—	—	3	0,46	0,74	5	—	—
RD2D	1	0,45	0,56	3	0,34	0,48	5	0,02	0,02
RD3E	1	—	—	3	0,18	0,23	5	0,03	0,05
RD1E	2	0,77	0,82	4	0,08	0,12	6	1,24	1,61
RD2D	2	0,32	0,33	4	0,03	0,03	6	0,13	0,16
RD3E	2	0,75	0,75	4	0,03	0,06	6	0,76	0,85

Tabela 48: Análise estatística da salinidade na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos e margens. D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Salinidade	Ponto	8,82	0,0121*	1 > 2
Salinidade	Campo	32,05	0,0000*	6 e 2 > 4 e 5; 3 > 5
Salinidade	Margem	144,00	0,0217*	E > D

T. exibiu variação quanto às variáveis da fluorescência da clorofila *a* na foz do Rio Doce em Regência (Figura 205 e Tabela 49). Observou-se que tanto Fo quanto ABS/RC foram maiores no RD3. O ponto 2 (RD2) exibiu maior valor da mediana para os parâmetros Fm e Fv/Fm (Figura 205 e Tabela 49).

À medida que o monitoramento avançou, Fo foi declinando, mas com recuperação no Campo 6. Fm e $P_{i\text{total}}$ seguiram o mesmo padrão, mas sem recuperação. Fv/Fm foi mais elevado no início do monitoramento. Registrou-se maior eficiência fotoquímica para a margem direita (Fv/Fm e $P_{i\text{total}}$) (Figura 205 e Tabela 49).

Em relação aos parâmetros de trocas gasosas, RD2 destacou-se por apresentar maior valor da mediana para a assimilação líquida de carbono e transpiração. RD1 mostrou maior mediana para C_i , g_s e A/E . A assimilação de carbono e a perda de água (E e g_s) foram menores no campo 6 e o uso da água apresentou padrão inverso (A/g_s). A assimilação de carbono e uso da água (A/E) foram mais elevados na margem direita e na margem esquerda houve aumento no valor de C_i , g_s e A/g_s (Figura 206 e Tabela 50).

Em relação ao tamanho da folha, a largura foi maior em RD2 e a relação entre o comprimento e a largura foliar foi maior em RD3. Esta relação foi menor no Campo 6, juntamente com o comprimento foliar. A margem direita exibe folhas mais largas do que a margem esquerda (Figura 207 e Tabela 51).

Figura 205: Dados estatísticos básicos de A) fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), eficiência quântica máxima da fotoquímica primária do FSII (F_v/F_m), fluxo específico de absorção por centro de reação (ABS/RC) e Índice de desempenho total (PI_{total}) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em Talipariti pernambusense no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3) e margem (D: direita, E: esquerda) na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares.

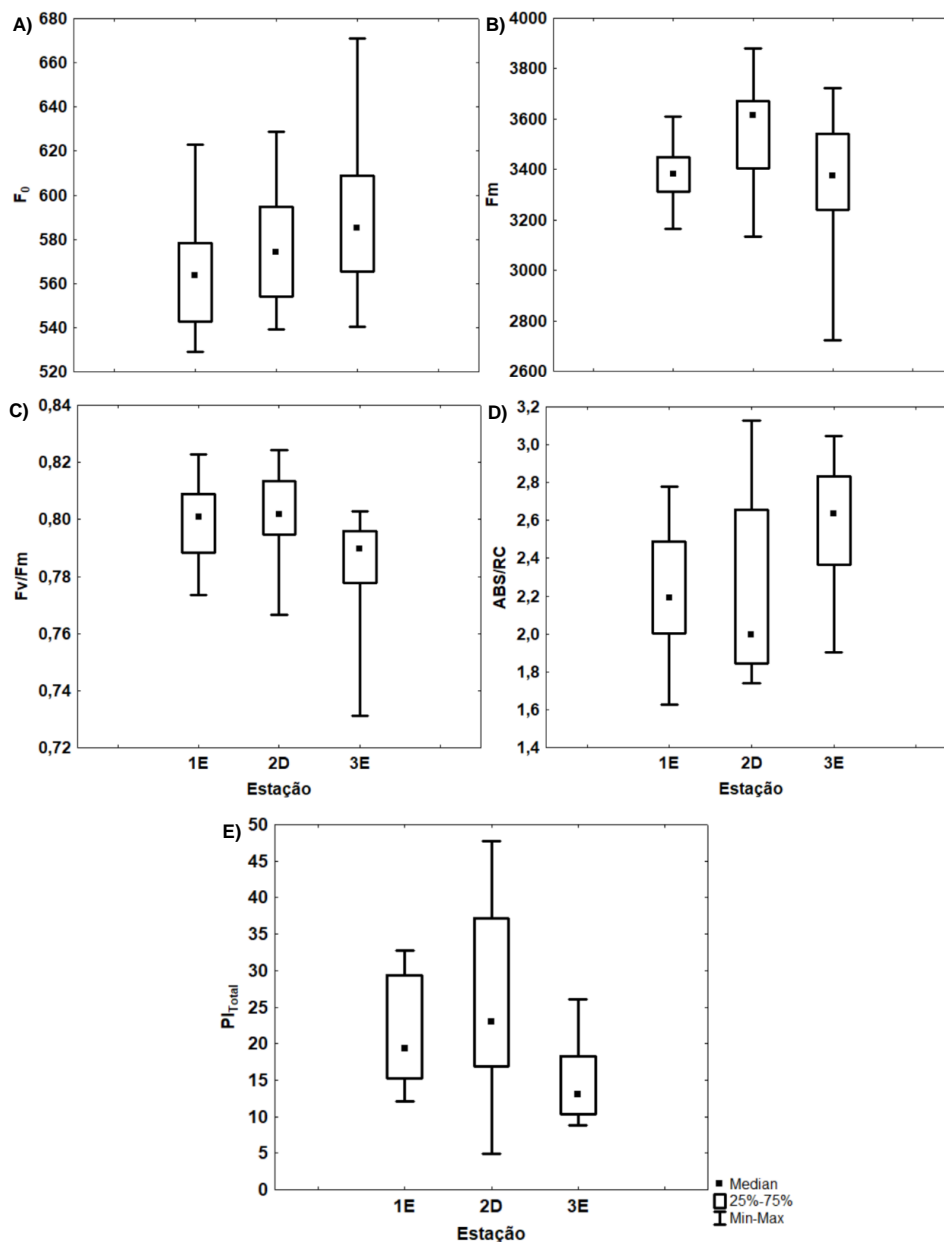


Tabela 49: Resultado estatístico da comparação entre os pontos, campos, tipos e margens para as variáveis de fluorescência na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados em *Talipariti pernambucense* no período de outubro/2018 a setembro/2019. D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Fo	Ponto	6,64	0,0360*	3 > 1
Fo	Campo	22,84	0,0001*	1 e 3 > 5
Fo	Margem	492,00	0,9141	-
Fm	Ponto	7,55	0,0229*	2 > 1
Fm	Campo	18,53	0,0010*	1 e 4 > 6
Fm	Margem	298,00	0,0064*	D > E
Fv/Fm	Ponto	14,19	0,0008*	1e 2 > 3
Fv/Fm	Campo	7,42	0,1150	-
Fv/Fm	Margem	302,00	0,0075*	D > E
ABS/RC	Ponto	10,11	0,0064*	3 > 1 e 2
ABS/RC	Campo	29,51	0,0000*	4 > 1, 3 e 6
ABS/RC	Margem	401,50	0,1841	-
Pltotal	Ponto	15,76	0,0004*	1 e 2 > 3
Pltotal	Campo	26,68	0,0000*	1 > 4, 5 e 6; 3 > 4
Pltotal	Margem	308,00	0,0096*	D > E

Figura 206: Dados estatísticos básicos de A) assimilação líquida de carbono (A), B) concentração de carbono interno (Ci), C) transpiração (E), D) condutância estomática (gs), E) eficiência intrínseca do uso da água (A/gs), F) eficiência instantânea do uso da água (A/E) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Talipariti pernambucense* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), e margem (D: direita, E: esquerda) na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares.

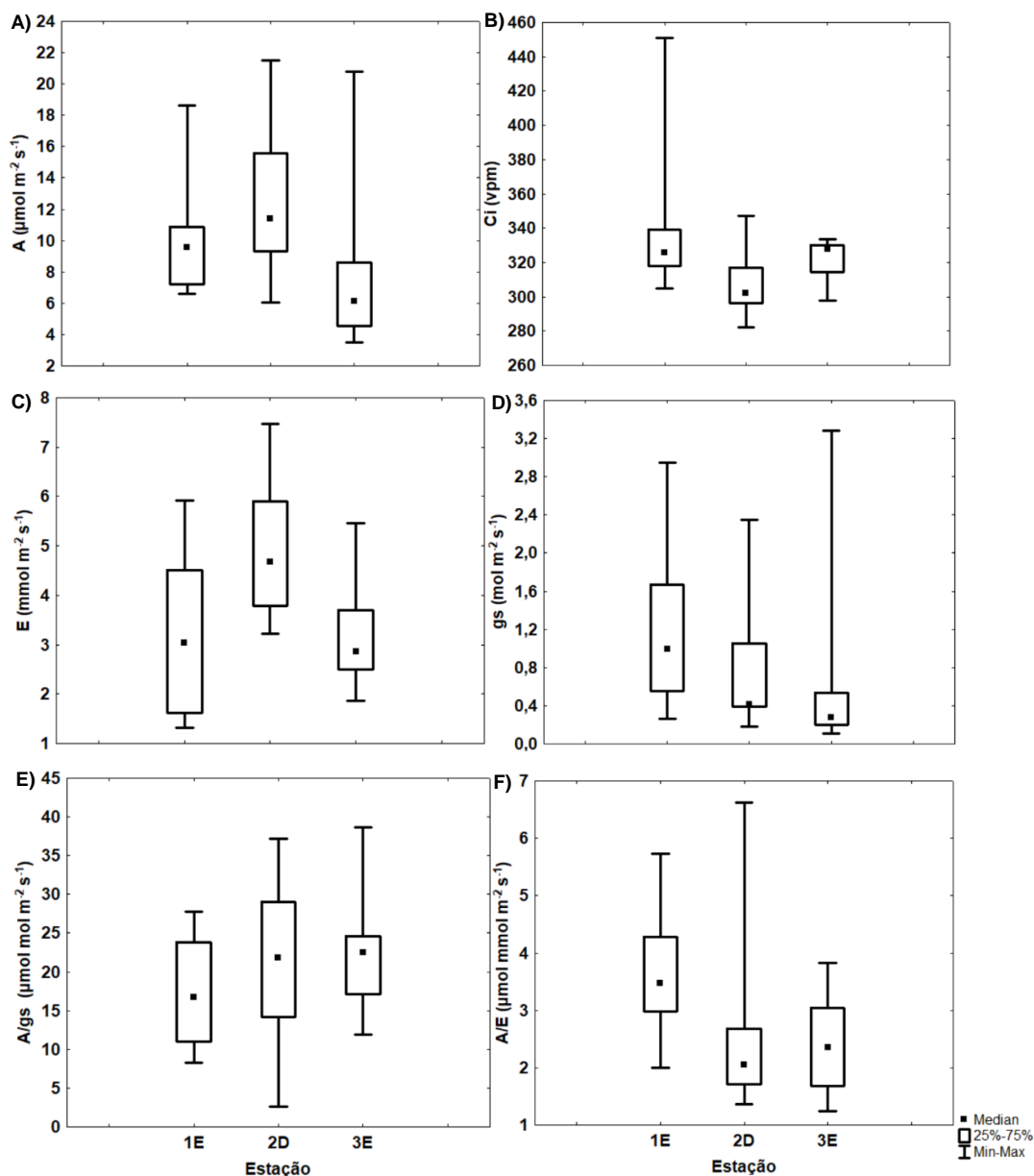


Tabela 50: Resultado estatístico da comparação entre os pontos, campos, tipos e margens para as variáveis de trocas gasosas na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados em *Talipariti pernambucense* no período de outubro/2018 a setembro/2019. D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	7,46	0,0239*	2 > 3
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	8,66	0,0131*	4 > 6
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	103,00	0,0243*	D > E
Ci (vpm)	Ponto	8,78	0,0124*	1 > 2
Ci (vpm)	Campo	5,67	0,0587	-
Ci (vpm)	Margem	80,00	0,0034*	E > D
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	11,33	0,0035*	2 > 1 e 3
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	10,89	0,0043*	5 > 6
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	65,00	0,0007*	D > E
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	7,19	0,0273*	1 > 3
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	12,01	0,0025*	4 > 6
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	150,00	0,7155	E > D
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	1,80	0,4046	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	22,81	0,0000*	5 e 6 > 4
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	150,00	0,7041	D > E
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	7,57	0,0227*	1 > 2
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	2,83	0,2423	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	126,00	0,1144	E > D

Figura 207: Dados estatísticos básicos de A) comprimento (C), B) largura (L), C) relação comprimento e largura (C/L) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Talipariti pernambucense* em 2018 e 2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares.

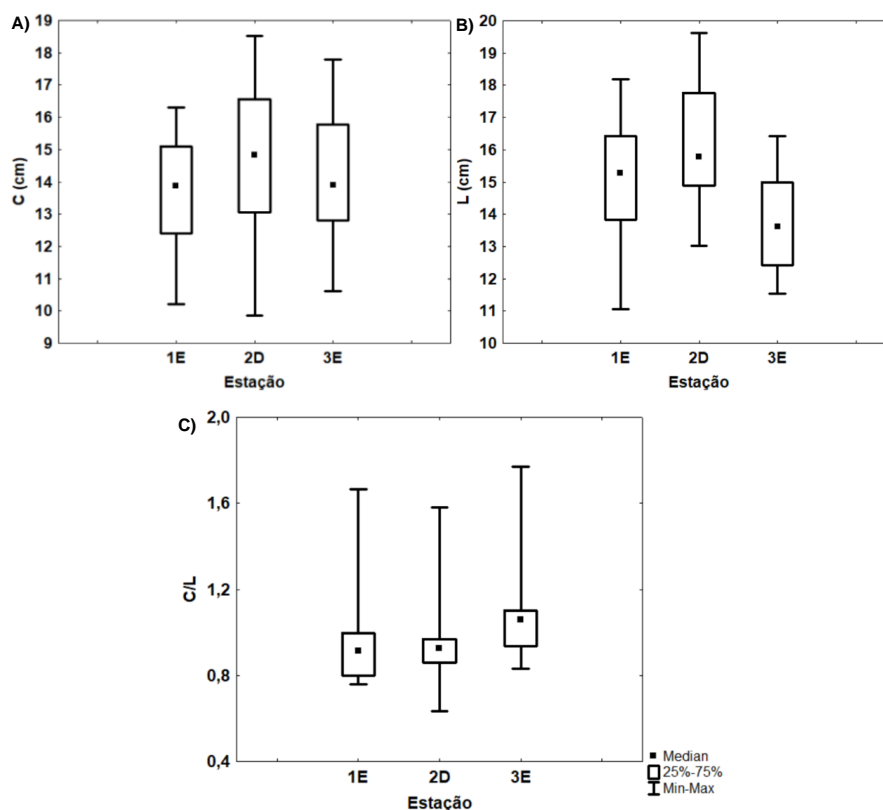


Tabela 51: Resultado estatístico da comparação entre os pontos, campos, tipos e margens para biometria foliar na vegetação na foz do Rio Doce, Regência, Linhares, coletados em *Talipariti pernambucense* no período de outubro/2018 a setembro/2019.
D: direita, E: esquerda.

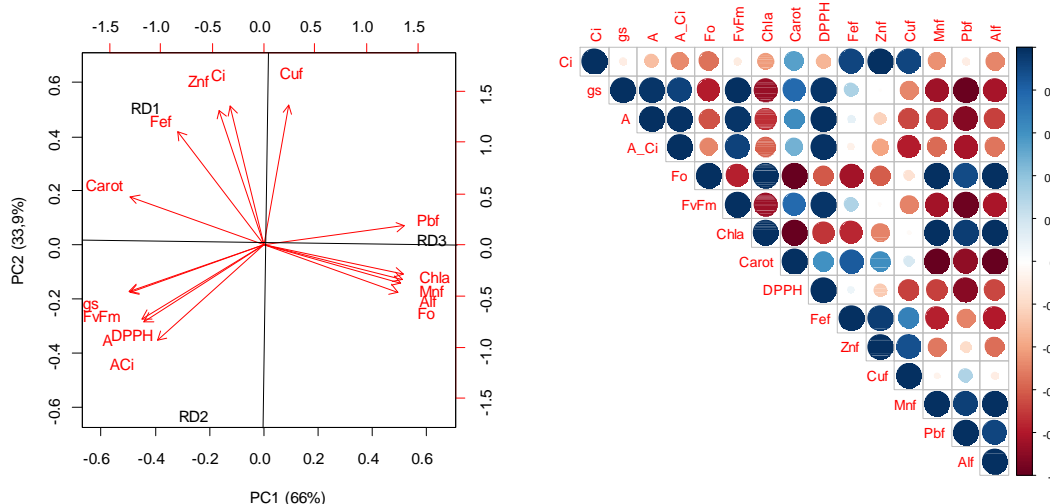
Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	2,06	0,3566	-
Comprimento (cm)	Campo	27,14	0,0000*	3, 4 e 5 > 6
Comprimento (cm)	Margem	319,00	0,2040	-
Largura (cm)	Ponto	13,88	0,0010	2 > 3
Largura (cm)	Campo	1,21	0,7495	-
Largura (cm)	Margem	203,00	0,0020*	D > E
Relação Comprimento / Largura	Ponto	9,85	0,0073*	3 > 1 e 2
Relação Comprimento / Largura	Campo	30,57	0,0000*	3, 4 e 5 > 6
Relação Comprimento / Largura	Margem	293,00	0,0933	-

A análise integrada dos dados permitiu identificar padrões espaciais de distribuição dos metais nos tecidos foliares. Maiores concentrações de Fe, Zn e Cu foliar foram obtidas em RD1, as quais foram

correlacionadas aos maiores valores de Ci ($R = 0,91$, $r = 0,99$, $p < 0,05$ e $r = 0,91$). Maior produção da fluorescência inicial (Fo) ocorreu em RD3, correlacionando-se significativamente com os Mn, Al e Pb ($r = 0,99$, $p < 0,05$, $r = 0,99$, $p < 0,05$ e $r = 0,89$, $p > 0,05$). Por outro lado, maior atividade fotossintética bem como a atividade antirradicalar foi maior em RD2, com maiores valores de Fv/Fm, A, A/Ci. Este resultado indica a ocorrência de estresse oxidativos em RD1 e RD3 (Figura 208).

Figura 208. Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: RD1/RD/RD3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do rio Doce, Regência, Linhares, coletados em *Talipariti pernambucense* no período de outubro/2018 a setembro/2019.

F₀ – fluorescência inicial, Fv/Fm – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, Mn/Fef/Alf/Cuf – manganês, ferro, alumínio e cobre foliar, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH – 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (atividade antirradicalar).



3.9.5.1 Evidencia de impactos – Rio Doce

- Maior teor de Fe, Cu e Zn foliar em RD1;
- Aumento de Fo e Ci em pontos com maior teor de metais nos tecidos foliares de *T.* ;
- Maior atividade fotossintética (Fv/Fm, A, A/Ci) no ponto de menor concentração de metais nos tecidos foliares (RD2);
- Ocorrência de estresse oxidativo (menor DPPH e pigmentos carotenóides) foi associada aos pontos de ocorrência de maiores teores de metais nos tecidos foliares (RD1 e RD3).

3.9.6 Urussuquara

A Tabela 52 exibe os dados de salinidade para o estuário em Urussuquara (UR) onde pode-se observar que a salinidade mínima foi registrada no ponto 2 (0,36) e a salinidade máxima no ponto 1 (29,87), esse padrão refletiu na análise estatística com o ponto 1 (UR1) tendo maior salinidade do que os pontos 2 (UR2) e 3 (UR3), com a franja exibindo o maior valor (

Tabela 53). Registrou-se maior salinidade no Campo 1 em relação aos Campos 2 e 3.

Tabela 52: Salinidade intersticial no manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
UR1FE	1	26,31	29,87	3	0,51	0,56	5	8,16	11,31
UR2FD	1	8,79	13,72	3	0,36	3,35	5	3,65	5,35
UR3BE	1	7,61	7,88	3	6,9	9,34	5	1,07	2,08
UR3FE	1	6,14	6,35	3	0,60	0,80	5	1,96	2,07
UR1FE	2	7,53	11,64	4	15,55	16,81	6	11,24	16,24
UR2FD	2	0,98	2,41	4	2,58	3,26	6	0,76	3,46
UR3BE	2	0,49	4,02	4	1,24	2,69	6	0,85	2,72
UR3FE	2	0,73	2,77	4	2,00	2,59	6	0,81	2,47

Tabela 53: Análise estatística da salinidade intersticial para o manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Salinidade	Ponto	14,40	0,0007*	1 > 2 e 3
Salinidade	Campo	20,28	0,0011*	1 > 2 e 3
Salinidade	Tipo	303,50	0,0270*	F > B
Salinidade	Margem	405,00	0,5330	-

Para Urussuquara, da mesma forma que para Costa das Algas, apenas uma das estações havia *R. mangle* (UR1). Assim, optou-se por apresentar a variação dos dados entre os campos. A Figura 209 apresenta o resultado obtido para a fluorescência da clorofila *a*. Houve redução em F_0 com o avanço do monitoramento. F_v/F_m variou durante os campos, com maior valor no campo 5, assim como PI_{total} . ABS/RC foi menor no Campo 6.

Ao longo do monitoramento, a assimilação líquida de carbono diminuiu, acompanhada de A/g_s e padrão inverso foi observado para C_i . A transpiração foi mais elevada no Campo 4 e, como consequência, A/E reduziu (Figura 210).

Em relação aos dados biométricos foliares, não se constatou variação durante o monitoramento. Nota-se ajuste dos dados, com exceção no comprimento para os Campos 3 e 5, tendo valor mínimo afastado do primeiro quartil e o primeiro quartil afastado da mediana, respectivamente (Figura 211).

Figura 209: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos campos (1, 3, 4, 5 e 6) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

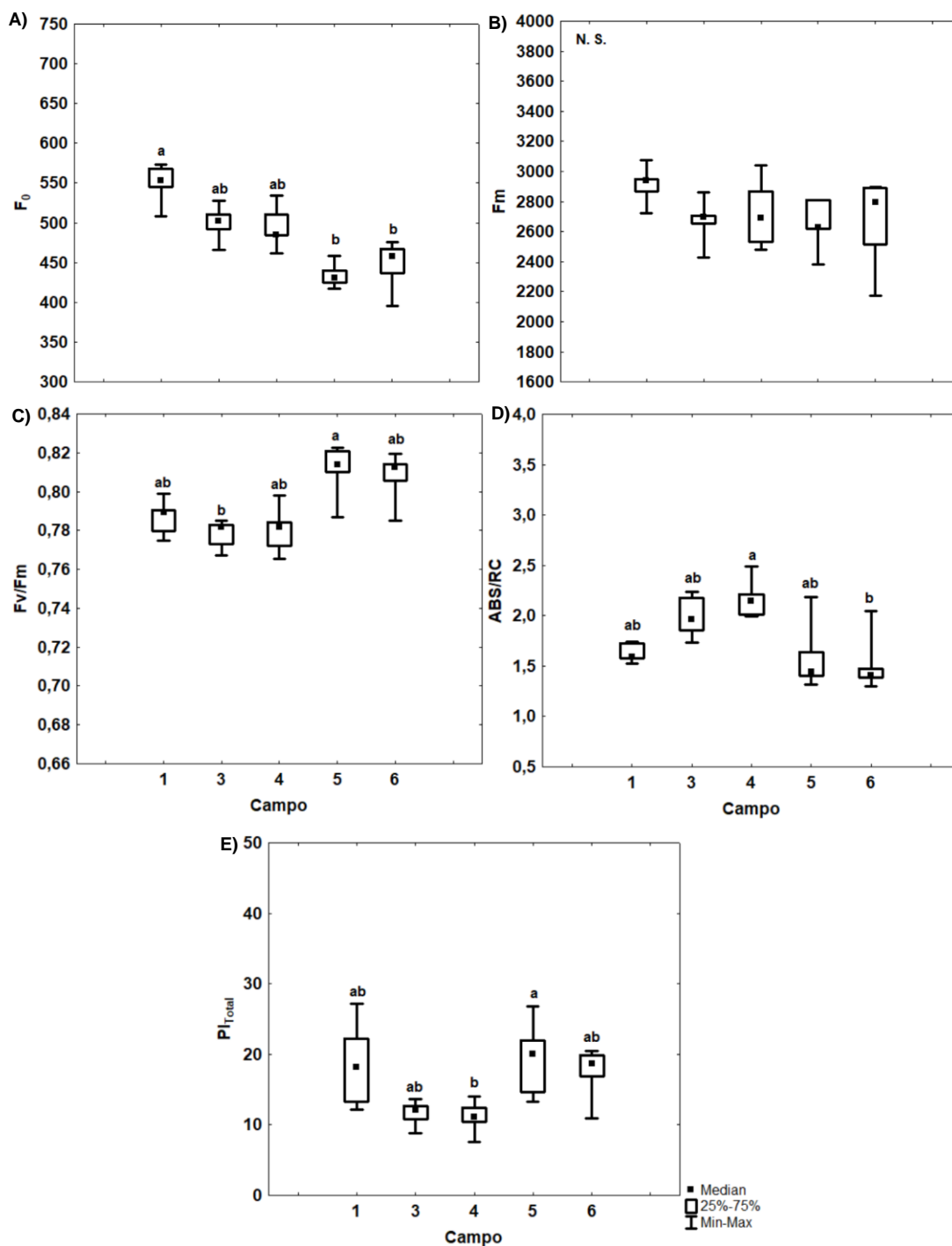


Figura 210: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes referentes aos campos (1, 4 e 6) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

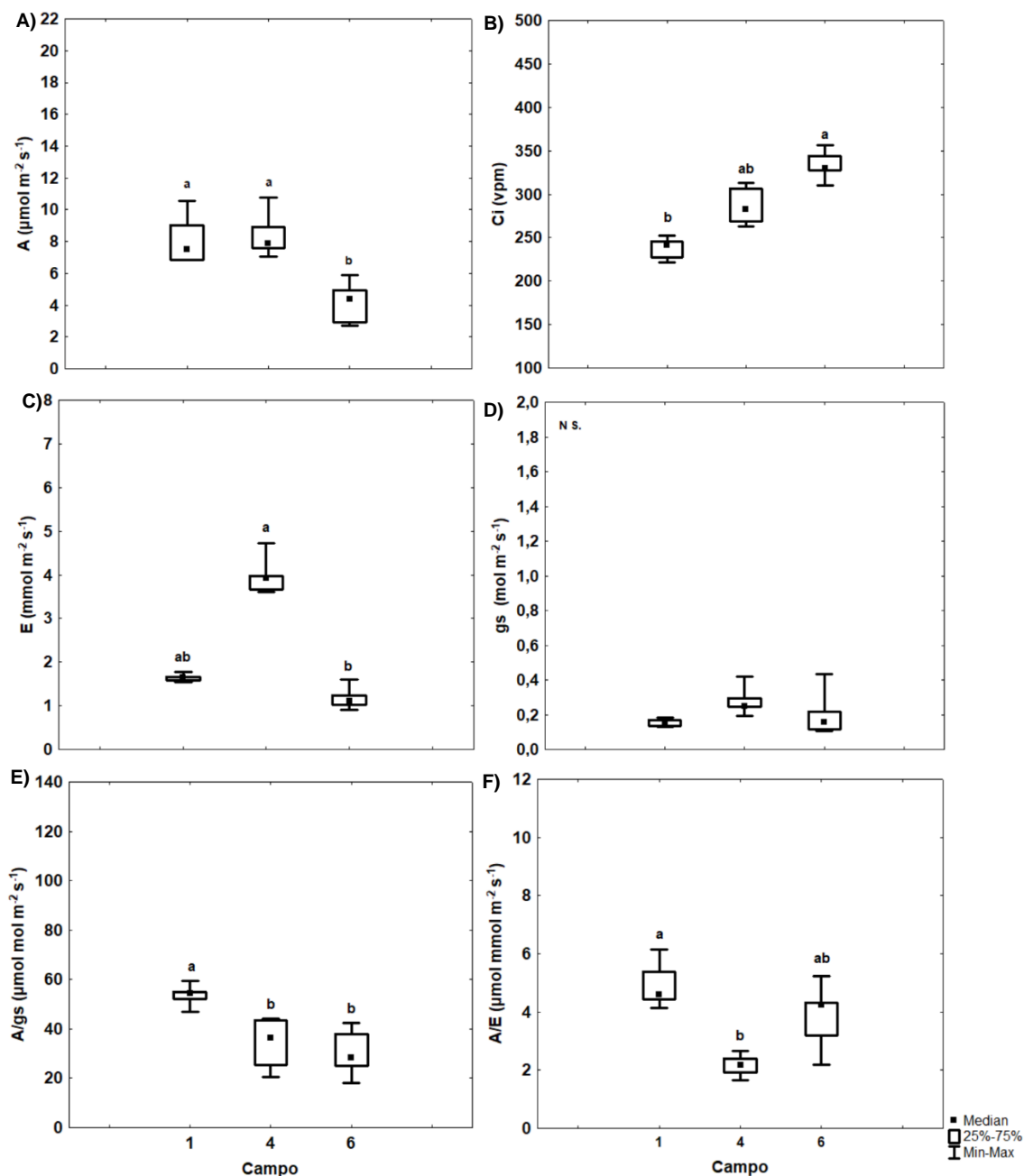
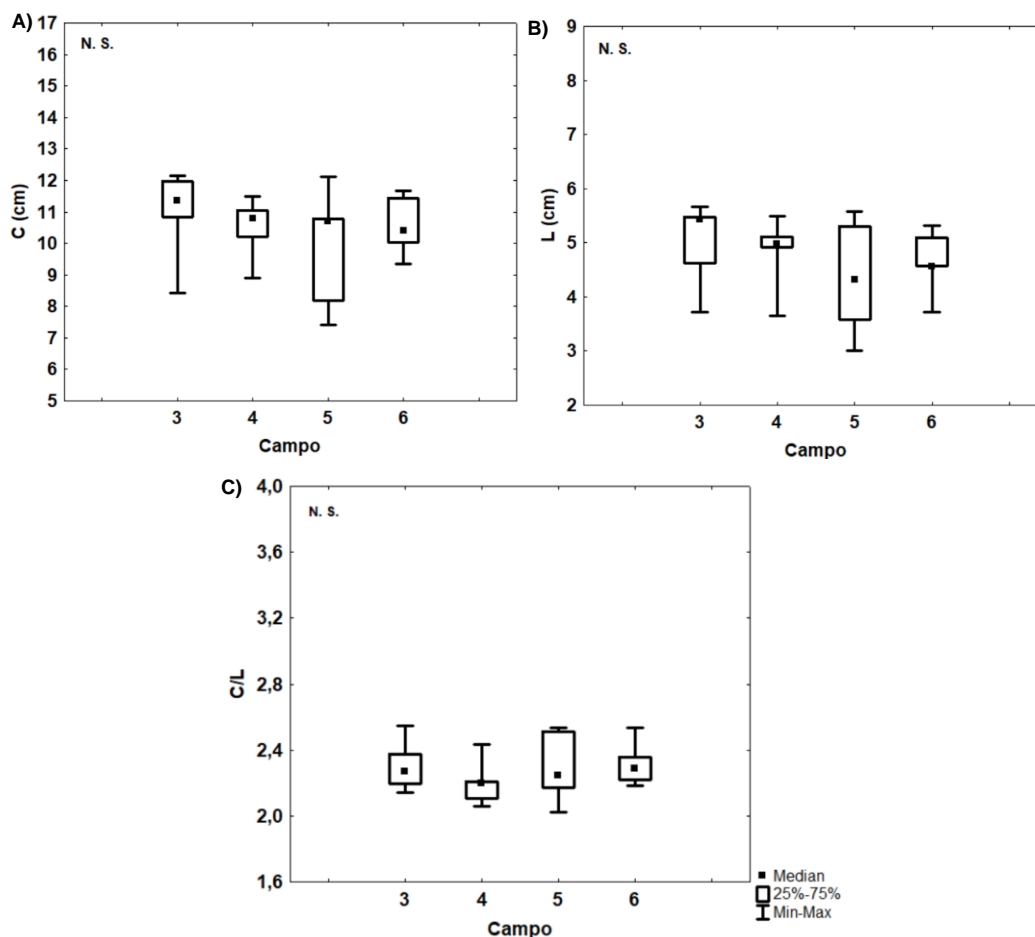


Figura 211: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos campos (1, 3, 4, 5 e 6) no manguezal do Urussuquara, São Mateus. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.



L. racemosa foi amostrada nos pontos 2 e 3 (UR2 e UR3) em Urussuquara, a espécie não exibiu variação estatística para os parâmetros de fluorescência da clorofila a quando comparados em nível de ponto e margem. Na comparação entre campos, foi registrada redução em F_o com o avanço do monitoramento. F_v/F_m teve menor valor no início do monitoramento (Campo 1), com redução nos campos seguintes. Tanto F_m , quanto F_v/F_m e ABS/RC foram mais elevados na franja (Figura 212 e Tabela 54).

Em relação às trocas gasosas, *L. racemosa* respondeu com maior variabilidade na comparação entre os pontos, tendo maior eficiência fotossintética em UR2 do que em UR3 (A , A/gs e A/E), com padrão inverso para o C_i . Na análise entre os campos, o padrão oposto observado não ocorreu (menor C_i e maior assimilação e uso da água). Houve maior C_i , assimilação de carbono e perda de água (E e gs) no Campo 4, refletindo em menor valor para o uso da água neste campo (A/gs). Não houve diferença

estatística entre os tipos fisiográficos e, para as margens, tem-se a direita exibindo maior A e A/E e a esquerda maior Ci (Figura 213 e Tabela 55).

A biometria foliar de *L. racemosa* teve maior valor da mediana para o comprimento e largura foliar em UR2 na franja e na margem direita. Logo, percebe-se maior tamanho foliar para a estação 2FD (Figura 214 e Tabela 56).

Figura 212: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

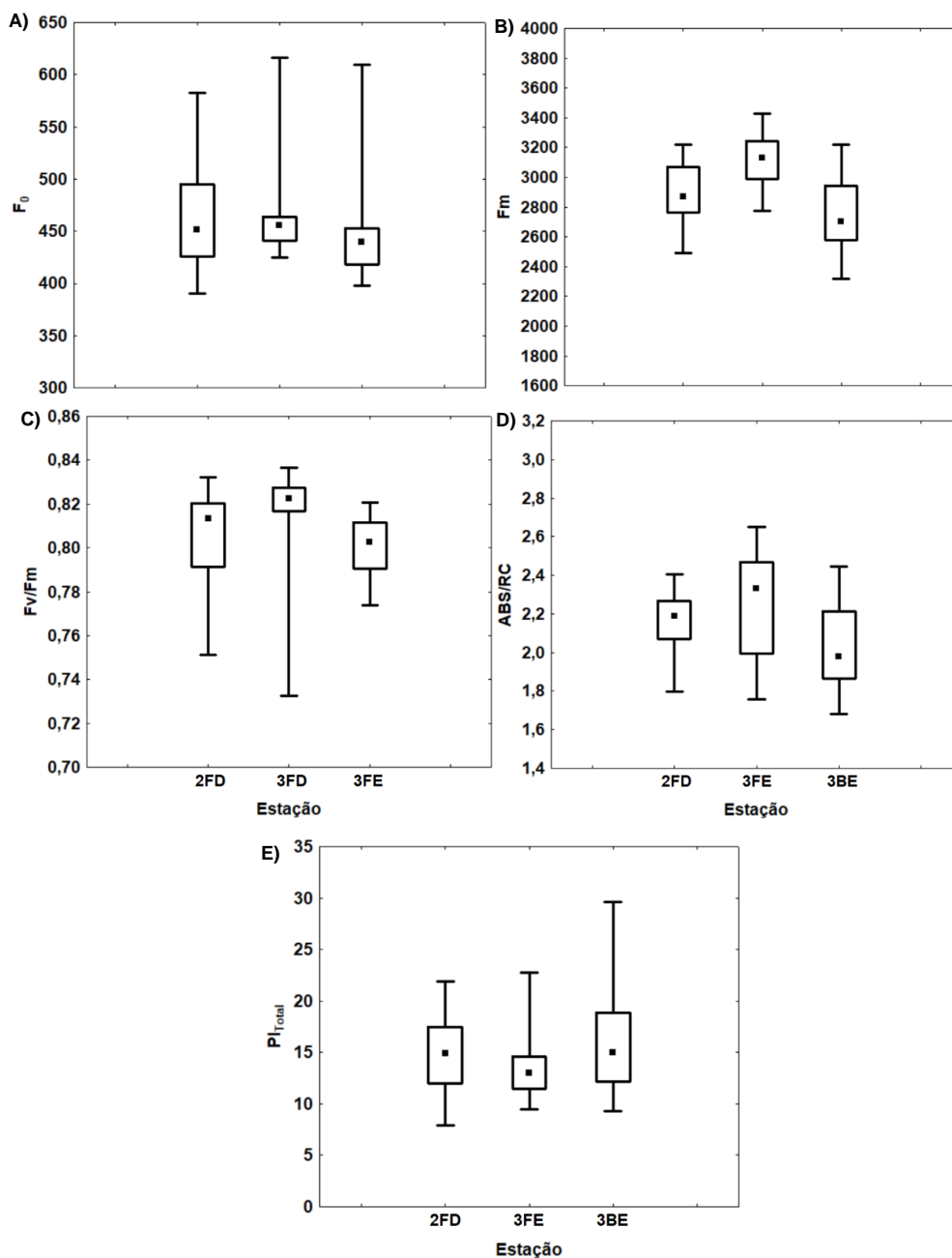


Tabela 54: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para o manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
F_0	Ponto	598,50	0,7658	-
F_0	Campo	45,47	0,0000*	1 > 3, 4, 5 e 6; 3 > 5
F_0	Tipo	477,00	0,0962	-
F_0	Margem	598,50	0,7658	-
F_m	Ponto	528,00	0,2756	-
F_m	Campo	4,09	0,3932	-
F_m	Tipo	282,00	0,0001*	F > B
F_m	Margem	528,00	0,2756	-
F_v/F_m	Ponto	598,00	0,7615	-
F_v/F_m	Campo	28,29	0,0000*	3, 4, 5 e 6 > 1
F_v/F_m	Tipo	364,00	0,0033*	F > B
F_v/F_m	Margem	598,00	0,7615	-
ABS/RC	Ponto	599,00	0,7701	-
ABS/RC	Campo	2,47	0,6489	-
ABS/RC	Tipo	390,00	0,0082*	F > B
ABS/RC	Margem	599,00	0,7701	-
PI_{total}	Ponto	585,00	0,6530	-
PI_{total}	Campo	7,08	0,1313	-
PI_{total}	Tipo	508,00	0,1885	-
PI_{total}	Margem	585,00	0,6530	-

Figura 213: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

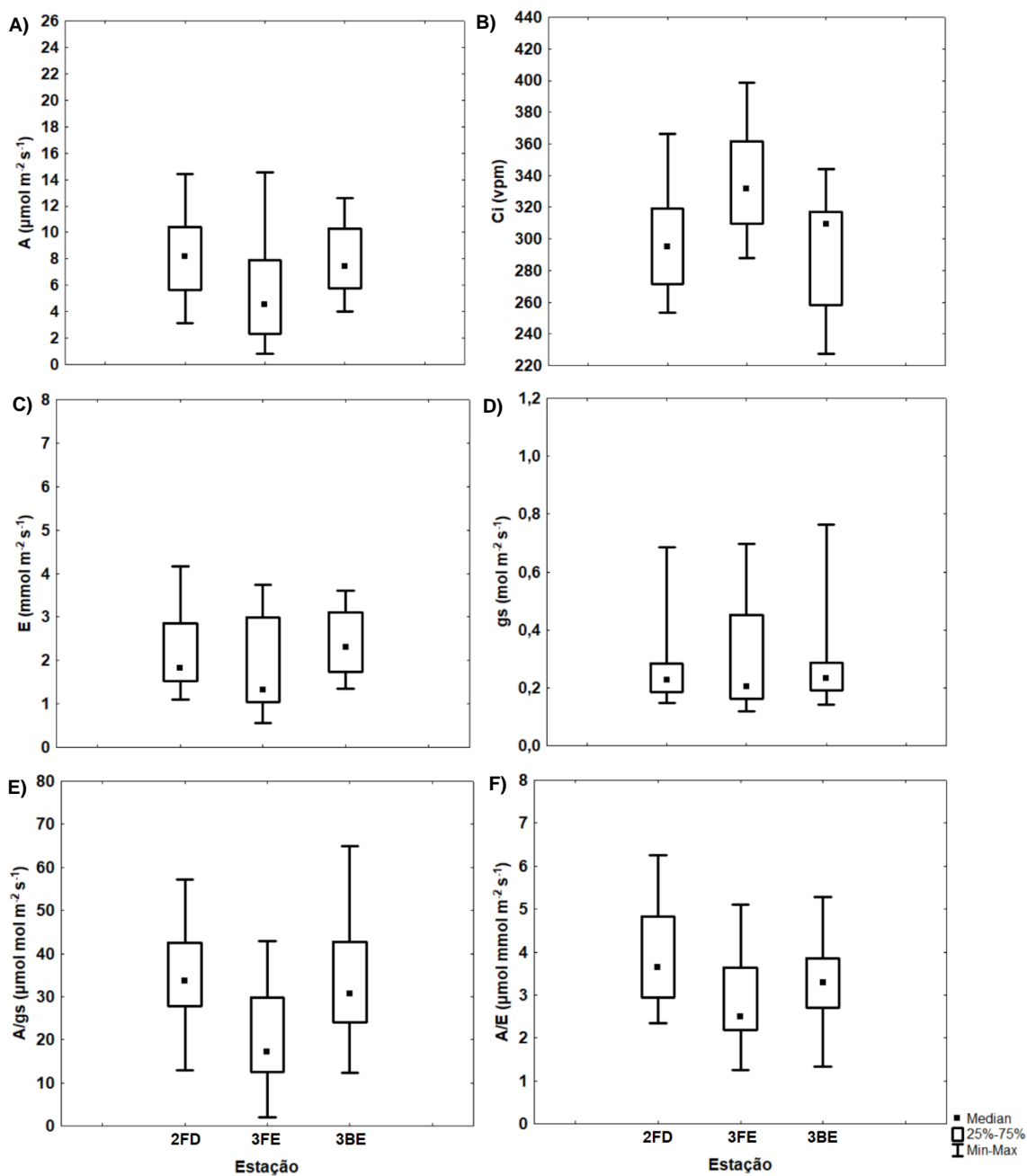


Tabela 55: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	231,00	0,0373*	2 > 3
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	14,60	0,0022*	4 > 5 e 6
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	227,00	0,1677	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	231,00	0,0373*	D > E
Ci (vpm)	Ponto	235,00	0,0442*	3 > 2
Ci (vpm)	Campo	20,02	0,0002*	4, 5 e 6 > 1
Ci (vpm)	Tipo	212,00	0,0963	-
Ci (vpm)	Margem	235,00	0,0442*	E > D
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	319,50	0,5935	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	37,13	0,0000*	4 > 1, 5 e 6
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	204,50	0,0711	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	319,50	0,5936	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	347,00	0,9581	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	38,46	0,0000*	4 > 1 e 6 > 5
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	282,50	0,7409	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	347,00	0,9581	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	221,00	0,0240*	2 > 3
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	9,57	0,0225*	1 > 4
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	227,00	0,1677	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	221,00	0,0240*	D > E
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	211,00	0,0150*	2 > 3
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	5,71	0,1261	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	300,00	1,0000	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	211,00	0,0150*	D > E

Figura 214: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Urussuquara, São Mateus. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

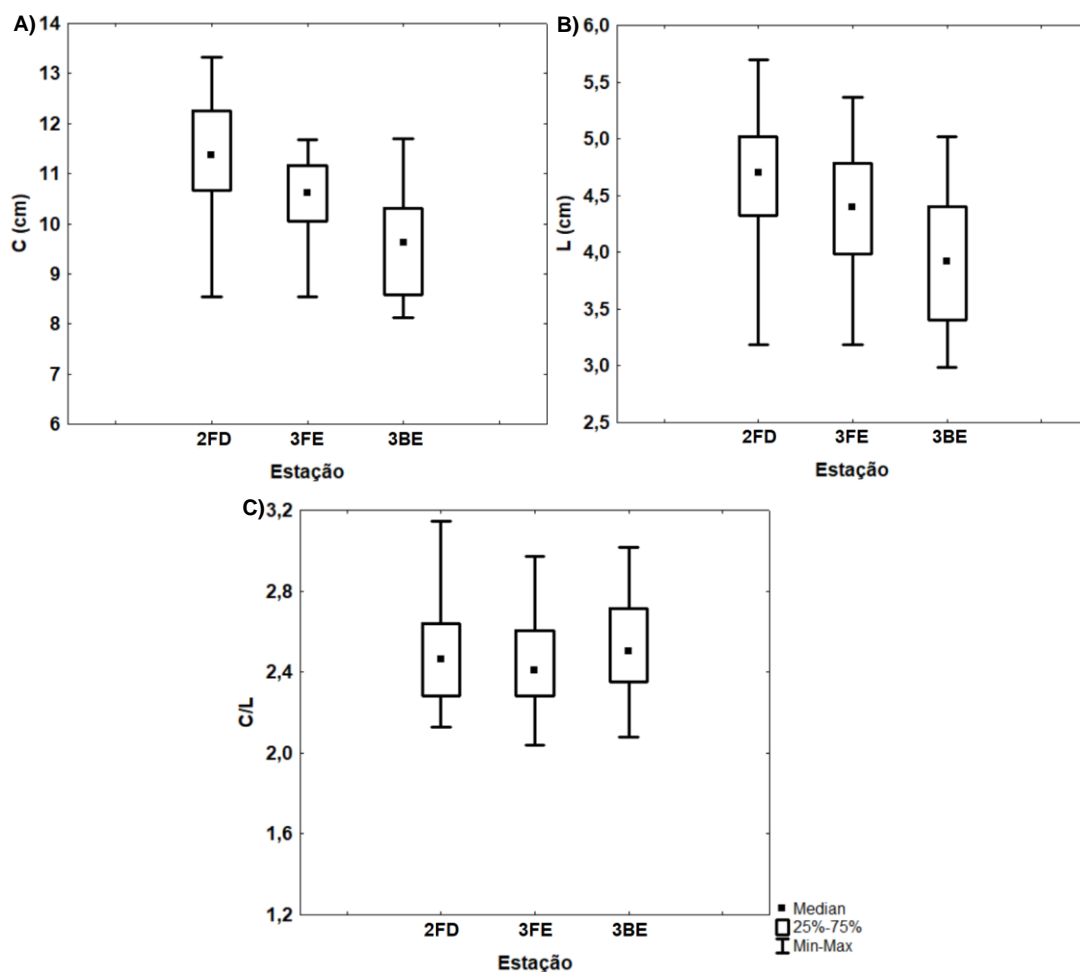


Tabela 56: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o manguezal de Urussuquara, São Mateus, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	144,00	0,0000*	2 > 3
Comprimento (cm)	Campo	0,62	0,8900	-
Comprimento (cm)	Tipo	151,50	0,0000*	F > B
Comprimento (cm)	Margem	144,00	0,0000*	D > E
Largura (cm)	Ponto	196,50	0,0014*	2 > 3
Largura (cm)	Campo	1,88	0,5971	-
Largura (cm)	Tipo	172,50	0,0003*	F > B
Largura (cm)	Margem	196,50	0,0014*	D > E
Relação Comprimento / Largura	Ponto	374,00	0,6834	-
Relação Comprimento / Largura	Campo	2,46	0,4813	-
Relação Comprimento / Largura	Tipo	334,00	0,3007	-
Relação Comprimento / Largura	Margem	374,00	0,6835	-

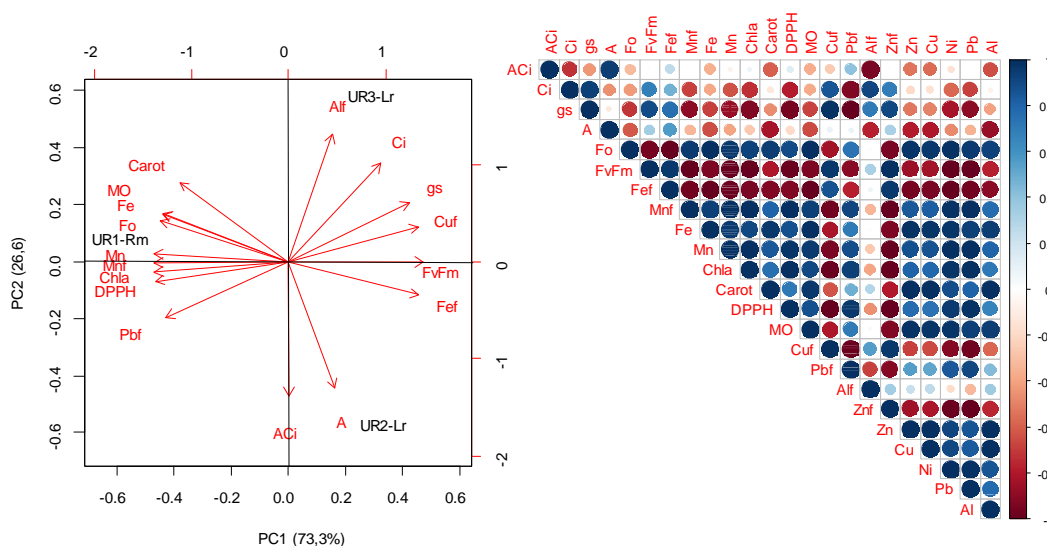
UR1 apresentou níveis de Fe no sedimento muito acima dos valores encontrados na literatura para outros manguezais. A concentração de Mn foliar e do sedimento foi maior em UR1, mas encontram-se dentro da média descrita para a espécie. Maior teor de Fe foliar foi observado em UR2, dominado por *L. racemosa*, conforme valores de referência para a espécie (CUZZUOL e CAMPOS, 2001, MADI et al., 2015).

Maior teor de Fe nos tecidos foliares de *L. racemosa* resultou em maior Ci e menor atividade antioxidante (menor DPPH e pigmentos carotenoides).

A análise da ACP evidenciou também correlação significativa entre a produção da fluorescência inicial (Fo) e o teor de Fe no sedimento ($r = 0,99$, $p < 0,05$) e Fe foliar ($r = -0,99$, $p < 0,05$), entre Fv/Fm e Mn no sedimento e foliar ($r = 0,99$, $p < 0,05$) e entre DPPH e Mn foliar ($r = -0,99$, $p = 0,05$). Também foram estabelecidas correlações significativas Fv/Fm e DPPH ($r = -0,99$, $p < 0,05$), Mn foliar e Clorofila a ($r = -0,99$, $p < 0,05$) e Mn foliar e DPPH ($r = -0,99$, $p < 0,05$). As correlações obtidas entre Ci e as variáveis de A e A/Ci foram negativas e não significativas. A concentração de carbono interno (Ci) foi positivamente correlacionada com os teores de Cu e Al foliar ($r = 0,85$ e $r = 0,91$, $p > 0,05$ respectivamente) e tenderam a maiores valores para UR3, dominado por *L. racemosa*, para o qual menores valores de DPPH foram observados (Figura 215).

Em UR1, dominado por *R. mangle*, observou-se maiores teores de pigmentos carotenóides e DPPH. Esta tendência de maior capacidade antioxidante foi observada também para os demais estuários dominados por *R. mangle*. Estes resultados evidenciam a ocorrência de estresse oxidativo em *L. racemosa* (Figura 215).

Figura 215: Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: UR1/UR2/UR3 - Pontos de coleta de dados localizados em Urussuquara coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , gs - condutância estomática, Ci - concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fef/Alf/Cuf/Pbf – manganês, ferro, alumínio, cobre e chumbo foliar, Mn/Fe – manganês e ferro do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH - 2,2-difenil-1- picrilhidrazila (atividade antirradicalar).



3.9.6.1 Evidencia de impactos – Urussuquara

- Maior teor de Fe no sedimento em UR1 e Fe foliar em UR2;
- Os teores de Mn nos tecidos foliares e sedimento dentro dos níveis reportados na literatura.
- Efeito associado ao maior teor de Fe no sedimento em UR1: aumento da produção de fluorescência inicial (F_0) e redução da atividade do fotossistema II (dado o menor F_v/F_m);
- Efeito associado ao maior teor de Fe foliar em UR2: ocorrência de estresse oxidativo considerando o menor teor de pigmentos carotenoides e DPPH;
- A PCA ressalta o agrupamento formado pelas estações compostas por *L. racemosa* e a distância de *R. mangle*, em UR1, delas.

3.9.7 Barra Nova

A Tabela 57 exhibe os dados de salinidade para Barra Nova onde verifica-se a salinidade mínima no ponto 3 (0,87) e a salinidade máxima no ponto 2 (32,15). Na análise estatística os pontos 1 e 2 (BN1 e BN 2) são diferentes do ponto 3 (BN3), com a margem esquerda exibindo os maiores valores para a salinidade. Ao longo do monitoramento a salinidade foi mais elevada nos Campos 3 e 4 em relação ao Campo 6 (Tabela 58).

Tabela 57: Salinidade intersticial no manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
BN1FD	1	19,44	25,84	3	20,12	26,32	5	15,26	16,89
BN1BD	1	23,75	31,57	3	19,63	25,94	5	18,11	18,82
BN2FE	1	—	—	3	20,53	23,97	5	16,14	17,91
BN2BE	1	—	—	3	26,85	28,18	5	17,22	18,48
BN3FE	1	0,87	1,14	3	4,92	9,05	5	1,58	2,23
BN3BE	1	4,35	9,42	3	4,54	9,54	5	2,48	7,36
BN1FD	2	21,29	23,18	4	24,93	27,36	6	6,62	14,32
BN1BD	2	21,69	23,15	4	5,62	5,63	6	6,75	14,51
BN2FE	2	—	—	4	31,36	32,15	6	10,29	13,04
BN2BE	2	—	—	4	26,45	30,18	6	7,27	17,22
BN3FE	2	1,28	5,36	4	8,00	9,02	6	2,51	4,99
BN3BE	2	1,99	3,92	4	1,59	16,80	6	2,05	4,71

Tabela 58: Análise estatística da salinidade intersticial no manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Salinidade	Ponto	56,06	0,0000*	1 e 2 > 3
Salinidade	Campo	15,08	0,0100*	3 e 4 > 6
Salinidade	Tipo	1106,00	0,8699	-
Salinidade	Margem	558,00	0,0001*	E > D

Comparação entre os pontos revelou maior valor de F_m e PI_{total} em BN1 e menor valor em BN2. Maior valor de F_v/F_m foi observado em BN3 o qual diferiu de BN1 e BN2 (Figura 216 e Tabela 59). O Campo 1,2 e 3 mostraram os maiores valores de F_o , F_m e PI_{total} ao contrário dos últimos campos (Campo 5 e 6). F_v/F_m diferiu apenas quando comparado entre o Campo 4 e 6, sendo maior no Campo 6. ABS/RC foi maior no Campo 3 e 4. Diferenças entre os tipos fisiográficos foram observadas em F_m e F_v/F_m , com maiores valores obtidos para a franja. ABS/RC e PI_{total} foram maiores na bacia. Apenas PI_{total} diferiu entre as margens, com maiores valores registrados para a margem esquerda.

Na análise de trocas gasosas, diferenças entre os pontos foram observadas em C_i , g_s e A/g_s , os quais foram maiores em BN3 (e Tabela 60). No entanto, A/E foi maior em BN1 e menor em BN3. Para o Campo 6, registrou-se menores valores de A , g_s e E , e maior C_i . A eficiência no uso da água não variou entre os campos. Melhor eficiência fotossintética foi observada na bacia, com maior valor de A , E e A/g_s . Na franja foi registrado maior C_i . No entanto, comparando as margens, observou-se diferença apenas para C_i , maior na margem direita.

Em relação ao tamanho da folha (Figura 218 e Tabela 61), o comprimento diferiu entre todos os campos, com maior e menor valor obtidos para BN3 e BN2, respectivamente. Maiores valores de largura foliar foram registrados para BN3 e maior relação C/L em BN2. Os dados de biometria não diferiram entre os campos. A bacia e a margem direita exibiram maior valor da relação C/L. Para a franja registrou-se os maiores valores de C e L, bem como maior relação C/L para a margem direita.

Figura 216: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Barra Nova, São Mateus. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

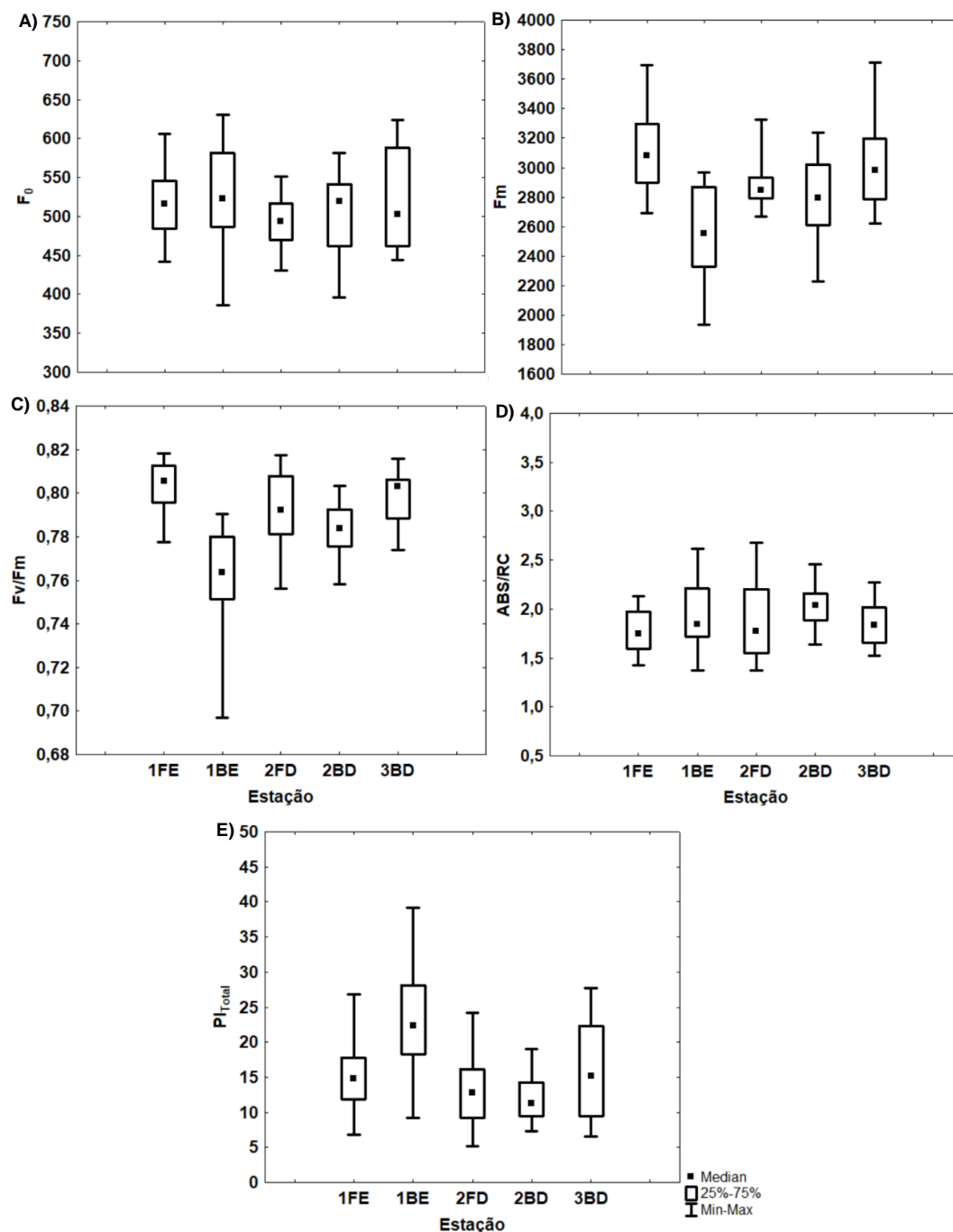


Tabela 59: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
F_0	Ponto	4,23	0,0987	-
F_0	Campo	100,65	0,0000*	2 > 3,4,5 e 6; 1 > 4,5 e 6; 4 = 3 e 5; 5 = 6
F_0	Tipo	1773,00	0,4943	-
F_0	Margem	1663,00	0,1019	-
F_m	Ponto	5,87	0,0530	-
F_m	Campo	45,46	0,0000*	1,2 e 3 > 5 e 6; 2 > 4; 1 = 2 = 3; 4 = 5 = 6
F_m	Tipo	1292,50	0,0021*	F > B
F_m	Margem	1912,50	0,6684	-
F_v/F_m	Ponto	7,98	0,0185*	3 > 1
F_v/F_m	Campo	38,40	0,0000*	6 > 4
F_v/F_m	Tipo	4792,50	0,00002*	F > B
F_v/F_m	Margem	1719,00	0,1723	-
ABS/RC	Ponto	3,75	0,1533	-
ABS/RC	Campo	65,91	0,0000*	3 e 4 > 1,2,5 e 6
ABS/RC	Tipo	5056,00	0,0315*	B > F
ABS/RC	Margem	1770,00	0,2635	-
PI_{total}	Ponto	22,37	0,0000*	1 > 2
PI_{total}	Campo	45,16	0,0000*	2 > 4,5 e 6; 1 > 4 e 5; 3 > 4; 1 = 2 = 3; 4 = 5 = 6
PI_{total}	Tipo	4755,00	0,0154*	B > F
PI_{total}	Margem	1114,00	0,00001*	E > D

Figura 217: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Barra Nova São Mateus. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

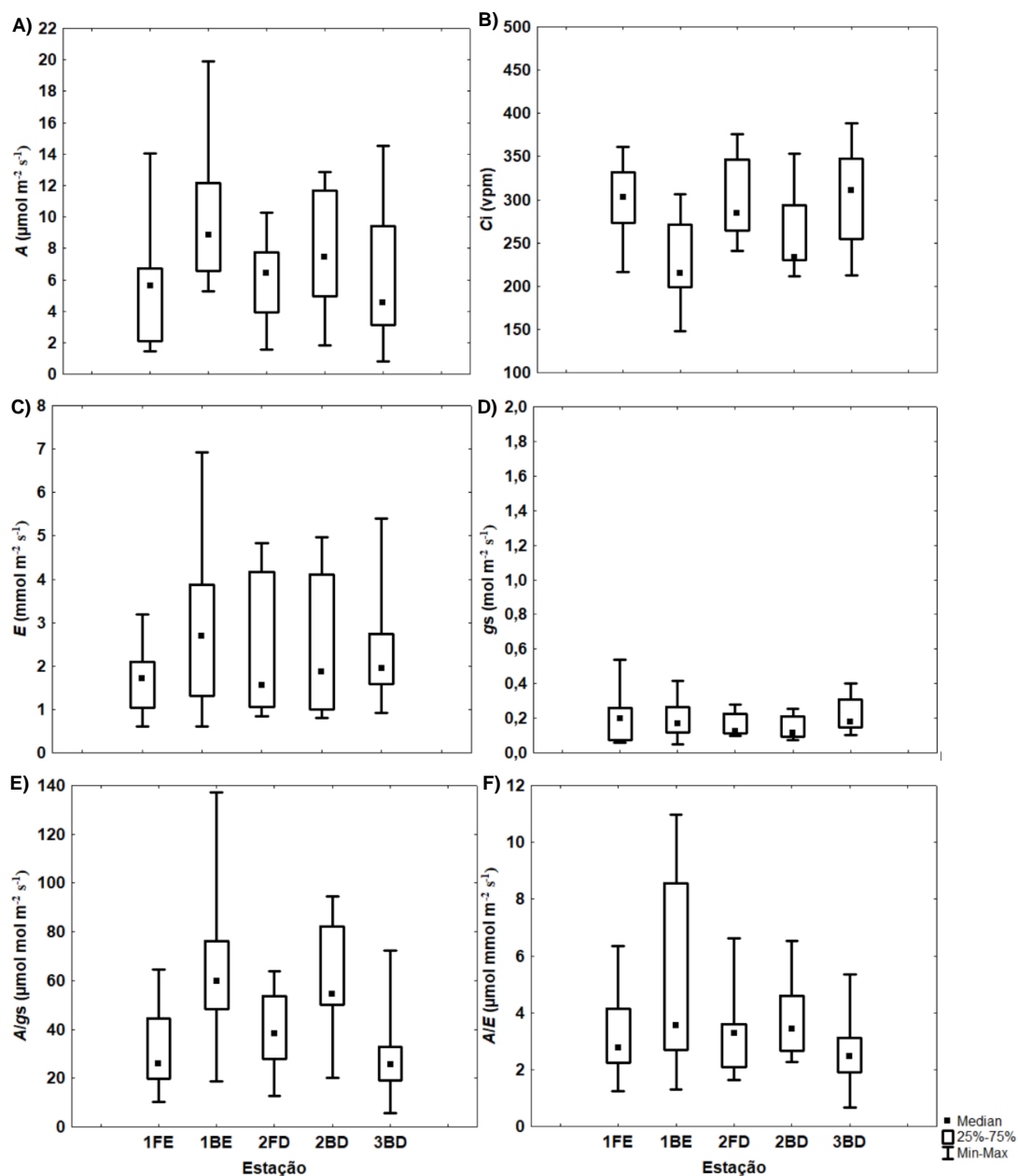


Tabela 60: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	1,45	0,4820	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	44,01	0,0000*	3 > 5 e 6; 1 e 2 > 6; 1 = 2 = 3; 5 = 6
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	772,00	0,0031*	B > F
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1128,00	0,4077	-
Ci (vpm)	Ponto	8,30	0,0157*	3 > 1
Ci (vpm)	Campo	20,94	0,0003*	6 > 2 e 3
Ci (vpm)	Tipo	740,00	0,0014*	F > B
Ci (vpm)	Margem	941,50	0,0344*	D > E
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	1,00	0,6036	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	73,08	0,0000*	3 > 1,5 e 6; 1 = 2 e 5
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	905,00	0,0443*	B > F
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1159,00	0,5391	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	8,64	0,0132*	3 > 2
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	73,18	0,0000*	1,2 e 3 > 5 e 6
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1089,00	0,4775	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1221,00	0,8522	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	15,48	0,0004*	3 > 1 e 2
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	3,00	0,5569	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	833,00	0,0117*	B > F
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1053,00	0,1785	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	7,68	0,0214	1 > 3
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	9,45	0,0506	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1060,00	0,3601	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1011,00	0,1020	-

Figura 218: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal de Barra Nova, São Mateus,. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

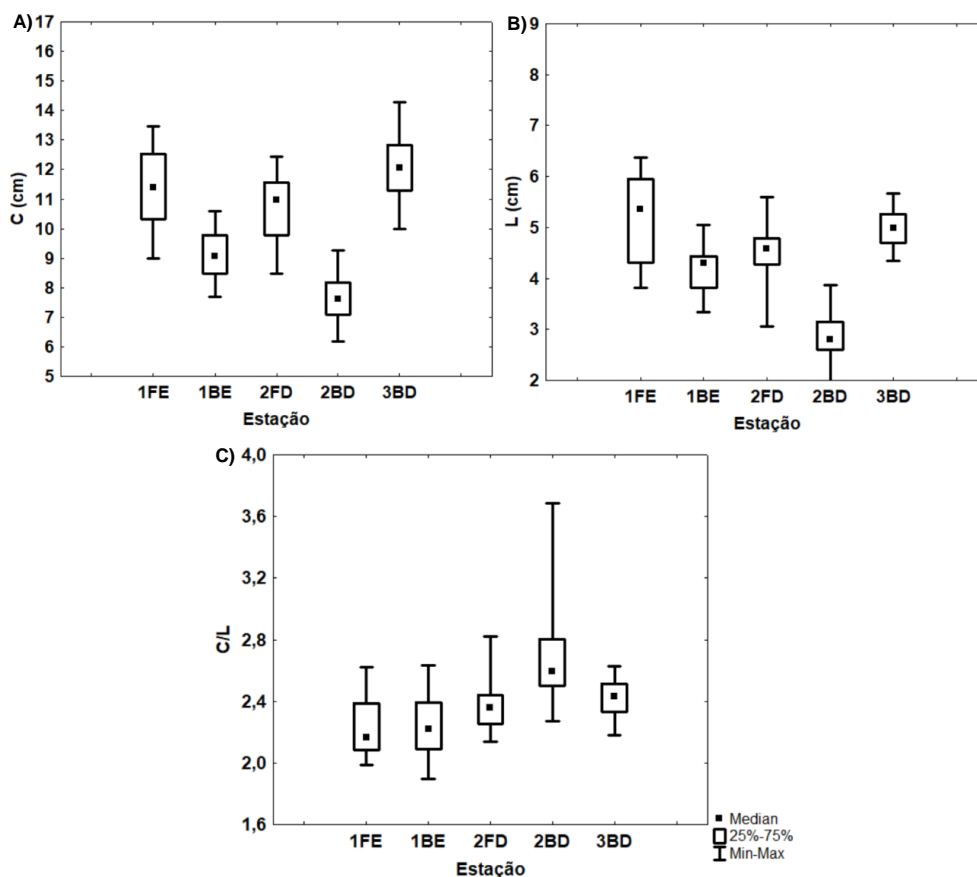


Tabela 61: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	31,37	0,0000*	3 > 1 > 2
Comprimento (cm)	Campo	2,05	0,5602	-
Comprimento (cm)	Tipo	702,50	0,0004*	F > B
Comprimento (cm)	Margem	1162,00	0,7891	-
Largura (cm)	Ponto	26,31	0,0000*	3 > 2
Largura (cm)	Campo	0,52	0,9148	-
Largura (cm)	Tipo	655,00	0,0001*	F > B
Largura (cm)	Margem	961,50	0,0933	-
Relação Comprimento / Largura	Ponto	28,53	0,0000*	2 > 1
Relação Comprimento / Largura	Campo	3,25	0,3543	-
Relação Comprimento / Largura	Tipo	768,00	0,0023*	B > F
Relação Comprimento / Largura	Margem	451,00	0,0000*	D > E

Os resultados do monitoramento das respostas da produção primária de *L. racemosa* no estuário de Barra Nova são apresentados nas Tabela 62 a Tabela 64 e nas Figura 219 e Figura 221. A espécie *L. racemosa* foi encontrada apenas no ponto 3 (BN3) do tipo fisiográfico franja, por isso, para os testes estatísticos foram feitas apenas as comparações entre os campos.

O campo 1 registrou os maiores valores de Fo e ABS/RC e menor Fv/Fm. O campo 2 exibiu maiores valores de Fm, comparado ao campo 3 e 4. O último campo (C6) registrou maior valor de Fv/Fm e PI_{total} em comparação aos pontos 1 e 3 (Figura 219 e Tabela 62).

Na análise de trocas gasosas, diferenças entre os campos foram observadas em Ci que foi maior no campo 6 comparado ao campo 1. Já a assimilação (A) foi maior no campo 1 em relação ao campo 6. Além disso, E e A/E foram maiores no Campo 6. O campo 2 também exibiu maior eficiência no uso da água (A/E) (Figura 220 e Tabela 63).

Em relação à análise de biometria foliar, não foi encontrado diferença estatística entre os campos nas plantas de *L. racemosa* averiguadas (Figura 221 e Tabela 64).

Figura 219: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos campos (1 a 6), no manguezal de Barra Nova, São Mateus. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

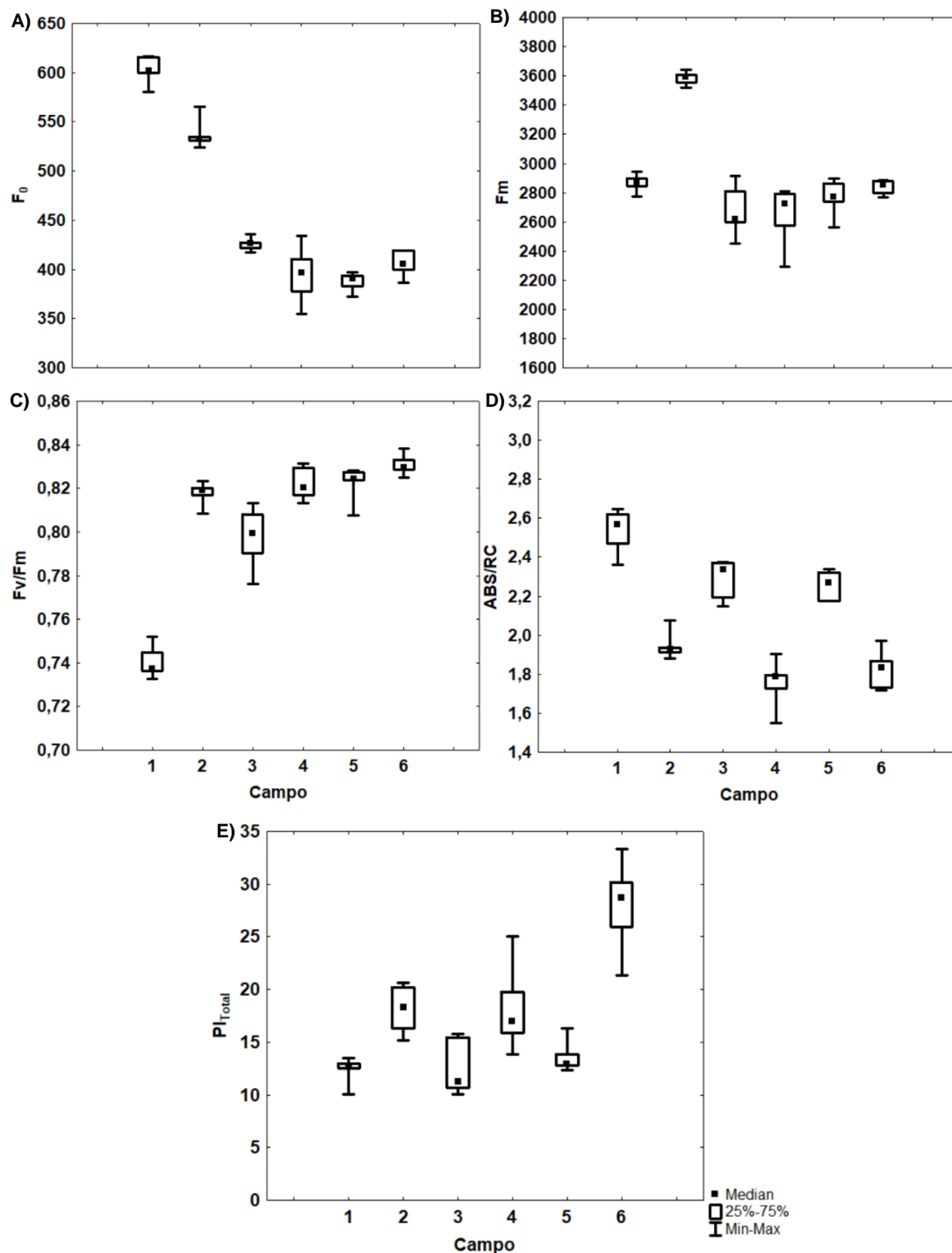


Tabela 62: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* entre os campos (1 a 6) para o manguezal de Barra Nova, São Mateus coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
F_0	Ponto	-	-	-
F_0	Campo	24,52	0,0002*	1 > 4,5 e 6; 2 > 5
F_0	Tipo	-	-	-
F_0	Margem	-	-	-
F_m	Ponto	-	-	-
F_m	Campo	17,13	0,0042*	2 > 3 e 4
F_m	Tipo	-	-	-
F_m	Margem	-	-	-
F_v/F_m	Ponto	-	-	-
F_v/F_m	Campo	23,27	0,0003*	6 > 1 e 3; 1 < 4 e 5
F_v/F_m	Tipo	-	-	-
F_v/F_m	Margem	-	-	-
ABS/RC	Ponto	-	-	-
ABS/RC	Campo	25,65	0,0001*	1 > 4 e 6; 3 > 4
ABS/RC	Tipo	-	-	-
ABS/RC	Margem	-	-	-
PI_{total}	Ponto	-	-	-
PI_{total}	Campo	21,76	0,0006*	6 > 1,3 e 5
PI_{total}	Tipo	-	-	-
PI_{total}	Margem	-	-	-

Figura 220: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao campos no manguezal de Barra Nova, São Mateus. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

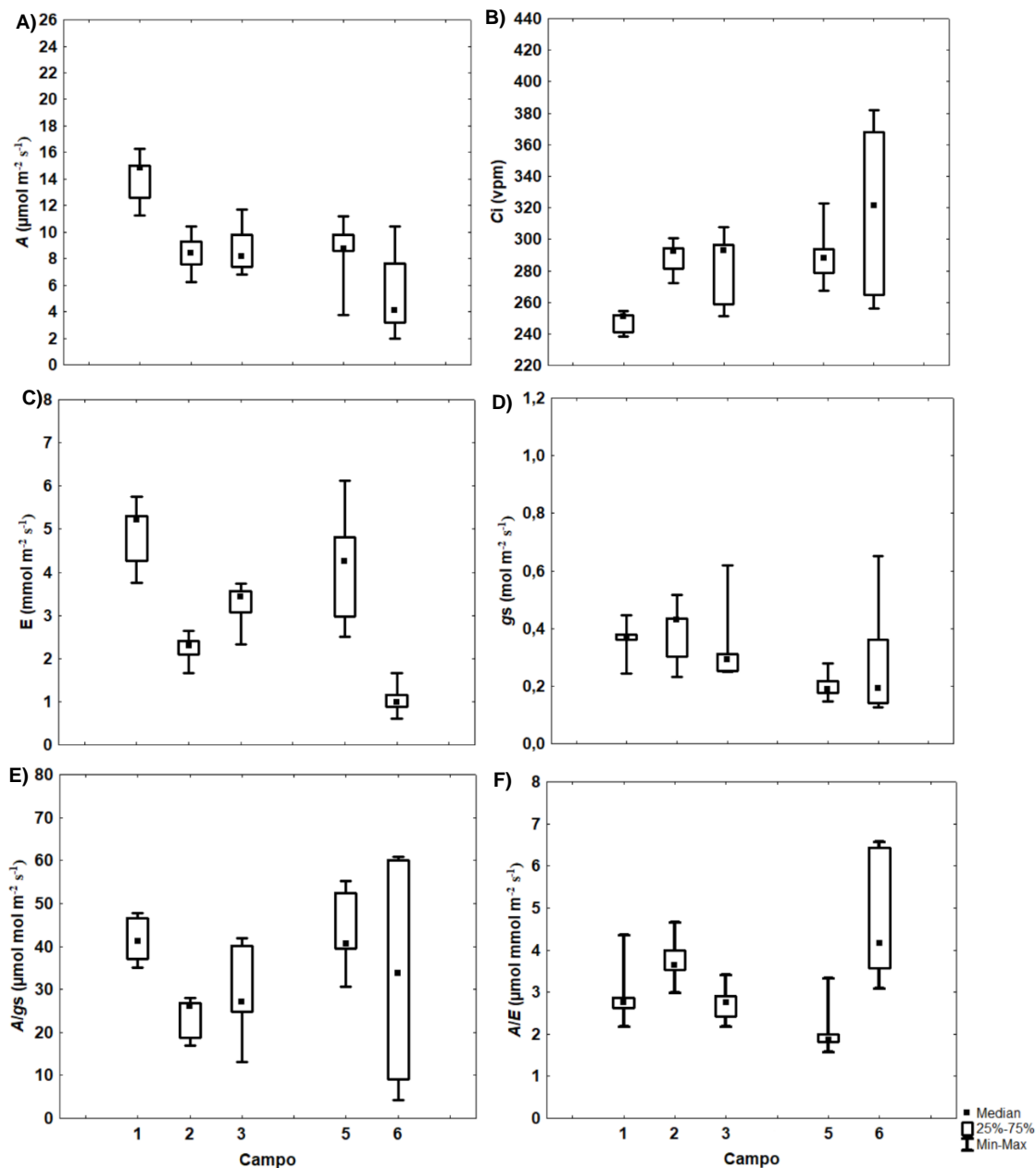


Tabela 63: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre campos (1 a 6). A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	12,90	0,0117*	1 > 6
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-
Ci (vpm)	Ponto	-	-	-
Ci (vpm)	Campo	10,93	0,0273*	6 > 1
Ci (vpm)	Tipo	-	-	-
Ci (vpm)	Margem	-	-	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	19,59	0,0006*	6 < 1 e 5; 1 = 2 = 3 = 5
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	8,18	0,0849	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	7,66	0,1046	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	17,78	0,0052	6 > 5; 2 > 5
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-

Figura 221: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos campos no manguezal de Barra Nova, São Mateus. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

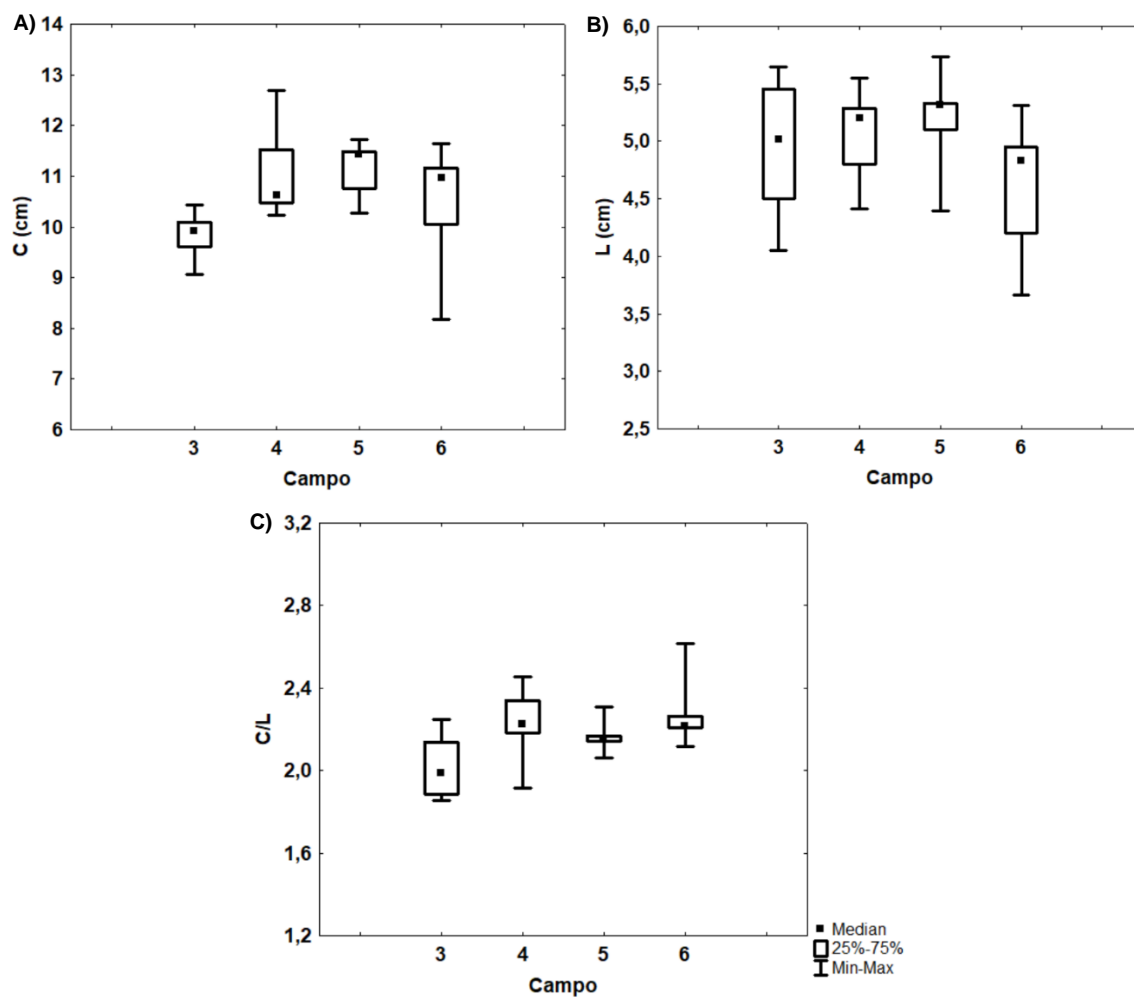
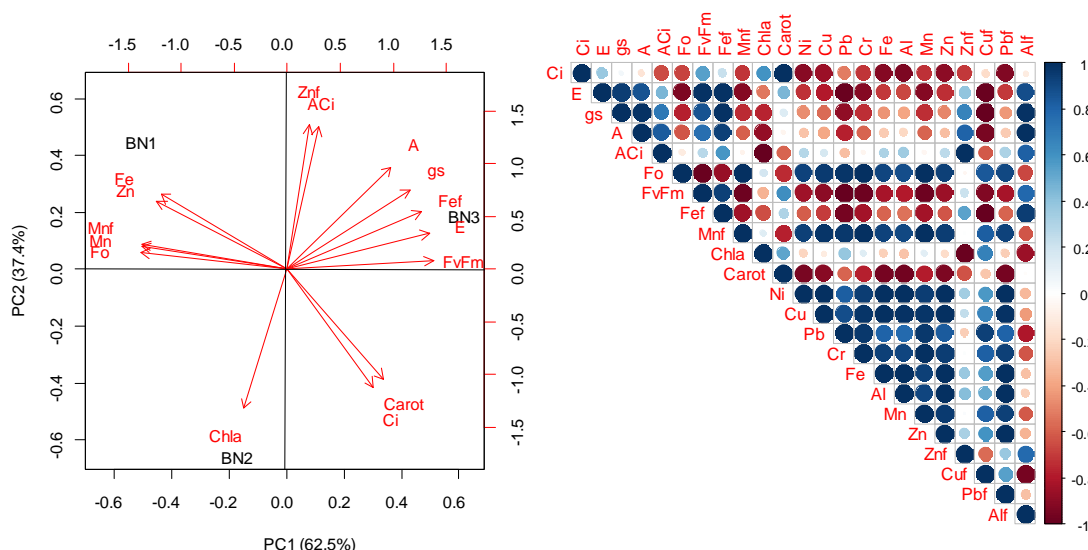


Tabela 64: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas para o manguezal de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre campos (1 a 6).

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	-	-	-
Comprimento (cm)	Campo	7,29	0,0630	-
Comprimento (cm)	Tipo	-	-	-
Comprimento (cm)	Margem	-	-	-
Largura (cm)	Ponto	-	-	-
Largura (cm)	Campo	2,66	0,4457	-
Largura (cm)	Tipo	-	-	-
Largura (cm)	Margem	-	-	-
Relação Comprimento / Largura	Ponto	-	-	-
Relação Comprimento / Largura	Campo	5,32	0,1498	-
Relação Comprimento / Largura	Tipo	-	-	-
Relação Comprimento / Largura	Margem	-	-	-

Padrões espaciais de distribuição do Fe e Mn no sedimento do estuário de Barra Nova foram claros entre os pontos avaliados, com maior concentração desses metais registrada no sedimento no Ponto 1 (BN1) (Figura 222). Para os tecidos foliares, os teores de Fe em BN3 e de Mn em BN1 estão acima dos valores reportados na literatura em manguezais do estuário do Rio Mucuri-Bahia (CUZZUOL e CAMPOS, 2001) e Baías de Paranagua e Guaratuba-Paraná (MADI et al., 2015) e impactaram negativamente a atividade fotossintética das plantas. A correlação forte entre o teor de Mn na folha com Fv/Fm ($r = -0,97$) e Fo ($r = 0,99$, $p < 0,05$) indica maior interferência do acúmulo desse metal sobre desempenho fotoquímico nas plantas, comparativamente ao Fe foliar. Valores fortes de correlação entre o teor de ferro foliar e A, gs, Fv/Fm e Fo ($r = 0,93$, $r = 0,98$, $r = 0,93$ e $r = -0,86$) corroboram este resultado. Entretanto, em BN1, correlação positiva forte entre a produção da fluorescência inicial e a concentração de metais Fe e Zn ($r = 0,91$ e $r = 0,93$, respectivamente, $p > 0,05$) no sedimento foi observada. Embora a correlação entre esses metais no sedimento e o teor de carotenoides não tenha sido significativa, foi negativa e forte ($r = -0,95$ e $r = -0,93$, respectivamente), evidenciando a ocorrência de estresse oxidativo associado à deposição desses metais no sedimento.

Figura 222. Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: BN1/BN2/BN3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo estuário de Barra Nova, São Mateus, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO_2 , gs - condutância estomática, Ci - concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fef – manganês e ferro foliar, Mn/Fe – manganês e ferro do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, A/Ci – eficiência de carboxilação da Rubisco.



Assim, a ACP corrobora uma tendência já observada para os demais estuários monitorados neste estudo em relação à correlação negativa obtida entre os teores de pigmentos carotenóides e de metais do sedimento, cujos valores mais baixos ocorreram no ponto com maior deposição desses metais (BN1). Os pigmentos carotenóides sequestram espécies reativas de oxigênio produzidas nas membranas tilacóides pelo FSII reduzindo, portanto, os danos celulares causados pela luz (BARBOSA et al., 2014). Estes resultados evidenciam a ocorrência de estresse oxidativo em BN1 em resposta à deposição dos metais no sedimento.

3.9.7.1 Evidência de impactos – Barra Nova

- Os teores de Mn e Fe nos tecidos foliares e sedimento estão acima dos valores reportados na literatura para BN1 e BN3, respectivamente.
- Efeito dos metais em sedimento e manganês foliar sobre o aumento da produção da fluorescência inicial (F_0) em BN1.
- Ocorrência de estresse oxidativo onde houve maior deposição dos metais (BN1)

3.9.8 São Mateus

A Tabela 65 e a Tabela 66 exibem os dados de salinidade e análise estatística, respectivamente. Observou-se maior valor da salinidade para os pontos 1 e 2 (SM1 e SM2) e a margem esquerda. Ao longo do monitoramento, registrou-se o Campo 4 tendo maior salinidade do que os Campos 5 e 6.

Tabela 65: Salinidade intersticial no manguezal do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
SM1FD	1	3,04	8,62	3	5,96	6,19	5	17,01	17,19
SM1BD	1	18,53	27,32	3	2,63	2,63	5	16,13	16,64
SM1FE	1	—	—	3	18,41	20,39	5	10,15	11,24
SM1BE	1	—	—	3	21,29	21,80	5	4,75	9,69
SM2FD	1	—	—	3	—	—	5	6,25	6,43
SM2FE	1	15,52	20,20	3	1,64	1,75	5	10,31	12,44
SM2BE	1	26,19	28,85	3	17,20	20,53	5	4,62	11,29
SM3FD	1	2,26	9,65	3	—	—	5	2,96	3,50
SM3BD	1	2,19	4,78	3	—	—	5	1,53	3,35
SM3FE	1	—	—	3	14,00	15,00	5	4,25	4,98
SM3BE	1	—	—	3	8,95	19,03	5	3,42	7,54
SM1FD	2	25,39	26,53	4	34,78	36,44	6	12,35	12,79
SM1BD	2	23,85	24,55	4	26,43	29,65	6	15,32	10,30
SM1FE	2	—	—	4	5,62	5,63	6	10,15	11,24
SM1BE	2	—	—	4	25,41	26,67	6	7,88	10,80
SM2FD	2	—	—	4	—	—	6	3,58	3,58
SM2FE	2	14,72	17,44	4	18,13	27,36	6	14,07	14,07
SM2BE	2	14,24	16,55	4	16,85	18,18	6	—	—
SM3FD	2	0,49	0,89	4	5,23	8,83	6	3,14	3,14
SM3BD	2	0,21	0,76	4	2,38	6,77	6	2,93	4,11
SM3FE	2	—	—	4	5,74	7,65	6	3,75	5,66
SM3BE	2	—	—	4	15,13	23,87	6	5,10	5,96

Tabela 66: Análise estatística da salinidade intersticial para o manguezal do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerdo.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Salinidade	Ponto	42,43	0,0000*	1 e 2 > 3
Salinidade	Campo	15,76	0,0076*	4 > 5 e 6
Salinidade	Tipo	21,68	0,0959	-
Salinidade	Margem	19,52	0,0119*	E > D

Para a análise de fluorescência da clorofila *a* no manguezal do rio São Mateus, a comparação entre os pontos evidenciou maiores valores de F_m , F_v/F_m e PI_{total} em SM3 e menor F_o para SM2. A comparação entre os campos realizados revelou maior F_o , F_m e PI_{total} e menor F_m para o Campo 2 e maior F_v/F_m para o Campo 6. Os Campos 3 e 4 apresentaram maiores valores de ABS/RC. Diferença entre os tipos

fisiográficos foi observada em F_m e F_v/F_m com maior valor na franja. Não foi observado diferenças entre as margens (Figura 223 e Tabela 67).

Na análise de trocas gasosas, os valores de A , g_s , E , A/g_s e A/E foram maiores em SM1 e SM2. Apenas C_i foi maior em SM3 (Figura 224 e Tabela 68). Diferenças entre Campos mostrou maior A , g_s e E nos primeiros campos (Campo 1, 2 e 3). Para os Campos 5 e 6, maiores valores de C_i foram descritos. A eficiência no uso da água (A/g_s) diferiu apenas entre o Campo 1 e 5, sendo maior no primeiro. A/E foi maior no Campo 1 e 2. Não foram observadas diferenças entre franja e bacia. A margem esquerda apresentou maior eficiência no uso da água, com maiores valores de A/g_s e A/E .

O comprimento da folha foi maior em SM3. Contudo, comprimento e a relação C/L não diferiu entre os pontos (Figura 225 e Tabela 69). Também não foram observadas diferenças entre os campos para biometria foliar. A franja exibiu maiores valores de C/L . Diferença entre margem mostrou maior valor de C e C/L na margem esquerda.

Figura 223: Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra. F0 – fluorescência inicial, Fm – fluorescência máxima, Fv/Fm – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PITotal – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

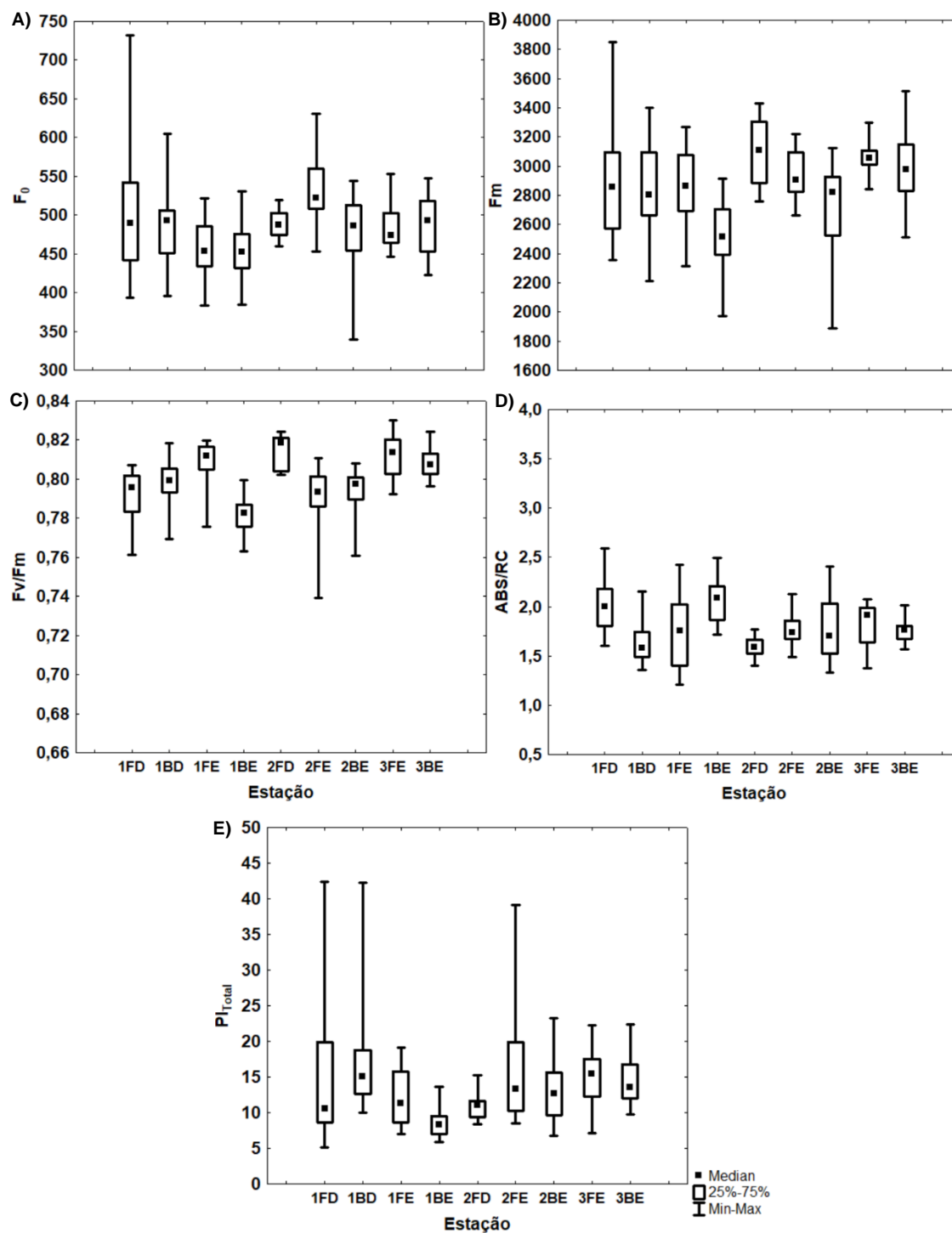


Tabela 67: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila a para o manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
F_0	Ponto	11,21	0,0037*	2 > 1
F_0	Campo	108,54	0,0000*	1 > 4,5 e 6; 2 > 3,4,5 e 6; 3 > 5 e 6; 6 = 4 e 5
F_0	Tipo	4600,00	0,0516	-
F_0	Margem	4415	0,2754	-
F_m	Ponto	20,76	0,0000*	3 > 1 e 2
F_m	Campo	48,40	0,0000*	1,3 e 6 > 5; 2 > 4,5 e 6; 5 = 4
F_m	Tipo	3638,50	0,0000*	F > B
F_m	Margem	4682	0,6574	-
F_v/F_m	Ponto	37,7	0,0000*	3 > 1 e 2
F_v/F_m	Campo	21,11	0,0008*	6 > 2 e 3
F_v/F_m	Tipo	4339,00	0,0109*	F > B
F_v/F_m	Margem	4676	0,6469	-
ABS/RC	Ponto	4,33	0,1146	-
ABS/RC	Campo	75,80	0,0000*	3 > 1,2,5 e 6; 4 > 1,2 e 5; 6 > 5; 1 e 2 = 5 e 6
ABS/RC	Tipo	5060,00	0,3718	-
ABS/RC	Margem	4326	0,1914	-
PI_{total}	Ponto	7,87	0,0195*	3 > 1
PI_{total}	Campo	77,95	0,0000*	1 > 3,5 e 6; 2 > 3,4,5 e 6; 6 < 4; 3 = 4,5 e 6
PI_{total}	Tipo	5367,00	0,8492	-
PI_{total}	Margem	4418,00	0,2786	-

Figura 224: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

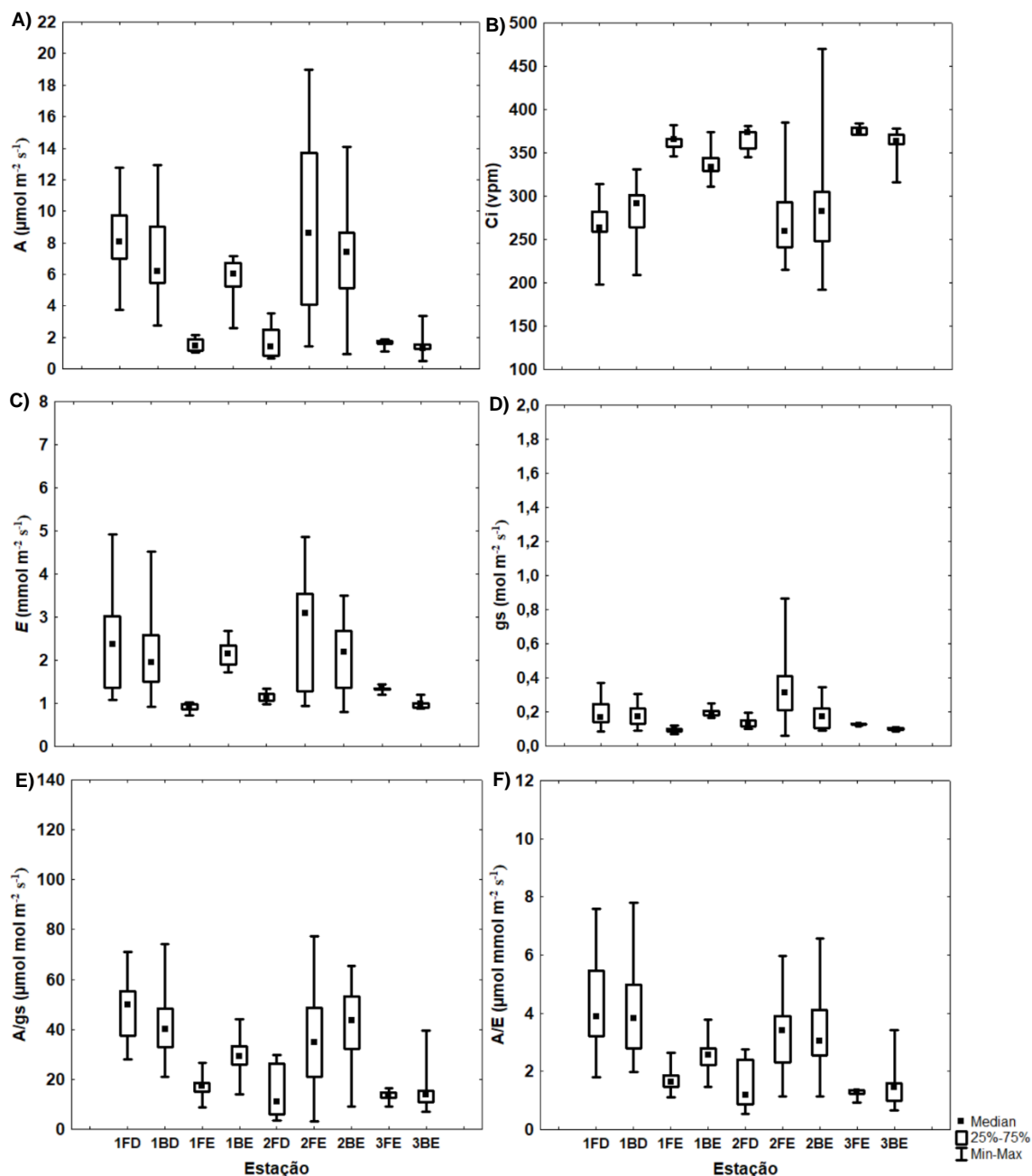


Tabela 68: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	19,02	0,0001*	1,2 > 3
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	78,52	0,0000*	1,2,3 > 5,6; 1 = 2 = 3; 5 = 6
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	2026,00	0,8537	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1867	0,3377	-
Ci (vpm)	Ponto	15,79	0,0004*	3 > 1,2
Ci (vpm)	Campo	70,67	0,0000*	5,6 > 1,2,3; 5 = 6, 1 = 2 = 3
Ci (vpm)	Tipo	2037,50	0,8965	-
Ci (vpm)	Margem	1768	0,1538	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	8,88	0,0118*	1,2 > 3
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	72,58	0,0000*	1 > 5,6; 3 > 2,5,6; 5 < 1,2,3; 6 = 2,5
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	2061,50	0,9867	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	2011,5	0,7823	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	11,54	0,0031*	1,2 > 3
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	71,31	0,0000*	1,3 > 5,6; 2 > 6; 5 = 6
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1819,50	0,2457	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	2018	0,8060	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	17,58	0,0002*	1,2 > 3
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	14,61	0,0056*	1 > 5
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1766,00	0,1574	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1635	0,0399*	D > E
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	19,98	0,0000*	1,2 > 3
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	46,16	0,0000*	1,2 > 3,5,6; 1 = 2; 3 = 5 = 6
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	1709,00	0,0923	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1607	0,0287*	D > E

Figura 225: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019, referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

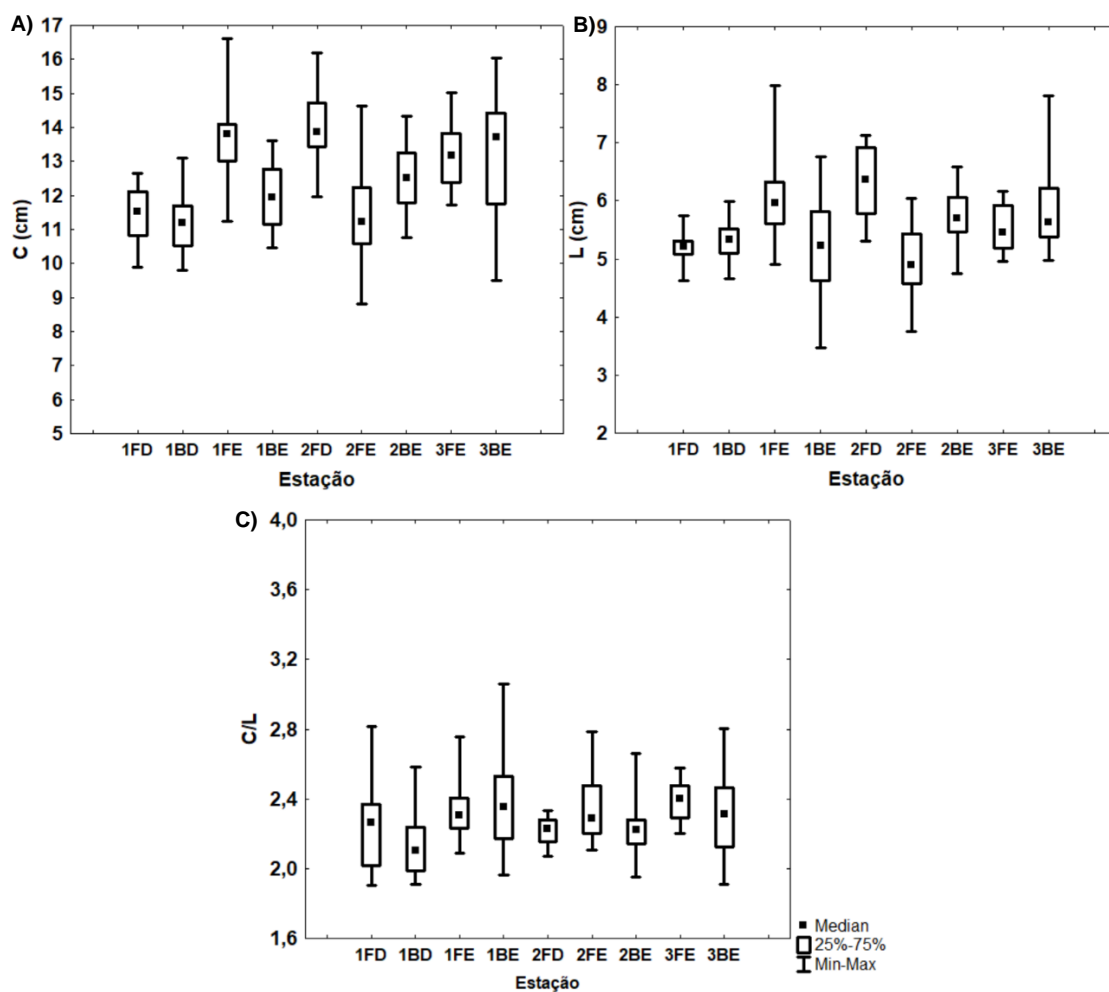


Tabela 69: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas no manguezal do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	15,14	0,0005*	3 > 1,2
Comprimento (cm)	Campo	0,6594	0,8827	-
Comprimento (cm)	Tipo	2985,50	0,2179	-
Comprimento (cm)	Margem	1914,00	0,0008*	E > D
Largura (cm)	Ponto	5,33	0,0695	-
Largura (cm)	Campo	3,28	0,3494	-
Largura (cm)	Tipo	3188,00	0,5715	-
Largura (cm)	Margem	2484,00	0,191700	-
Relação Comprimento / Largura	Ponto	5,82	0,0543	-
Relação Comprimento / Largura	Campo	0,2026	0,9772	-
Relação Comprimento / Largura	Tipo	2750,00	0,0447*	F > B
Relação Comprimento / Largura	Margem	1799,00	0,0001*	E > D

O comportamento fotossintético de *L. racemosa* no manguezal do rio São Mateus é apresentado na Tabela 70 e Figura 226 a Figura 229. A comparação entre os pontos para a análise de fluorescência da clorofila *a* revelou maiores valores de F_o e F_m no Campo 1 e 2 e menor valor de F_v/F_m . ABS/RC diferiu apenas entre o Campo 1 e 5, sendo maior no último. A bacia registrou maiores valores de F_m e ABS/RC e a franja maior índice de desempenho PI_{total} (Figura 226 e Tabela 70).

Na análise de trocas gasosas, os valores de A , g_s e E foram maiores no Campo 1, 2 e 3 e os menores valores no Campo 6 (Figura 227 e Tabela 71). Em relação aos tipos fisiográficos, a franja apresentou maior eficiência fotossintética, representados pelos maiores valores de A , A/g_s e A/E . Na bacia foi registrado maiores valores de C_i .

O comprimento da folha não diferiu entre os campos (Figura 229 e Tabela 72). A franja exibiu maiores de C e L e a bacia os maiores valores de C/L .

Figura 226. Parâmetros de fluorescência da clorofila a com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e $P_{I_{total}}$ – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

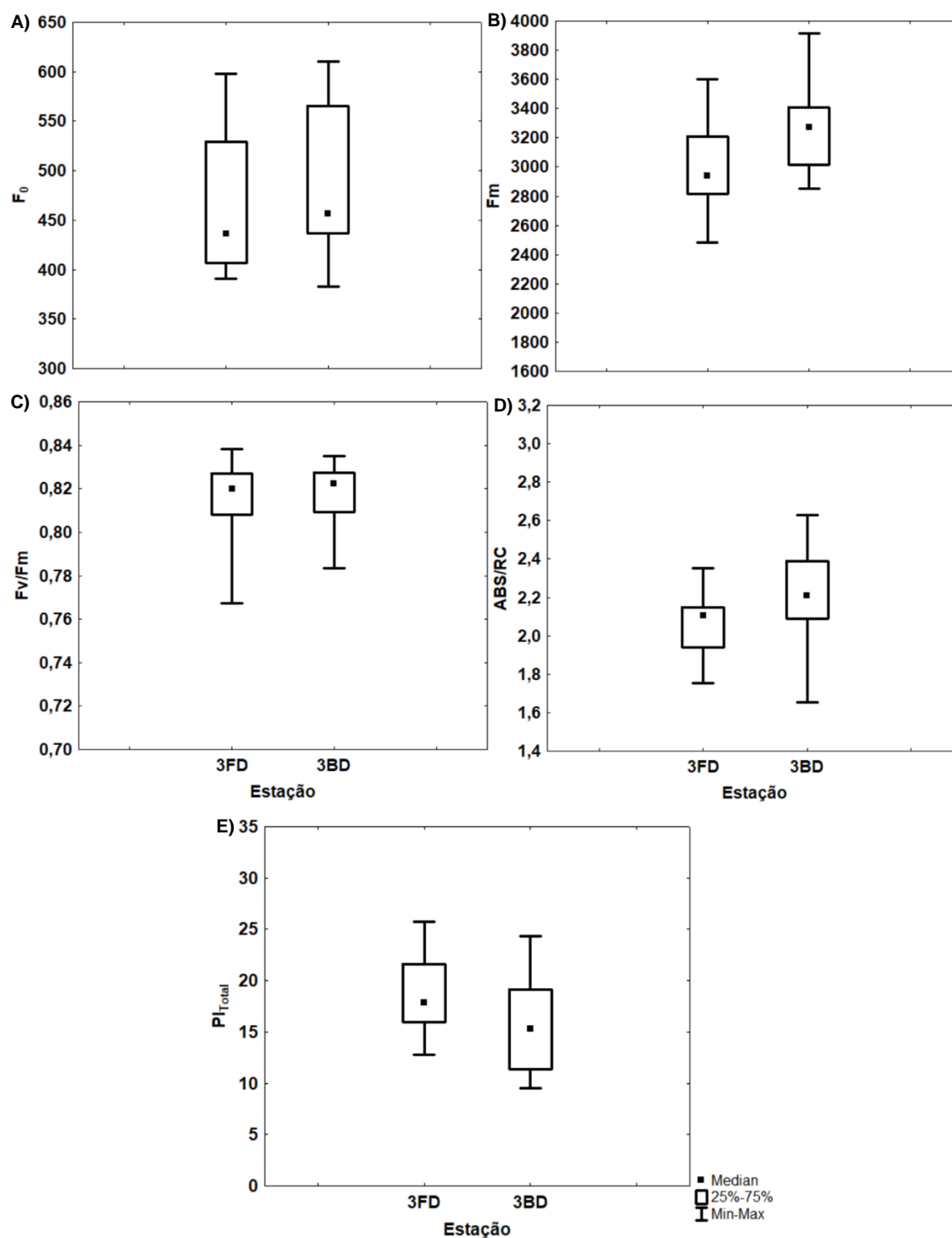


Tabela 70. Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila a para manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F0 – fluorescência inicial, Fm – fluorescência máxima, Fv/Fm – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PItotal – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Fo	Ponto	-	-	-
Fo	Campo	49,23	0,0000*	1,2 > 3,4 e 5; 6 > 4; 4 = 3 e 5
Fo	Tipo	354,00	0,1558	-
Fo	Margem	-	-	-
Fm	Ponto	-	-	-
Fm	Campo	32,65	0,0000*	2 > 3,4 e 5; 1 > 4 e 5; 4 e 5 = 3 e 6
Fm	Tipo	218,50	0,0006*	B > F
Fm	Margem	-	-	-
Fv/Fm	Ponto	-	-	-
Fv/Fm	Campo	39,27	0,0000*	1 < 3,4,5 e 6; 3 > 1 e 2; 4 > 1 e 2
Fv/Fm	Tipo	416,00	0,6151	-
Fv/Fm	Margem	-	-	-
ABS/RC	Ponto	-	-	-
ABS/RC	Campo	11,37	0,0444*	1 > 5
ABS/RC	Tipo	266,00	0,0065*	B > F
ABS/RC	Margem	-	-	-
PItotal	Ponto	-	-	-
PItotal	Campo	3,22	0,6653	-
PItotal	Tipo	263,00	0,0056*	F > B
PItotal	Margem	-	-	-

Figura 227. Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUAint) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUAins).

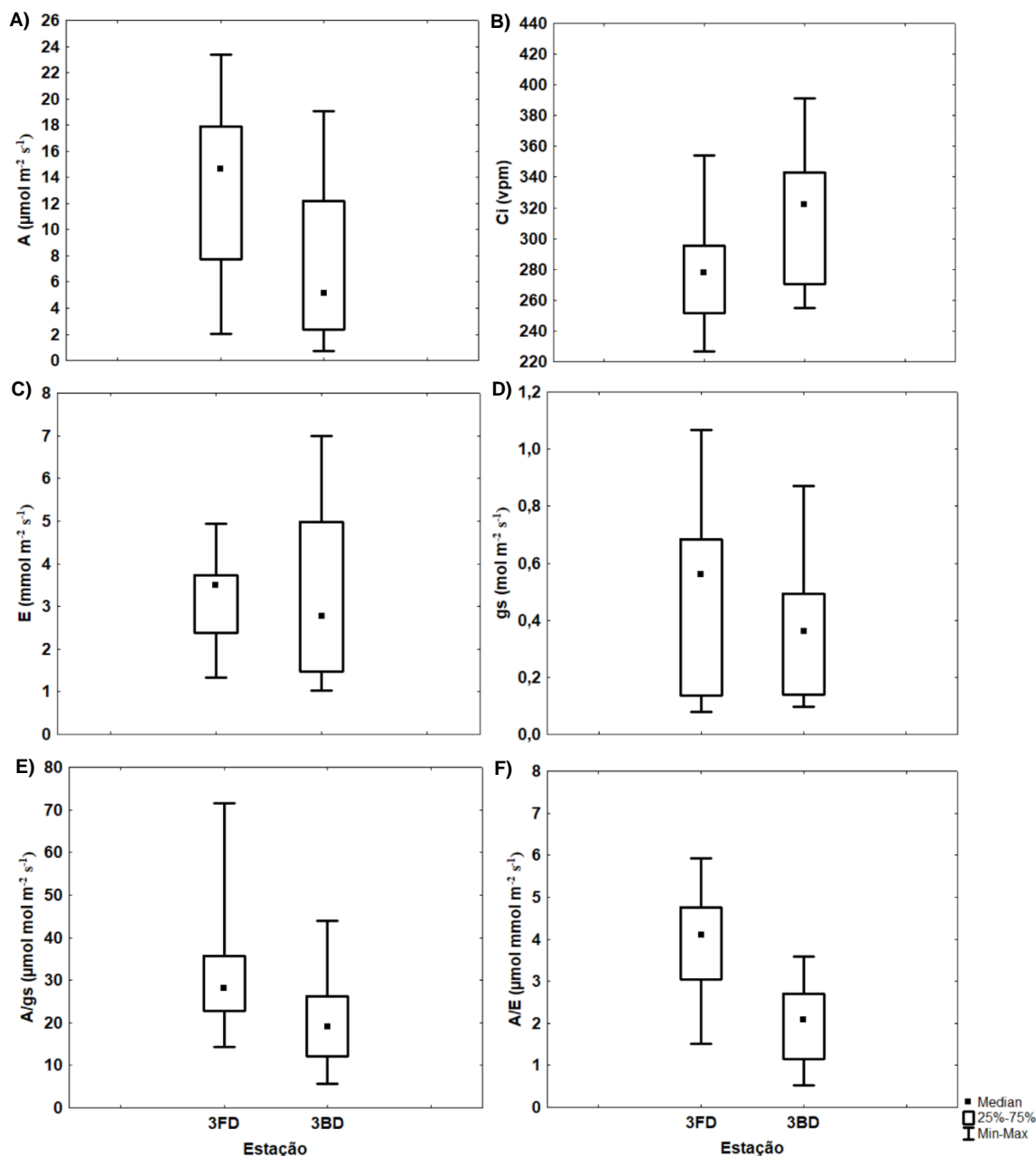


Tabela 71. Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	14,84	0,0020*	6 < 1 e 3; 1 = 2 = 3
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	91,00	0,0254*	F > B
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-
Ci (vpm)	Ponto	-	-	-
Ci (vpm)	Campo	8,49	0,0369	-
Ci (vpm)	Tipo	86,00	0,0167*	B > F
Ci (vpm)	Margem	-	-	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	23,40	0,0000*	6 < 1,2 e 3; 1 = 2 = 3
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	153,00	0,7876	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	21,65	0,0001*	6 < 1,2 e 3; 1 = 2 = 3
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	117,00	0,1585	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	6,35	0,0955	-
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	87,00	0,0182*	F > B
A/gs – $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	-	-	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	2,67	0,4447	-
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	35,00	0,0000*	F > B
A/E – $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	-	-	-

Figura 228. Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

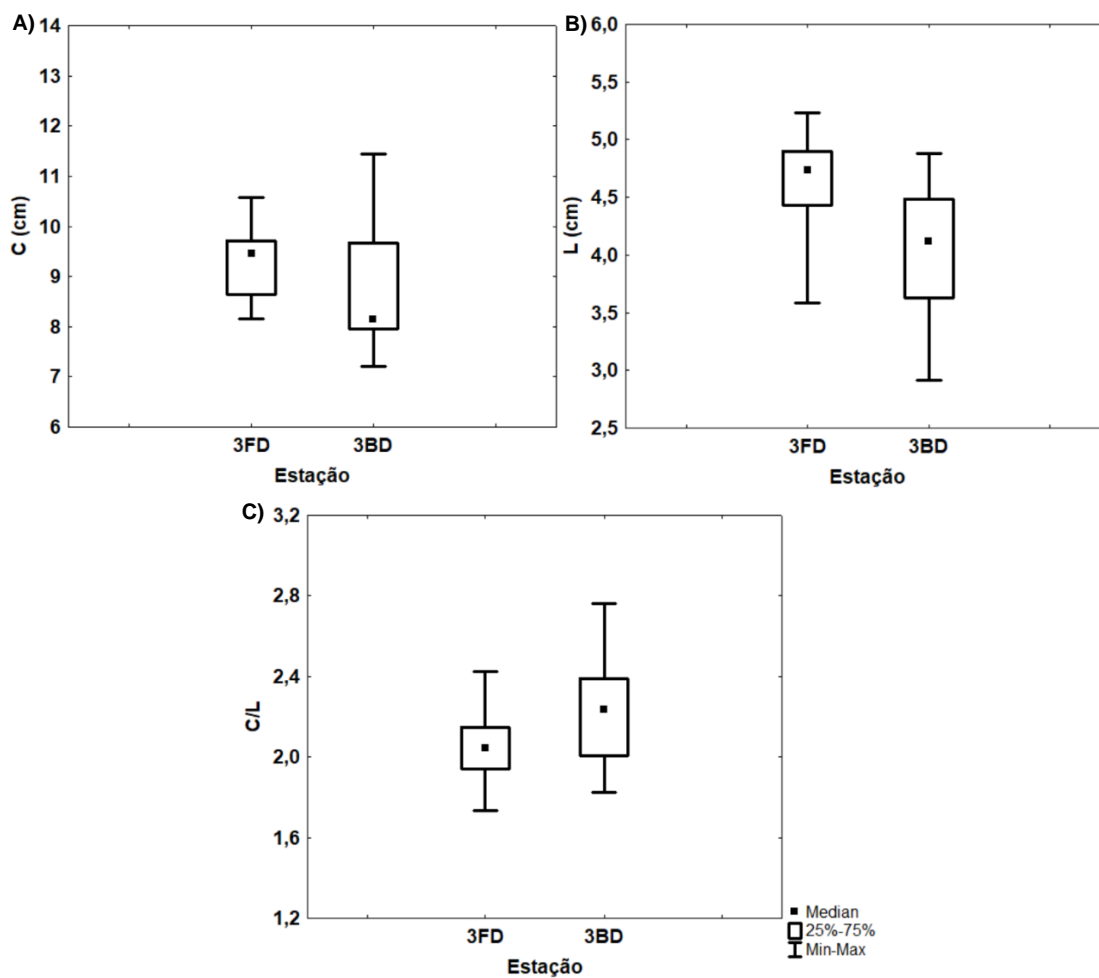
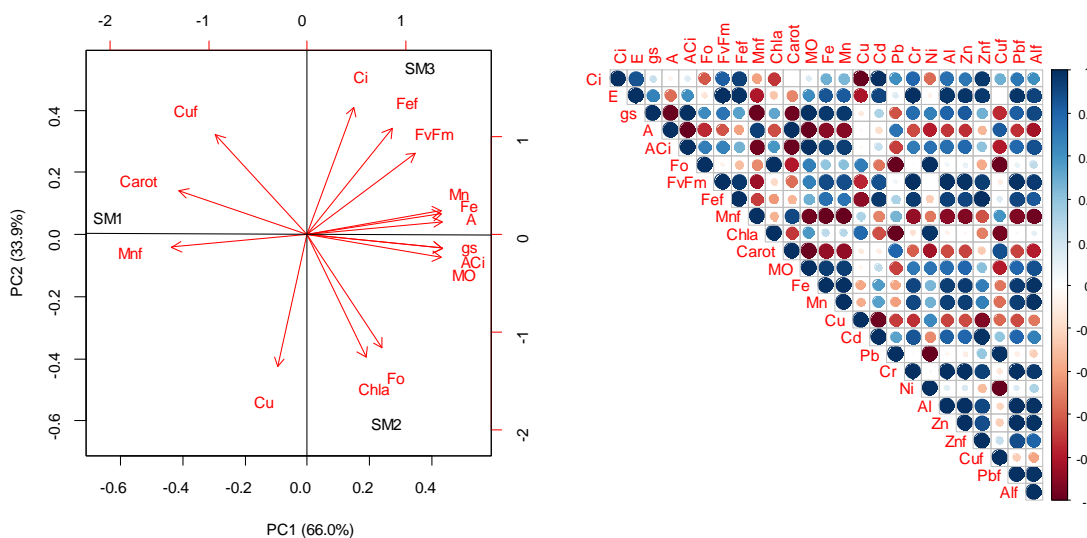


Tabela 72. Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas no manguezal do rio São Mateus, Conceição Barra, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	-	-	-
Comprimento (cm)	Campo	4,5	0,2119	-
Comprimento (cm)	Tipo	118,00	0,0430*	F > B
Comprimento (cm)	Margem	-	-	-
Largura (cm)	Ponto	-	-	-
Largura (cm)	Campo	1,8400	0,6052	-
Largura (cm)	Tipo	68,50	0,0006*	F > B
Largura (cm)	Margem	-	-	-
Relação Comprimento / Largura	Ponto	-	-	-
Relação Comprimento / Largura	Campo	1,22	0,7476	-
Relação Comprimento / Largura	Tipo	110,00	0,0245*	B > F
Relação Comprimento / Largura	Margem	-	-	-

Com base no resultado da Análise de Componentes Principais (ACP), verificou-se uma correlação forte entre o teor de Mn e Fe no sedimento ($r = 0,99$, $p < 0,05$) e entre o teor de Manganês no sedimento e no tecido foliar ($r = -0,99$) e Ferro no sedimento e no tecido foliar ($r = 0,74$) de *R. mangle* (Figura 229). A análise da ACP também evidenciou uma tendência para aumento no teor de Fe e Mn em sedimentos com maior MO [correlação positiva entre o teor de Fe no sedimento com o teor de MO ($r = 0,94$, $p > 0,05$), Mn no sedimento ($r = 0,94$, $p < 0,05$)].

Figura 229. Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: SM1/SM2/SM3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do rio São Mateus, Conceição da Barra, coletados em *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019. F_0 – fluorescência inicial, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A – assimilação de CO_2 , gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO_2 , Mn/Fef/Cuf – manganês, ferro e cobre foliar, Mn/Fe/Cu – manganês, ferro e cobre do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH – 2,2-difenil-1- picrilhidrazila (atividade antirradicalar).



Padrões espaciais de distribuição do Fe e Mn no sedimento do estuário do rio São Mateus e nas folhas (para o Fe) foram claros entre os pontos avaliados, com maior concentração desses metais registrada no sedimento no Ponto 3 (SM3) (valores médios de Fe = 17.188,68 mg Kg⁻¹, Cu: 3,14 mg Kg⁻¹ e Mn: 87,01 mg Kg⁻¹). Em SM3, os teores de Fe nos tecidos foliares e sedimento estão acima dos valores reportados na literatura em manguezais do estuário do Rio Mucuri-Bahia (CUZZUOL e CAMPOS, 2001) e Baías de Paranagua e Guaratuba-Paraná (MADI et al., 2015). Os maiores teores de Mn foliar refletiram em impactos sobre a atividade fotossintética das plantas, visto a correlação significativa obtida entre Mn nos tecidos foliares e a taxa de assimilação de carbono das plantas ($r = -1$, $p < 0,05$). A forte correlação negativa também observada entre Mn foliar A/Ci ($r = -0,74$) e F_v/F_m ($-0,85$) corroboram estes resultados.

A ACP corrobora uma tendência já observada para os demais estuários monitorados neste estudo em relação à correlação negativa obtida entre os teores de pigmentos carotenóides e de Fe foliar ($r = -0,33$) e do sedimento ($r = -0,87$), cujos valores mais baixos ocorreram no ponto com maior deposição de metais (SM3). Os pigmentos carotenóides sequestram espécies reativas de oxigênio produzidas nas membranas tilacóides pelo FSII reduzindo, portanto, os danos celulares causados pelo fator de estresse (BARBOSA et al., 2014). Estes resultados evidenciam a ocorrência de estresse oxidativo em SM3 em resposta à deposição de metais no sedimento.

Evidencia de impactos – São Mateus

- Os teores de Fe nos tecidos foliares e sedimento estão acima dos valores reportados na literatura.
- Impactos do Mn foliar: redução na taxa de assimilação de carbono em SM1.
- Redução da concentração de pigmentos carotenóides é indicativo da ocorrência de estresse oxidativos em SM3.

3.9.9 Caravelas

A Tabela 73 exibe os dados de salinidade onde verifica-se a salinidade mínima no ponto 1 (7,65) na estação CR1BD no campo 5. Enquanto a salinidade máxima foi registrada no ponto 2 (47,14) em CR2BE no campo 2. Observou-se diferença estatística entre os pontos, com ponto 2 (CR2) tendo maior salinidade do que o ponto 3 (CR3) (Tabela 74). Durante o monitoramento houve redução da salinidade, com os Campos 1, 2 e 3 tendo os maiores valores (Tabela 74).

Tabela 73: Salinidade intersticial no manguezal do estuário do rio Caravelas, Caravelas, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019.

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
CR1FD	1	21,29	23,18	3	22,60	28,80	5	15,88	16,02
CR1BD	1	21,69	23,15	3	25,84	28,47	5	7,65	19,80
CR1FE	1	28,57	29,70	3	24,50	29,60	5	7,96	19,26
CR1BE	1	—	—	3	16,11	23,95	5	—	—
CR2FD	1	24,53	24,78	3	21,10	22,60	5	11,70	14,34
CR2BD	1	26,44	27,81	3	18,86	22,00	5	—	—
CR2FE	1	21,08	26,99	3	22,80	27,60	5	14,68	16,15
CR2BE	1	40,32	45,43	3	25,80	32,50	5	22,80	24,40
CR3FD	1	31,32	35,87	3	22,20	32,40	5	16,49	19,22
CR3BD	1	23,40	27,62	3	21,40	23,0	5	12,85	13,10
CR3FE	1	—	—	3	25,10	26,10	5	12,94	15,19
CR3BE	1	15,68	21,12	3	22,40	23,80	5	12,20	13,60
CR1FD	2	24,43	25,57	4	14,87	16,43	—	—	—
CR1BD	2	—	—	4	10,70	17,75	—	—	—
CR1FE	2	31,13	34,01	4	14,53	19,54	—	—	—
CR1BE	2	—	—	4	—	—	—	—	—
CR2FD	2	26,94	27,35	4	10,78	13,70	—	—	—
CR2BD	2	26,44	27,81	4	8,97	13,47	—	—	—
CR2FE	2	27,27	28,55	4	9,61	16,21	—	—	—
CR2BE	2	42,31	47,14	4	—	—	—	—	—
CR3FD	2	16,11	16,41	4	13,46	19,50	—	—	—
CR3BD	2	26,10	26,76	4	11,33	16,43	—	—	—
CR3FE	2	—	—	4	12,90	15,08	—	—	—

Estação	Campo	Salinidade		Campo	Salinidade		Campo	Salinidade	
		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
CR3BE	2	19,94	23,22	4	12,72	12,87	—	—	—

Tabela 74: Análise estatística da salinidade intersticial para manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Salinidade	Ponto	6,23	0,0442*	2 > 3
Salinidade	Campo	97,42	0,0000*	1, 2 e 3 > 4 e 5
Salinidade	Tipo	2897,00	0,9970	-
Salinidade	Margem	2586,00	0,2526	-

O monitoramento fotossintético da vegetação de mangue em Caravelas engloba *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle*, com a última espécie amostrada na maioria das estações (75%). A comparação entre os pontos para análise de fluorescência da clorofila *a* em *R. mangle* mostrou maior F_o em CR2 e F_m em CR2 e CR3. O ponto 3 ainda mostrou maior valor F_v/F_m . O Campo 1 caracterizou-se pelo maior valor de F_o e PI_{total} e menor F_m . F_v/F_m foi maior no Campo 4. O campo 2 e 3 apresentaram maiores valores de ABS/RC . Diferença entre os tipos fisiográficos foi observada apenas para PI_{total} com maior valor registrado para a franja. Comparação entre margens evidenciou maior F_o para a margem direita e menor F_v/F_m para a margem esquerda (Figura 230 e Tabela 75).

Na análise de trocas gasosas, diferença entre os pontos foi observada apenas para a assimilação (A), cujos valores foram maiores em CR1 quando comparado a CR3 (Figura 231 e Tabela 76). Para o Campo 1 registrou-se os maiores valores de A , E , A/gs e A/E e menor C_i . Comparação entre os tipos fisiográficos mostrou maiores valores de E e A/gs para a bacia e A/E para a franja. Não foram observadas diferenças entre as margens.

O comprimento e largura da folha foi maior em CR3. Contudo, maior relação C/L foi registrada em CR1 (Figura 232 e Tabela 77). Não foram observadas diferenças entre os campos para biometria foliar. Maiores valores de C , L e C/L foram descritos para a franja. Além disso, a margem esquerda apresentou maior C/L .

Figura 230: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

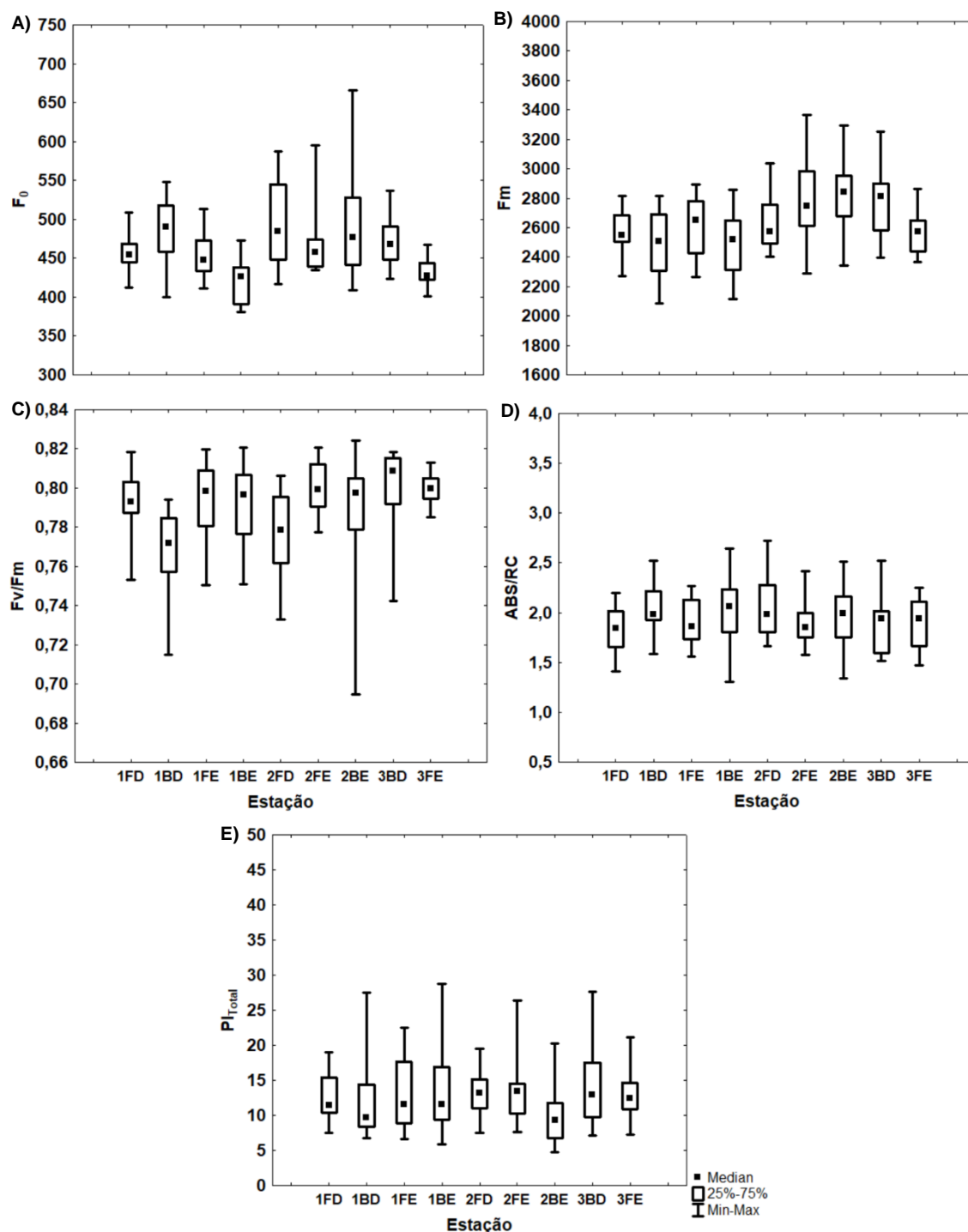


Tabela 75: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila a para manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
F_0	Ponto	12,16	0,0023*	2 > 1,3
F_0	Campo	29,22	0,0000*	1 > 3 e 4; 2 > 4
F_0	Tipo	3457,50	0,2776	-
F_0	Margem	2496,50	0,0000*	D > E
F_m	Ponto	25,67	0,0000*	1 < 2 e 3
F_m	Campo	8,22	0,0415*	2 > 1
F_m	Tipo	3611,50	0,5307	-
F_m	Margem	3442,00	0,2466	D > E
F_v/F_m	Ponto	12,02	0,0025*	3 > 1 e 3; 1 = 2
F_v/F_m	Campo	35,11	0,0000*	4 > 1,2 e 3
F_v/F_m	Tipo	3526,50	0,3788	-
F_v/F_m	Margem	2698,00	0,0007*	E > D
ABS/RC	Ponto	1,36	0,5066	-
ABS/RC	Campo	79,38	0,0000*	2 > 1 e 4; 3 > 1 e 4
ABS/RC	Tipo	3321,00	0,1356	-
ABS/RC	Margem	3766,00	0,8455	-
PI_{total}	Ponto	2,34	0,3100	-
PI_{total}	Campo	45,80	0,0000*	1 > 2 e 3; 4 > 3
PI_{total}	Tipo	3104,00	0,0324	F > B
PI_{total}	Margem	3458,00	0,266500	-

Figura 231: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. A – assimilação de CO_2 , gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO_2 , E – transpiração, A/gs eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

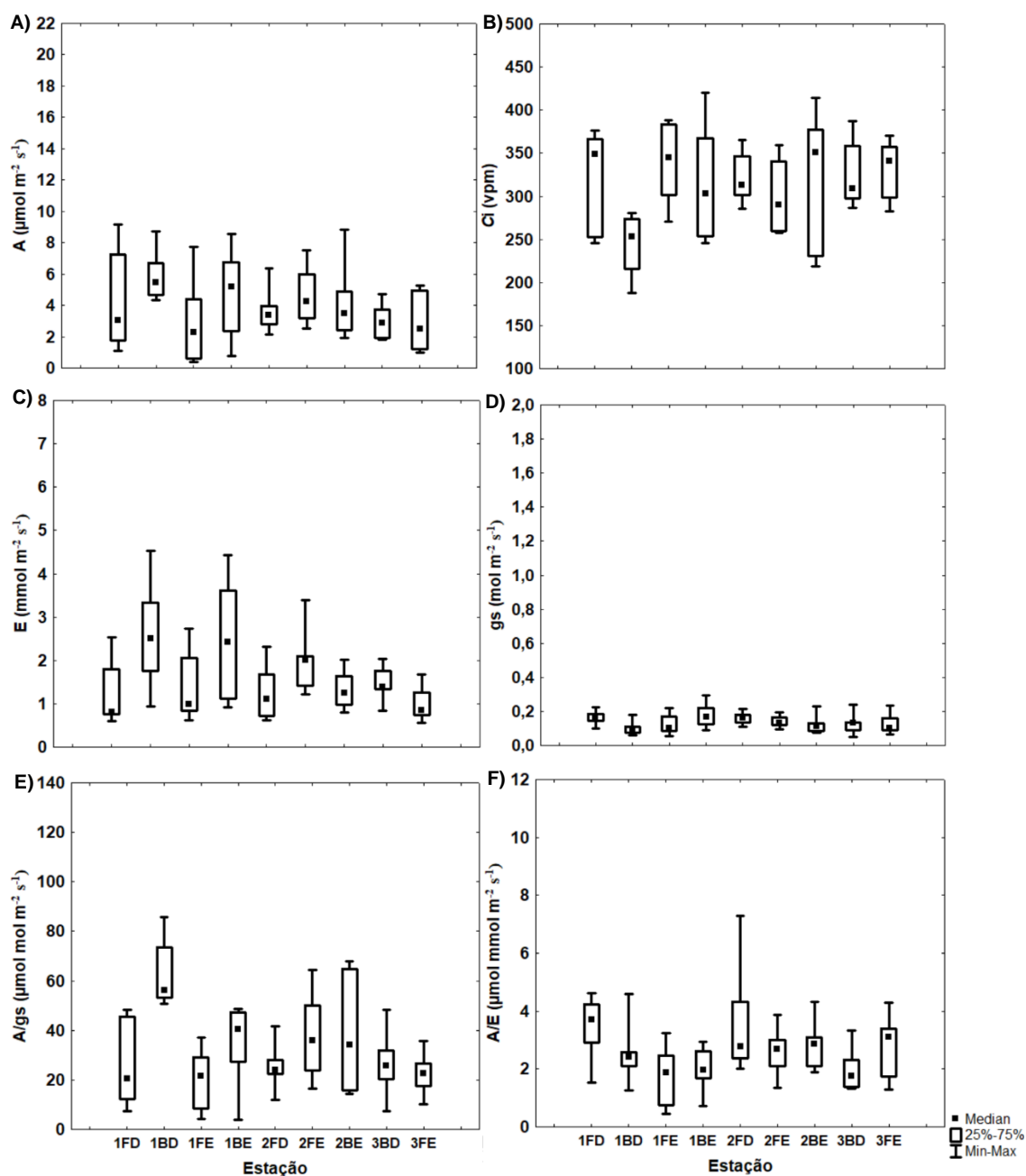


Tabela 76: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	16,64	0,0360*	1 > 3
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	28,49	0,0000*	1 > 4
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	700,00	0,1494	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	797,00	0,5565	-
Ci (vpm)	Ponto	3,25	0,1966	-
Ci (vpm)	Campo	46,24	0,0000	-
Ci (vpm)	Tipo	669,50	0,0854	-
Ci (vpm)	Margem	712,00	0,1828	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	3,69	0,1578	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	33,95	0,0000*	1 > 4
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	543,00	0,0040*	B > F
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	837,00	0,8480	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	1,73	0,4201	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	0,56	0,4535	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	660,50	0,0715	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	833,50	0,8231	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	3,67	0,1590	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	20,63	0,0000*	1 > 4
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	526,00	0,0024*	B > F
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	741,00	0,2857	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	5,84	0,0539	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	0,04	0,8478	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	643,00	0,0497*	F > B
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	721,00	0,2112	-

Figura 232: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes aos pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

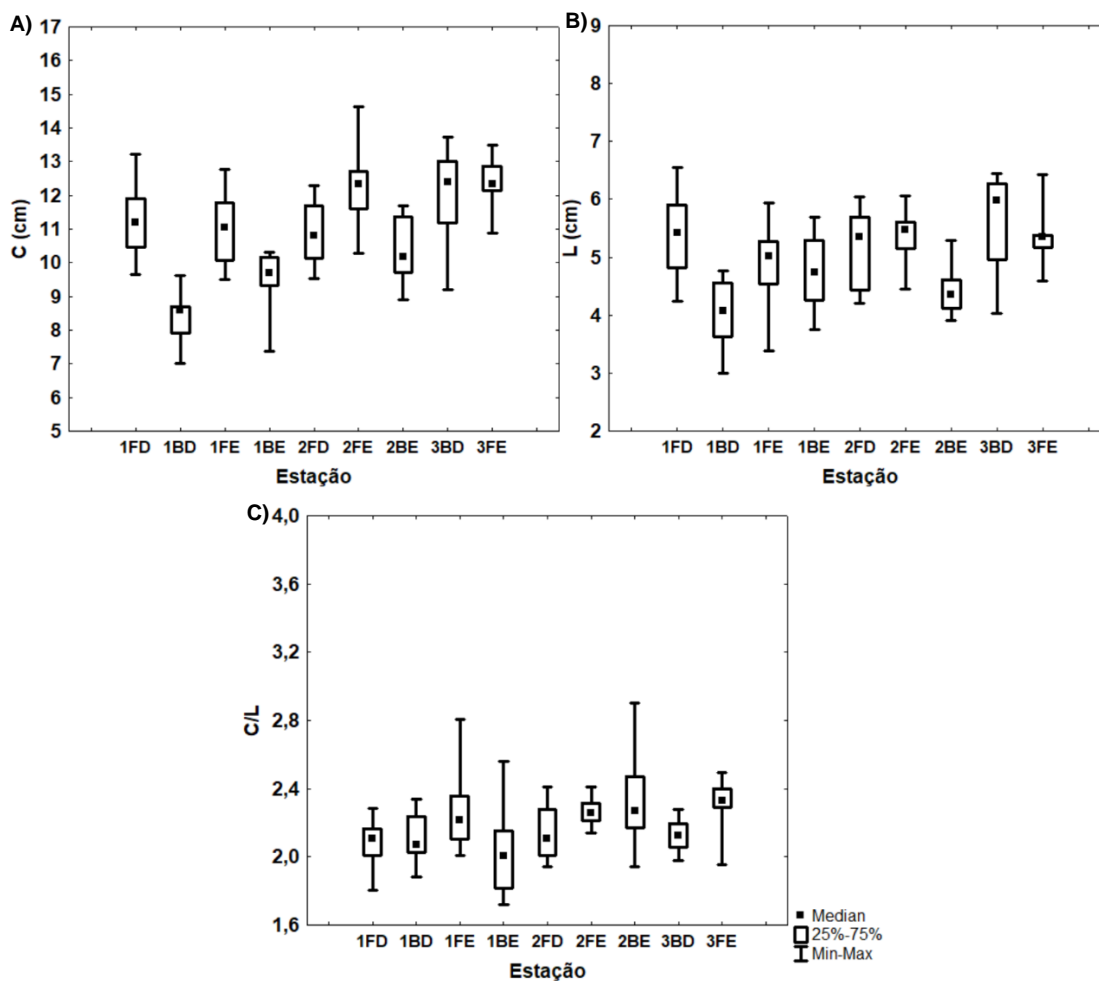


Tabela 77: Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas no manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	37,89	0,0000*	3 > 2 > 1
Comprimento (cm)	Campo	0,2397	0,887	-
Comprimento (cm)	Tipo	1011,00	0,0000*	F > B
Comprimento (cm)	Margem	1788,00	0,0532	-
Largura (cm)	Ponto	16,17	0,0003*	3 > 2 e 1
Largura (cm)	Campo	0,3180	0,8530	-
Largura (cm)	Tipo	1252,00	0,0000*	F > B
Largura (cm)	Margem	2100,50	0,592800	-
Relação Comprimento / Largura	Ponto	12,59	0,0018*	1 < 2 e 3

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Relação Comprimento / Largura	Campo	2,77	0,2492	-
Relação Comprimento / Largura	Tipo	1754,00	0,0398*	F > B
Relação Comprimento / Largura	Margem	1267,00	0,0000*	D > E

O comportamento fotossintético de *L. racemosa* no manguezal de Caravelas é apresentado na Figura 233 a Figura 235 e Tabela 78 a Tabela 80. Comparação entre os pontos para a análise de fluorescência da clorofila *a* registrou diferença apenas em Fm, cujos maiores valores foram obtidos em CR2. Fo e Fv/Fm foi maior para o Campo 1 e 2, quando comparados aos campos 3 e 4, respectivamente. Maiores valores de ABS/RC foram registrados no Campo 2 e 3. O maior índice de desempenho foi exibido no Campo 1. Comparação entre margens exibiu maior Fm na margem direita (Figura 233 e Tabela 78).

Os dados de trocas gasosas não diferiram na comparação entre CR2 e CR3. A comparação entre campos exibiu maiores valores de gs e A/gs no Campo 4 comparado ao Campo 1. Não foi observada diferença estatística entre margem direita e esquerda (Figura 234 e Tabela 79).

Nas análises de biometria foliar só foi observada diferença estatísticas entre os pontos. Assim, maior valor na relação C/L foi registrado em CR2 (Figura 235 e Tabela 80). Desta forma, não foram observadas diferenças entre os campos e margens nas plantas de *L. racemosa* analisadas.

Figura 233: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético.

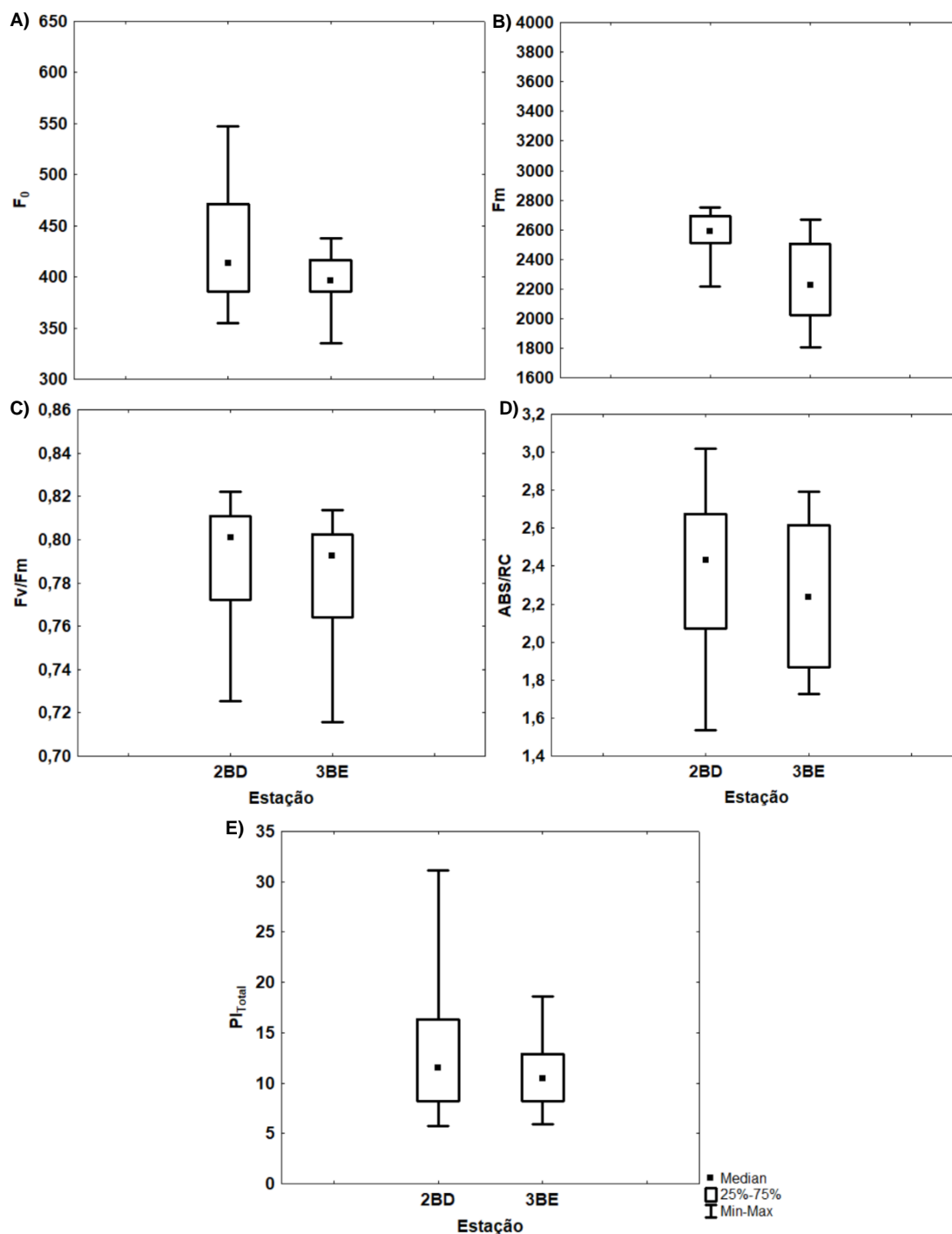


Tabela 78: Análise estatística dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* para manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
F_0	Ponto	2,09	0,1478	-
F_0	Campo	13,09	0,0044	3 < 1 e 2; 4 = 1,2 e 3
F_0	Tipo	-	-	-
F_0	Margem	146,50	0,1478	-
F_m	Ponto	13,73	0,0002*	2 > 3
F_m	Campo	8,99	0,0294	-
F_m	Tipo	-	-	-
F_m	Margem	63,00	0,0002	D > E
F_v/F_m	Ponto	1,61	0,2036	-
F_v/F_m	Campo	19,73	0,0002*	4 > 1 e 2; 3 = 1,2 e 4
F_v/F_m	Tipo	-	-	-
F_v/F_m	Margem	153,00	0,2036	-
ABS/RC	Ponto	0,5334	0,4652	-
ABS/RC	Campo	30,18	0,0000	2 > 1 e 4; 3 > 1; 1 = 4
ABS/RC	Tipo	-	-	-
ABS/RC	Margem	173,00	0,4651	-
PI_{total}	Ponto	0,66	0,4652	-
PI_{total}	Campo	22,90	0,0000*	1 > 2 e 3; 2 = 3; 4 = 1,2 e 3
PI_{total}	Tipo	-	-	-
PI_{total}	Margem	170,00	0,417000	-

Figura 234: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}).

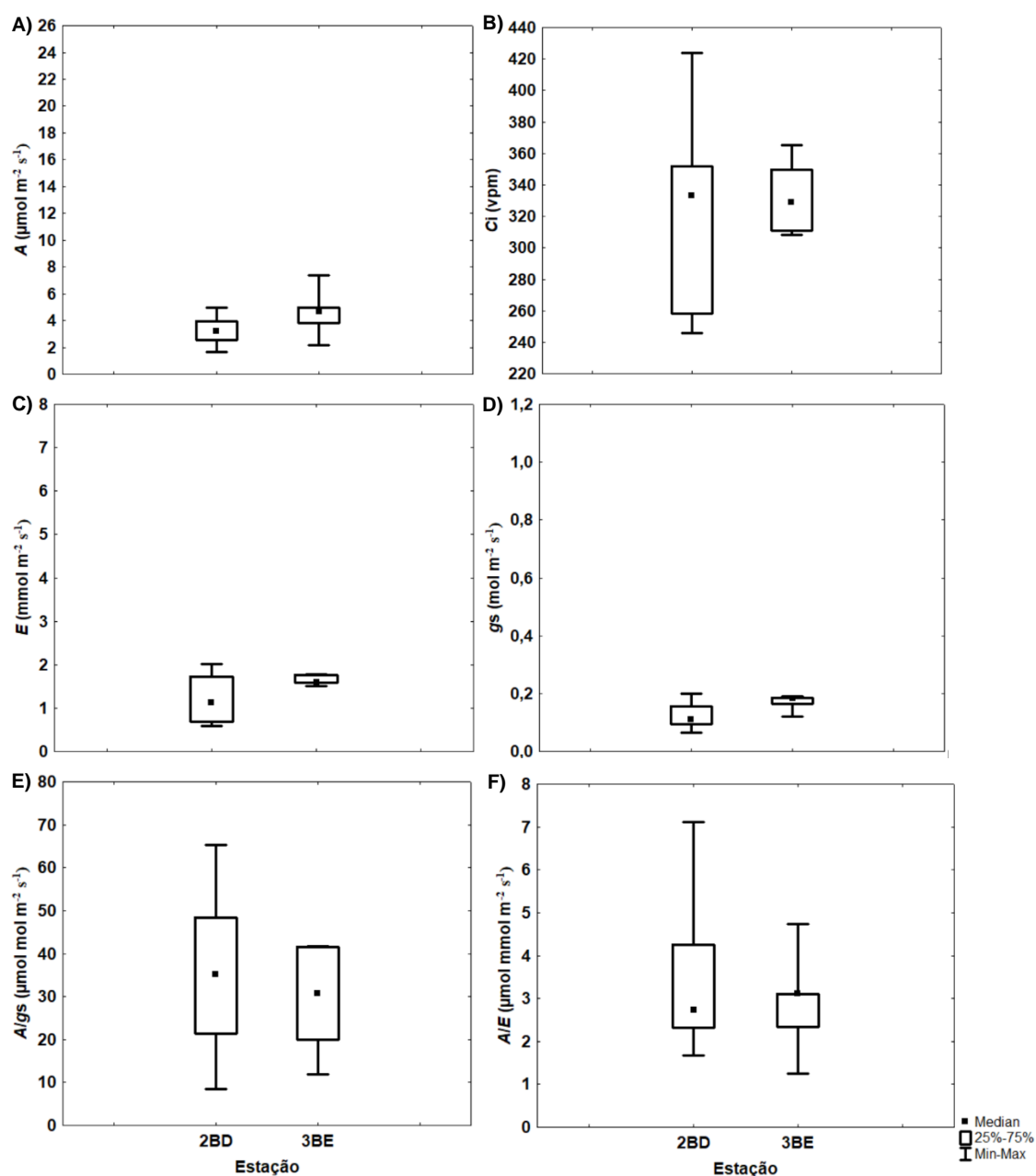


Tabela 79: Análise estatística dos parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) para o manguezal do rio Caravelas, Caravelas coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	2,16	0,1416	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	0,375	0,5403	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	13,00	0,1416	-
Ci (vpm)	Ponto	0,135	0,7133	-
Ci (vpm)	Campo	3,37	0,0662	-
Ci (vpm)	Tipo	-	-	-
Ci (vpm)	Margem	22,00	0,7133	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	2,16	0,1416	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	2,53	0,1113	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
E - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	13,00	0,1416	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	9,00	0,0500	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	8,64	0,0033*	4 > 1
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
gs - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	1221,00	0,8522	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	0,735	0,3913	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	5,41	0,0200*	4 > 1
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
A/gs - $\mu\text{mol mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	18,00	0,3912	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Ponto	0,015	0,9025	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Campo	2,16	0,1416	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Tipo	-	-	-
A/E - $\mu\text{mol mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Margem	24,00	0,1224	-

Figura 235. Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas.

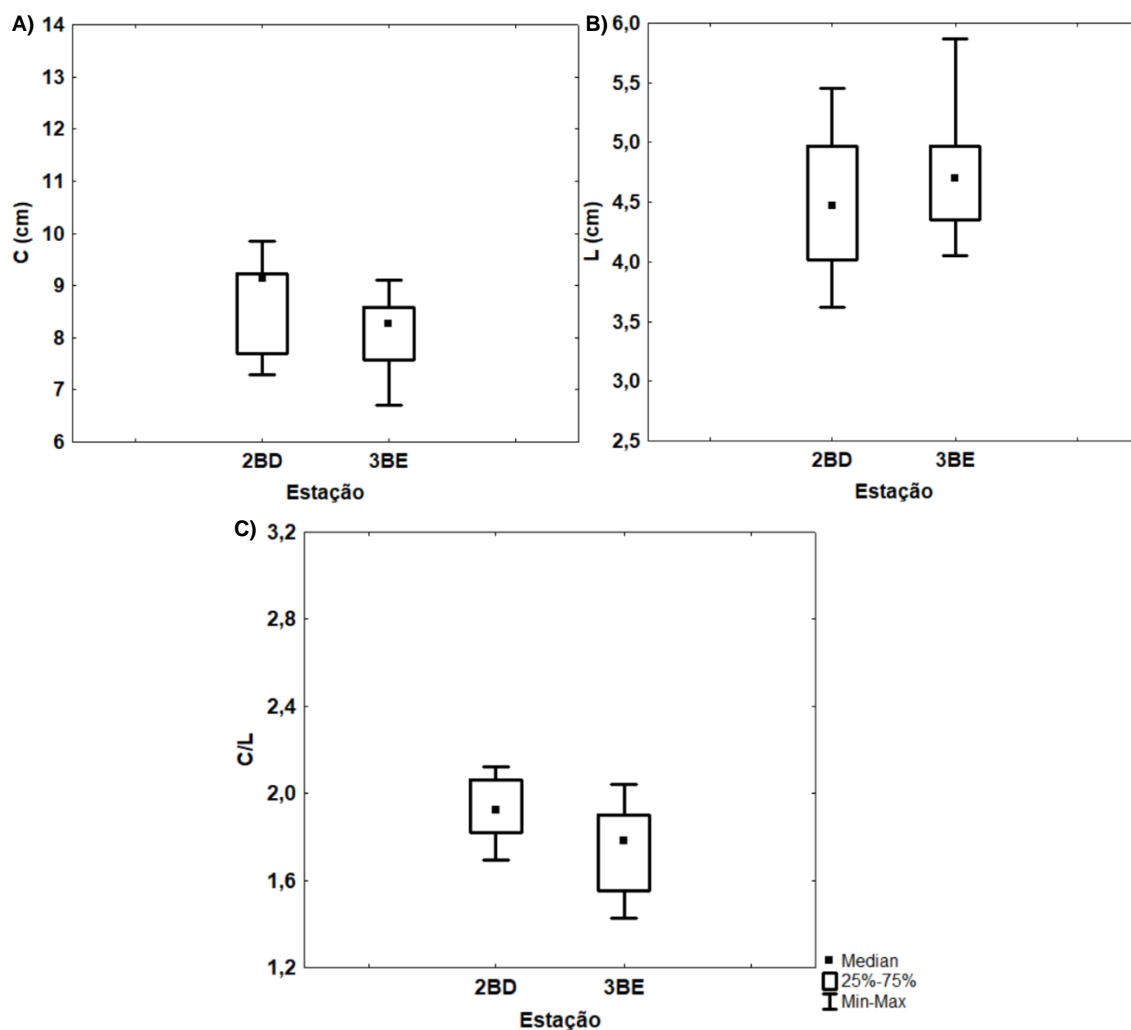


Tabela 80. Análise estatística do Comprimento (C), Largura (L) e relação C/L de folhas no manguezal do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Laguncularia racemosa* no período de outubro/2018 a setembro/2019 entre os pontos, campos, tipos e margens. F: franja, B: bacia, D: direita, E: esquerda.

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Comprimento (cm)	Ponto	3,10	0,0779	-
Comprimento (cm)	Campo	4,88	0,0868	-
Comprimento (cm)	Tipo	-	-	-
Comprimento (cm)	Margem	70,00	0,0779	-
Largura (cm)	Ponto	1,11	0,2900	-
Largura (cm)	Campo	0,9401	0,6249	-
Largura (cm)	Tipo	-	-	-
Largura (cm)	Margem	87,00	0,290100	-

Variável	Fonte de Variação	Valor do teste	P	Teste de comparação múltipla
Relação Comprimento / Largura	Ponto	7,60	0,0058	2 > 3
Relação Comprimento / Largura	Campo	3,39	0,1828	-
Relação Comprimento / Largura	Tipo	-	-	-
Relação Comprimento / Largura	Margem	46,00	0,0058	D > E

Em Caravelas, *A. schaueriana* foi monitorada em apenas uma das estações. Assim, optou-se em apresentar a variação dos dados entre campos. Observou-se aumento em F_m e F_v/F_m com o avanço do monitoramento. ABS/RC até o Campo 3 exibiu este padrão, reduzindo o parâmetro no Campo 4. PI_{total} variou entre os campos, com o Campo 2 exibindo o menor valor (Figura 236).

O campo 4 exibiu maiores valores para eficiência fotossintética, com A, E e A/gs sendo estatisticamente diferente do Campo 1. Ci exibiu padrão contrário às variáveis citadas (Figura 237).

Houve tendência ao aumento do comprimento e da relação comprimento e largura com o monitoramento, mas não houve diferença estatística (Figura 238).

Figura 236: Parâmetros de fluorescência da clorofila *a* com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. F_0 – fluorescência inicial, F_m – fluorescência máxima, F_v/F_m – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), ABS/RC – fluxo específico de energia para absorção obtida por centro de reação ativo e PI_{Total} – índice de performance ou índice de desempenho fotossintético. Letras indicam diferença entre os campos ($p < 0,05$).

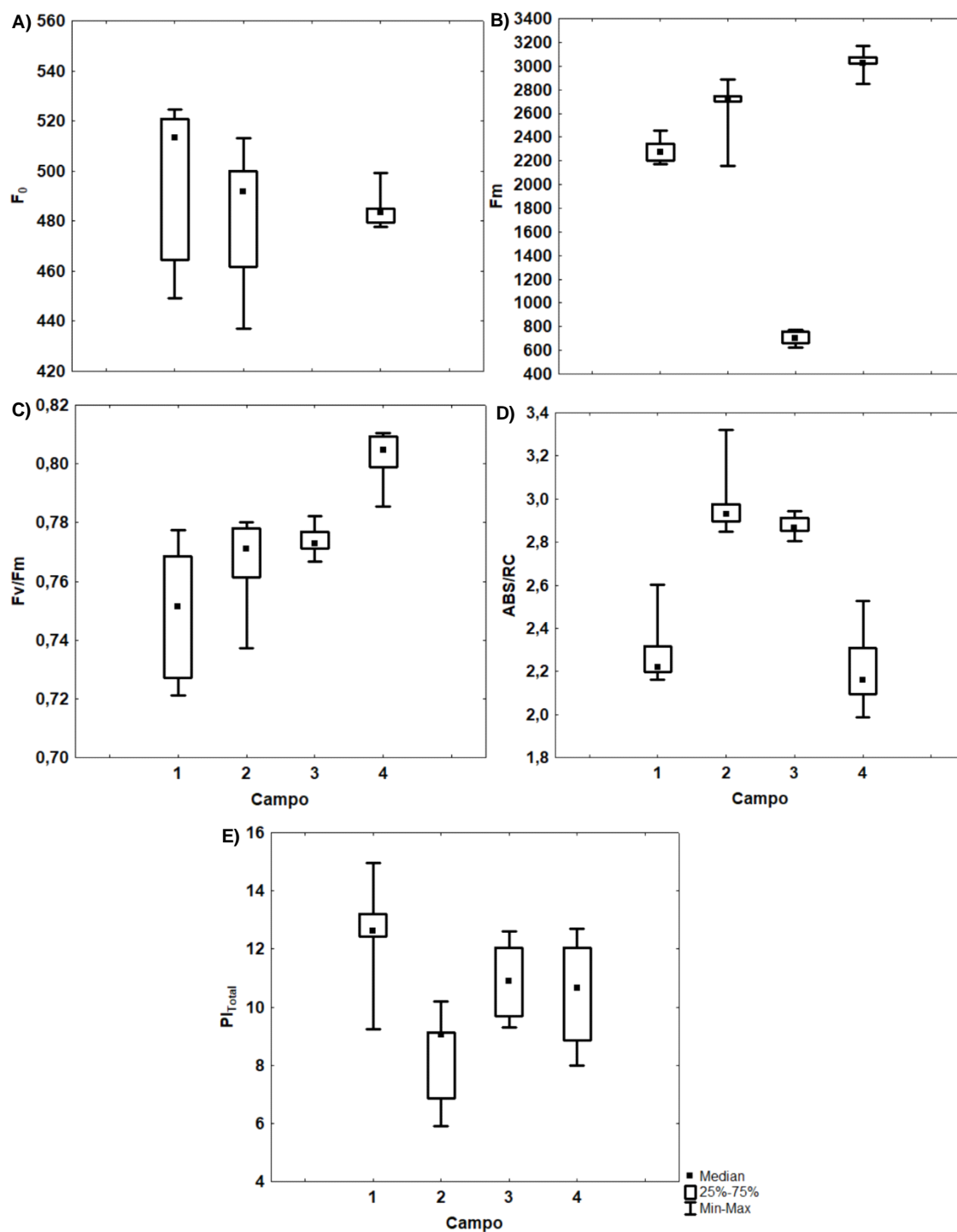


Figura 237: Parâmetros fotossintéticos (assimilação de carbono e trocas gasosas) com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. A – assimilação de CO₂, gs – condutância estomática, Ci – concentração intercelular de CO₂, E – transpiração, A/gs – eficiência intrínseca no uso da água (EUA_{int}) e A/E – eficiência instantânea no uso da água (EUA_{ins}). Letras indicam diferença entre os campos ($p < 0,05$).

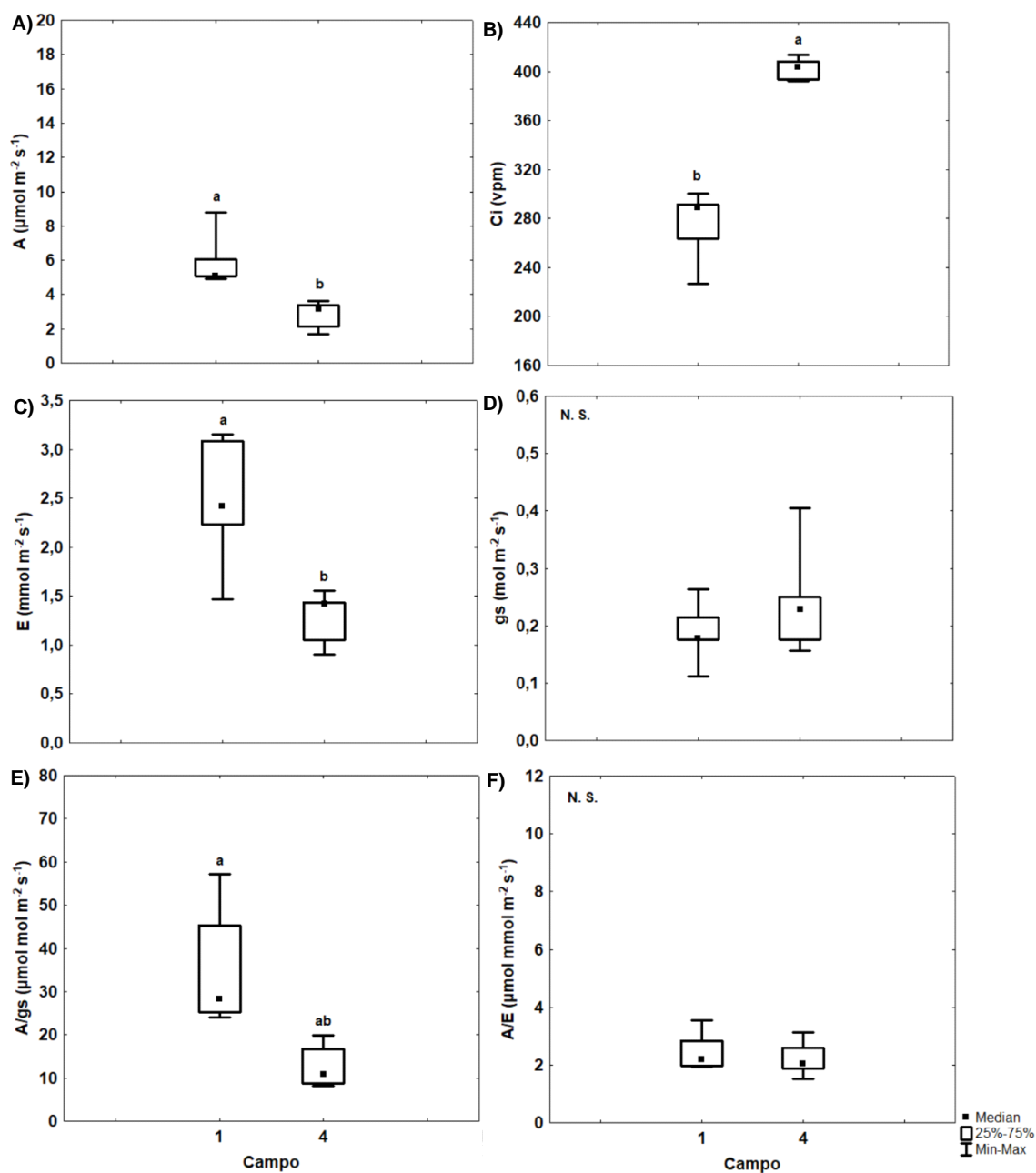
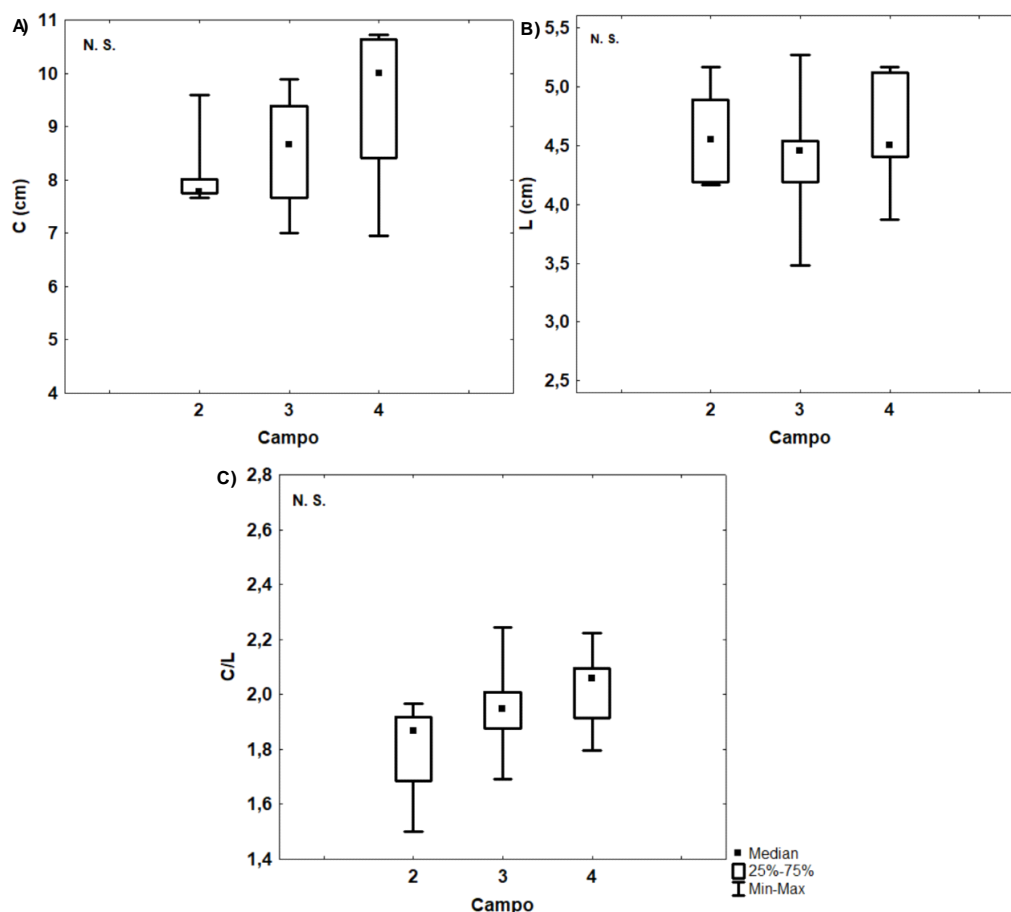


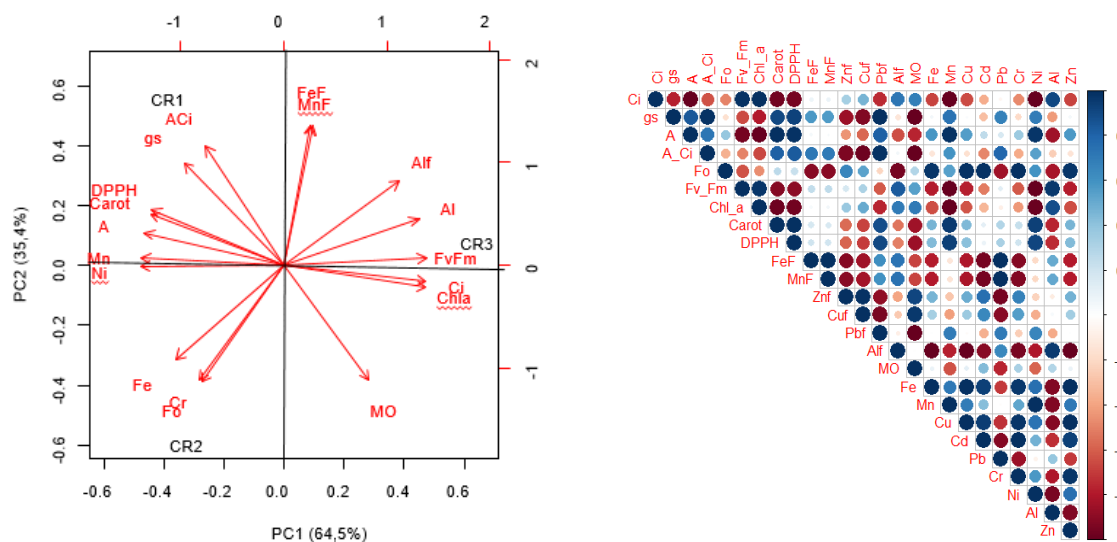
Figura 238: Parâmetros de biometria foliar com as Medianas (quadrado interno), quartis superior e inferior (caixas) e Min: mínimo e Max: máximo (barras) coletados em *Avicennia schaueriana* no período de outubro/2018 a setembro/2019 referentes ao pontos de amostragem (1 a 3), tipos fisiográficos (F: franja, B: bacia) e margem (D: direita, E: esquerda) no manguezal do rio Caravelas, Caravelas. C – Comprimento, L – largura e C/L – relação comprimento e largura das folhas. Letras indicam diferença entre os campos.



A Figura 239 apresenta análise de correlação de Pearson para o manguezal de Caravelas (CR). Registrou-se correlação significativa positiva entre Ci e clorofila *a* ($r = 0,99$, $p < 0,05$), entre gs e chumbo foliar ($r = 0,99$, $p < 0,05$), entre Fo e Cr no sedimento ($r = 0,99$, $p < 0,05$), entre carotenoides e DPPH ($r = 0,99$, $p < 0,05$). Correlações negativas significantes também foram obtidas entre Ci e manganês no sedimento ($r = -0,99$, $p < 0,05$), assimilação de carbono e clorofila *a* ($r = -0,99$, $p < 0,05$), entre A/Ci e matéria orgânica ($r = -0,99$, $p < 0,05$) e entre Fv/Fm e níquel no sedimento ($r = -0,99$, $p < 0,05$). A ACP (Análise de Componentes Principais) reforça a separação dos três pontos avaliados no estuário e destaca maior eficiência em carboxilação da rubisco (A/Ci), juntamente com maior condutância estomática, associada ao ponto 1 (CR1) e, oposto, ao teor de matéria orgânica no sedimento. Ferro e cromo no sedimento foram relacionados à Fo no ponto 2 (CR2). O ponto 3 (CR3) foi correlacionado ao eixo x positivo da ACP, os parâmetros com mesma tendência foram Fv/Fm, Ci, clorofila *a* e alumínio foliar e no sedimento, as variáveis correlacionadas de forma negativa foram assimilação de carbono, atividade antirradicalar, carotenoides, manganês e níquel no sedimento.

Figura 239: Análise de componentes principais (ACP) baseada na correlação entre parâmetros fisiológicos e físico-químicos do sedimento e correlação entre os parâmetros avaliados. Legenda: CR1/CR2/CR3 - Pontos de coleta de dados localizados ao longo do estuário do rio Caravelas, Caravelas, coletados em *Rhizophora mangle* no período de outubro/2018 a setembro/2019.

F₀ – fluorescência inicial, Fv/Fm – produção quântica máxima do fotossistema II (FSII), A - assimilação de CO₂, gs - condutância estomática, Ci - concentração intercelular de CO₂, Mn/Fef/Cuf/Znf/Pbf/Alf – manganês, ferro, cobre, zinco, chumbo e alumínio foliar, Mn/Fe/Cu/Cd/Pb/Cr/Ni/Al/Zn – manganês, ferro, cobre, cádmio, chumbo, cromo, níquel, alumínio e zinco do sedimento, MO – matéria orgânica, Chla – clorofila a, Carot – carotenoides, DPPH - 2,2-difenil-1- picrilhidrazila (atividade antirradicalar).



A assimilação de CO₂ mostrou relação inversa com o teor de matéria orgânica e foi associada ao maior teor de Mn no sedimento e com as maiores concentrações de pigmentos carotenoides e DPPH. Segundo Barbosa et al. (2014), os pigmentos carotenóides sequestram espécies reativas de oxigênio produzidas nas membranas tilacóides pelo FSII reduzindo, portanto, os danos celulares causados pela luz. Embora o ponto 3 de Caravelas (CR3) apresente maior eficiência fotoquímica (Fv/Fm) e concentração de clorofila a, os resultados indicam estresse oxidativo no ponto em questão, levando ao acúmulo de carbono interno e, conseqüentemente, redução na assimilação de carbono. O alumínio, associado ao ponto tanto na folha quanto no sedimento, pode atuar sobre as respostas da vegetação, uma vez que é considerado um micronutriente, mas em doses elevadas torna-se tóxico (Ayeni et al., 2012).

Evidencia de impactos – Caravelas

- Aumento da taxa de assimilação de carbono em CR1.
- Redução da concentração de pigmentos carotenóides é indicativo da ocorrência de estresse oxidativos em CR3.

Impactos do Fe no sedimento: aumento na produção da fluorescência inicial (CR2).

3.10 CULTIVO EX SITU DE PLÂNTULAS DE *R. MANGLE*

Os propágulos de *R. mangle* provenientes do manguezal da foz do rio Itaúnas (N = 497) apresentaram comprimento médio de $25,10 \pm 4,66$ cm e peso médio de $16,41 \pm 6,49$ g. O peso médio seco dos propágulos (N = 217) foi $5,8 \pm 3$ g. Após 7 dias de cultivo registrou-se a emissão das raízes para todos os tratamentos. O epicótilo começou a se desenvolver aos 27 dias (Figura 240) e apresentou crescimento logístico. As plântulas que apresentaram o maior (13,6 cm) e menor (9,24 cm) crescimento do epicótilo após 180 dias de cultivo foram, respectivamente, as dos tratamentos 270 e 335 $\mu\text{mol/L}$ de Fe (Tabela 81).

Figura 240: Comprimento do epicótilo (cm) das plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe.

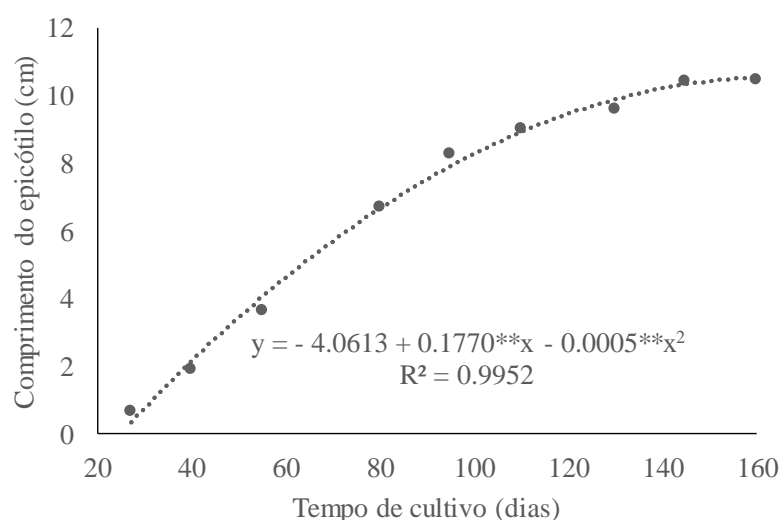


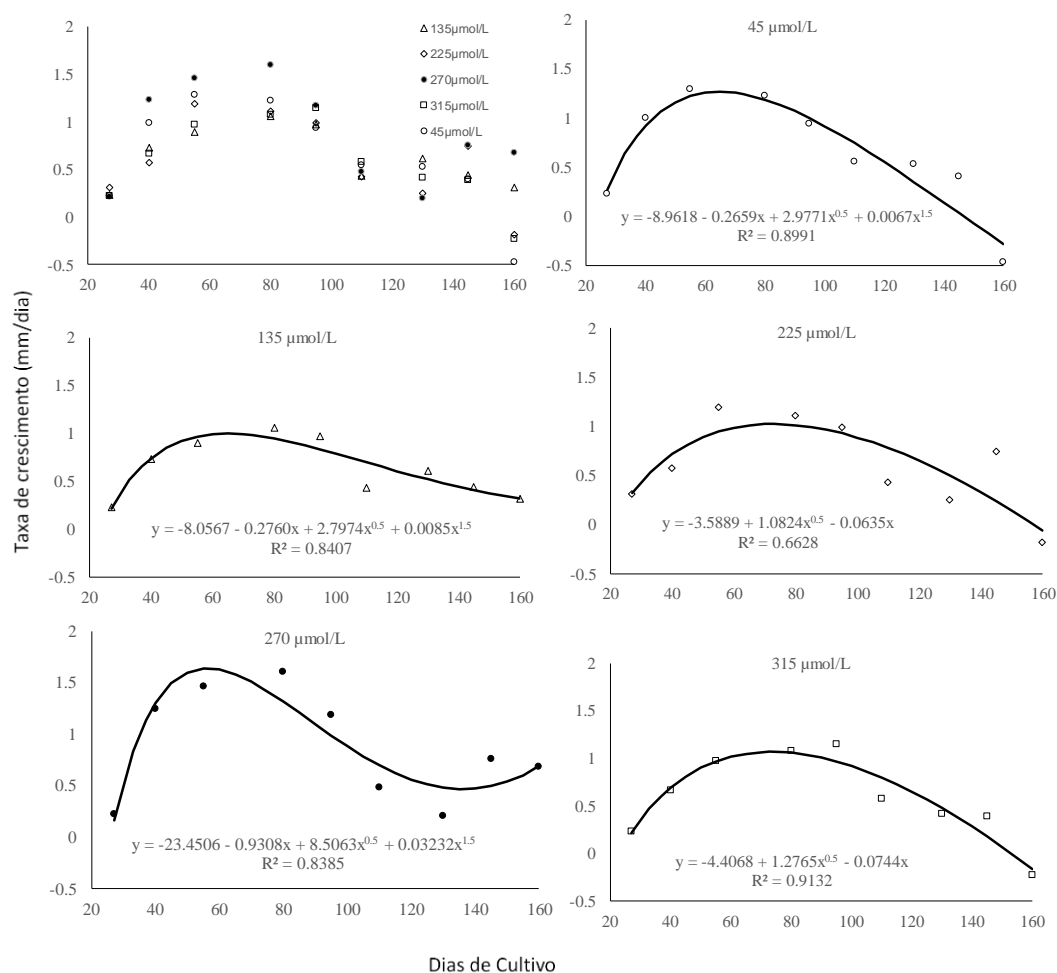
Tabela 81: Médias do comprimento de epicótilo das plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de ferro.

[Fe], em $\mu\text{mol/L}$	Tempo de cultivo, em dias				
	95	110	130	145	160
135	7,18a	7,84a	8,76	9,43a	9,90 ^a
225	7,76a	8,39a	8,78	9,90a	9,62 ^a
270	10,42	11,14	11,44	12,58	13,60
315	7,50a	8,37a	8,99a	9,58a	9,24 ^a
45 (Controle)	8,52a	9,34a	10,14a	10,74a	10,03 ^a

Médias, em cada [Fe] seguidas da letra a são iguais estatisticamente ao controle pelo teste de Dunnett a 5% de erro.

Avaliando todos os tratamentos, a taxa de crescimento máxima ocorreu aos 77 dias, após adição do ferro, ou seja, aos 80 dias houve diminuição na taxa de crescimento sendo observada em todos os tratamentos (Figura 241). A menor taxa de crescimento (-0,57) e a maior (0,68) foram observadas nos tratamentos com 45 $\mu\text{mol/L}$ e 270 $\mu\text{mol/L}$ de Fe (Tabela 82), respectivamente

Figura 241: Taxa de crescimento médio das plântulas de *R. mangle* cultivadas nos diferentes tratamentos com doses de 45 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe (controle), 135 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, 225 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, 270 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe e 315 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe.



As curvas de crescimentos descritas para cada um dos tratamentos descrevem padrões similares em relação aos primeiros 60 dias. Com o aumento na concentração de Fe nos tratamentos, são observadas mudanças no incremento em altura respondendo a influência do metal no interior da planta.

Tabela 82: Taxa de crescimento médio das plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de 45 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe (controle), 135 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, 225 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, 270 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe e 315 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe.

[Fe], em $\mu\text{mol/L}$	Tempo de cultivo, em dias				
	95	110	130	145	160
135	0,97a	0,44a	0,61a	0,44a	0,32
225	0,99a	0,43a	0,26	0,75	-0,18 ^a
270	1,18	0,25	0,20	0,76	0,68
315	1,15	0,58a	0,42a	0,39a	-0,23 ^a
45 (Controle)	0,94a	0,55a	0,53a	0,40a	-0,57 ^a

Médias, em cada [Fe] seguidas da letra a são iguais estatisticamente ao controle pelo teste de Dunnett a 5% de erro.

Após 27 dias do início do cultivo, o primórdio foliar estava completamente expandido em 80% dos indivíduos, com produção média foliar de 1,78 folhas por plântula. Aos 55 dias, 100% dos propágulos já estavam com o primeiro par foliar completamente expandido. Os tratamentos que apresentaram menor (8,6) e maior (10,5) produção de folhas aos 160 dias de cultivo foram, respectivamente, 45 $\mu\text{mol/L}$ e 270 $\mu\text{mol/L}$ de Fe (Figura 242^a e Tabela 83). A produção média foliar após 110 dias foi de 9,1 folhas por plântula (Figura 242B). Destaca-se na Figura 242A que durante os primeiros 60 dias, o aumento de folhas foi similar para todas as réplicas. Após a introdução da solução com as alterações nas concentrações de Fe, como proposto na fórmula original, no experimento o número de folhas aumenta até este nível.

Figura 242: (A) Produção foliar por tratamento ao longo do cultivo (B) Produção foliar média, das plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe.

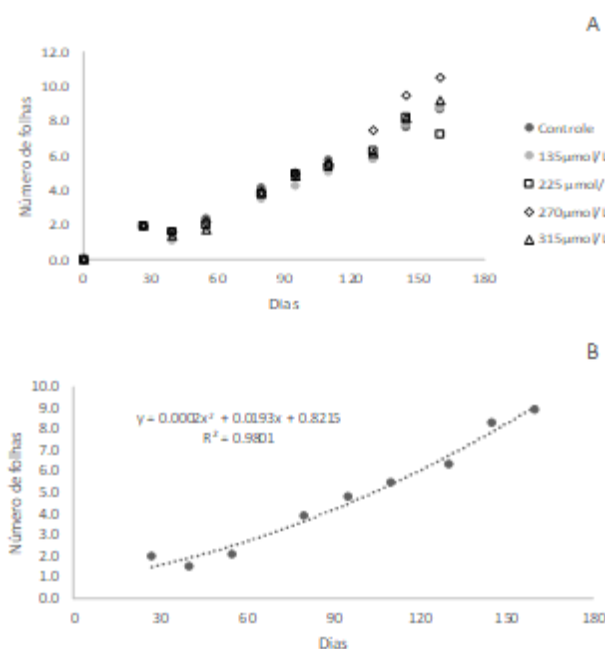


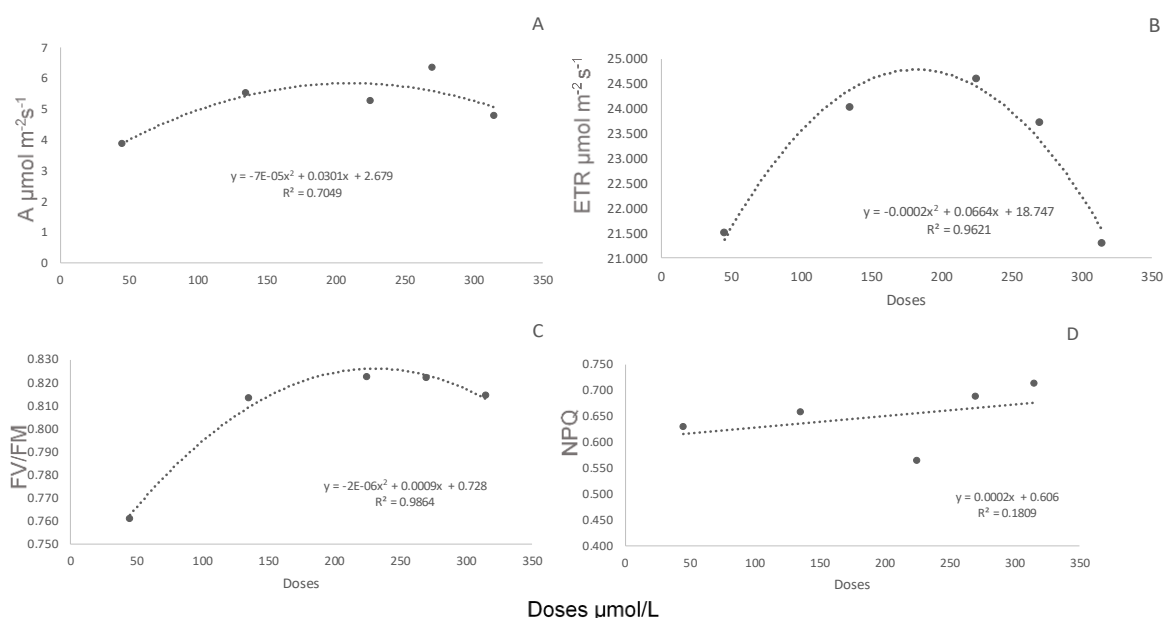
Tabela 83: Número de folhas emitidas pelas plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Ferro.

[Fe], em $\mu\text{mol/L}$	Tempo de cultivo, em dias				
	95	110	130	145	160
135	4,30a	5,09a	5,82a	7,82a	8,82a
225	5,10a	4,83a	6,25a	8,25a	9,25a
270	5,03a	5,03a	7,50	9,50	10,50
315	4,74a	5,53a	6,18a	8,18a	9,18a
45 (Controle)	5,01a	5,80a	5,68a	7,68a	8,68a

Médias, em cada [Fe] seguidas da letra a são iguais estatisticamente ao controle pelo teste de Dunnnett a 5% de erro.

Em relação aos parâmetros fisiológicos, de um modo geral, houve uma tendência na diminuição da eficiência fotossintética das plântulas cultivadas com 315 µmol/L de Fe (Figura 243A a D). A menor (4,7) e a maior (6,3) taxa de Assimilação(A) foram obtidas nos indivíduos cultivados com 315 µmol/L e 270 µmol/L Fe, respectivamente (Figura 243A), quanto maior a dose de ferro menor a taxa de transporte de elétrons (ETR) (Figura 8B) e FV/FM (Figura 243C), e consequentemente, maior a transferência de energia não fotoquímica “quenching” (NPQ) (Figura 243D).

Figura 243: Parâmetros fisiológicos avaliados nas plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe. (A) Assimilação; (B) taxa de transporte de elétrons; (C) FV/FM e (D) quenching não fotoquímico.



A caracterização anatômica das plântulas de *R. mangle* foi realizada após o período de 30 dias de cultivo nas diferentes doses de Fe. Após esse período as características anatômicas analisadas foram semelhantes entre si (Figura 244 e Figura 245). Tais semelhanças podem ter sido em função do tempo de exposição. Isso faz sentido quando se compara com as diferenças obtidas nos parâmetros fisiológicos já apresentados. Normalmente, as alterações iniciais começam pela fisiologia, que acarretam em alterações na morfoanatomia das plantas em um segundo momento. Algumas características mostraram uma tendência clara em função dos tratamentos (Tabela 84 e Tabela 85). Considerando que o experimento de cultivo *ex situ* ainda estará sendo monitorado, espera-se com o tempo que essas diferenças se tornem mais claras e estatisticamente significantes.

Figura 244: Secções foliares de plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe (controle (45 $\mu\text{mol/L}$), 135 $\mu\text{mol/L}$, 225 $\mu\text{mol/L}$, 270 $\mu\text{mol/L}$ e 315 $\mu\text{mol/L}$). (A - E): Secções paradérmicas evidenciando os estômatos; (F - J): Secções transversais indicando a organização do sistema vascular; (K - O): Secções transversais destacando a vista geral do limbo foliar; ES = estômato, FL = floema, XL = xilema, HI = hipoderme, PP = parênquima paliçádico; e PL = - parênquima lacunoso. Barra= 100 μm .

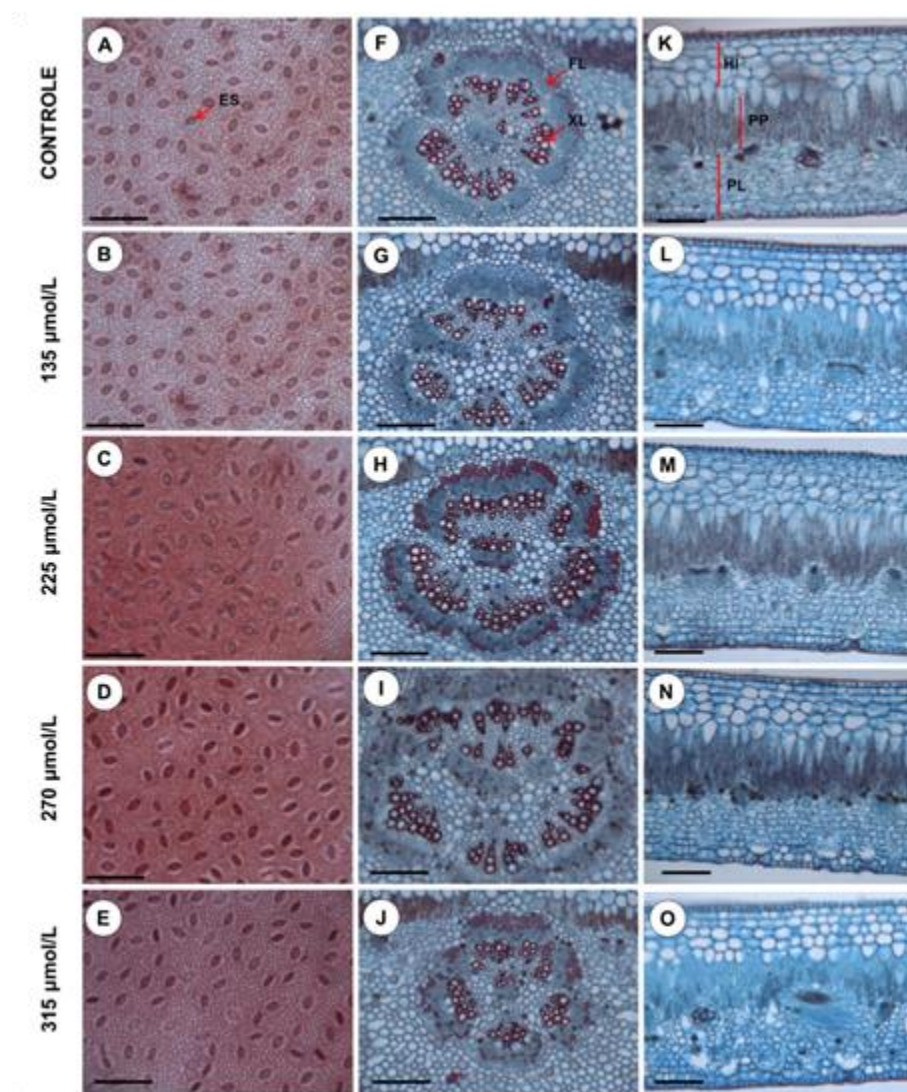
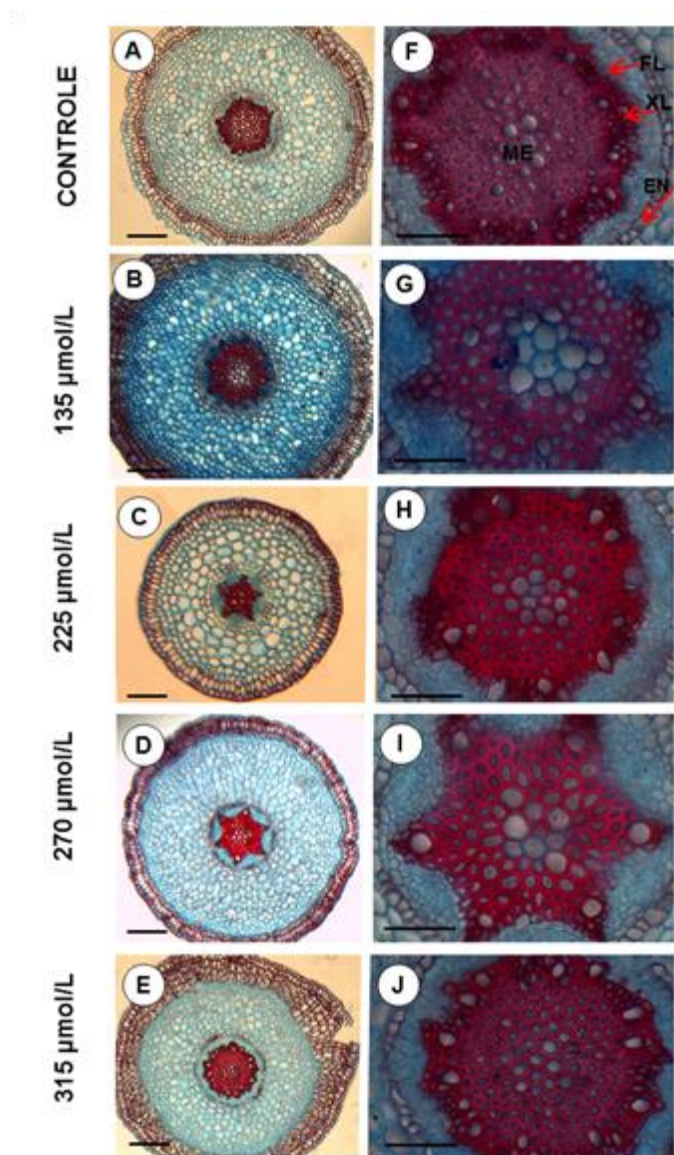


Figura 245: Secções transversais de raízes de plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe. (A-B) Vista geral das raízes; (C-D) Detalhe do sistema vascular. EN-endoderme, FL-floema, XL-xilema, ME-medula. Barra= 100 μ m (A-E) e barra= 50 μ m (F-J)



A Tabela 84 e Tabela 85 descrevem os tratamentos estatístico realizados para os cortes anatômicos e não houve diferença significativa entre eles a 95%. Entretanto, os dados descritos na tabela 4 estão correlacionados as trocas gasosas, onde se observa acréscimo na densidade destes parâmetros com o aumento da concentração de Fe nas soluções, com posterior declínio na concentração de 315µmol/L, correspondendo ao observado para os parâmetros fisiológicos.

Tabela 84: Médias das características anatômicas foliares avaliadas nas plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe (controle (45 (µmol/L), 135 µmol/L, 225 µmol/L, 270 µmol/L e 315 µmol/L).

	Nº de estômatos	Densidade estomática	Espessura hipoderme	Espessura parênquima lacunoso
Controle	74,75 a	102,33 a	133,10 a	159,43 a
135 µmol/L	81,41 a	111,53 a	142,57 a	171,73 a
225 µmol/L	87,00 a	119,17 a	141,95 a	165,26 a
270 µmol/L	86,50 a	118,49 a	126,22 a	160,02 a
315 µmol/L	80,25 a	109,93 a	117,38 a	158,70 a

Médias seguidas pela mesma letra não difere entre si segundo o teste F a 5% de significância.

Por sua vez, a diminuição dos parâmetros relacionados a aquisição de água e nutrientes (Tabela 85) começam a declinar com o aumento da concentração do Fe no meio de cultivo. Desta forma, reforça-se a necessidade de se ampliar o período de avaliação do contaminante no desenvolvimento das plântulas, bem como, em aumentar a concentração do contaminante Fe e do sinergismo deste com outros metais para determinar as consequências em longo prazo sobre a conservação desta espécie e sua resposta ao meio com presença acentuada de Fe no sedimento.

Tabela 85: Médias das características anatômicas de raízes avaliadas nas plântulas de *R. mangle* cultivadas em diferentes doses de Fe (controle (45 (µmol/L), 135 µmol/L, 225 µmol/L, 270 µmol/L e 315 µmol/L).

	Diâmetro da raiz	Espessura endoderme	Nº de vasos xilema	Diâmetro sistema vascular
Controle	756,20 a	17,46 a	11,80 a	407,56 a
135 µmol/L	670,30 a	15,67 a	11,10 a	338,61 a
225 µmol/L	571,55 a	17,38 a	10,40 a	312,08 a
270 µmol/L	616,78 a	15,98 a	8,60 a	339,53 a
315 µmol/L	641,37 a	15,28 a	9,50 a	350,56 a

Médias seguidas pela mesma letra não difere entre si segundo o teste F a 5% de significância.

3.11 FAUNA DECAPODA

O número de estações variou em função dos estuários e das espécies, *U. cordatus* e *C. guanhumi*, como apresentado na Tabela 86. Essa variabilidade é justificada na seção 2.3.1.

Tabela 86: Número de estações amostrais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em cada estuário avaliado durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019.

Área de estudo	Estações	
	<i>Ucides cordatus</i>	<i>Cardisoma guanhumi</i>
Costa das algas, Aracruz	2	2
Piraquê-Açú, Aracruz	12	2
Piraquê-Mirim, Aracruz	12	4
Rio Riacho, Aracruz	3	2
Rio Doce, Regência	0	3
Barra Seca, Urussuquara*	4	3
Mariricu, Barra Nova*	6	3
São Mateus, Conceição da Barra	12	6
Caravelas, Caravelas	12	12

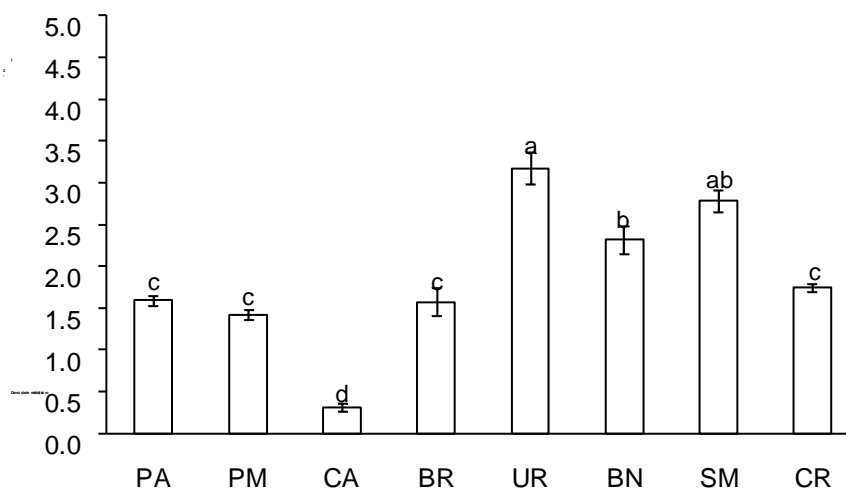
*Os estuários do rio Barra Seca e Mariricu estão localizados no município de São Mateus.

3.11.1 Densidade populacional

3.11.1.1 *Ucides cordatus*

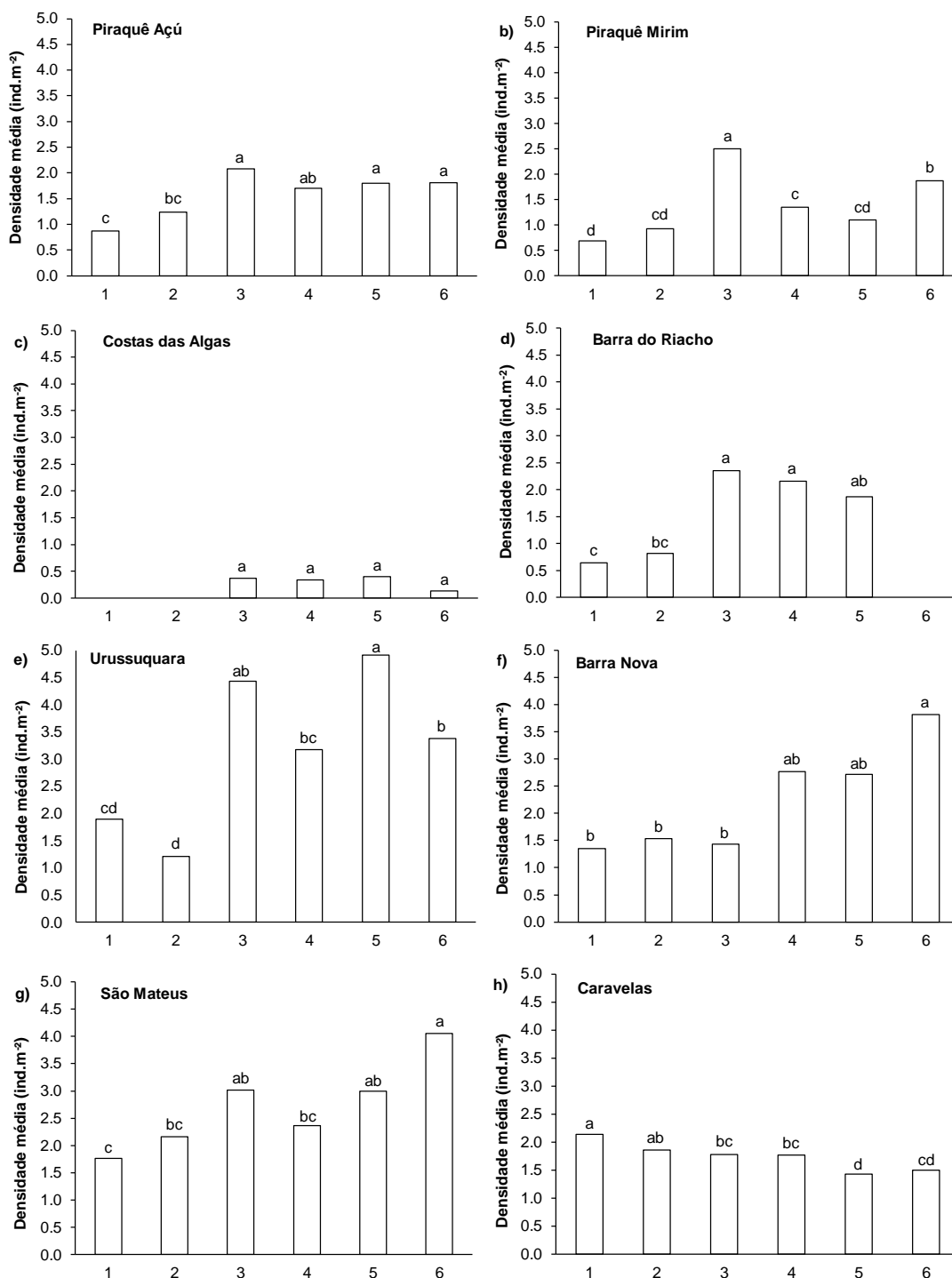
Um total de 37048 galerias abertas e 2489 fechadas com atividades biogênicas foram amostrados durante outubro de 2018 a setembro de 2019 em todos os estuários monitorados no presente estudo. A densidade média total de indivíduos, considerando todas as amostragens realizadas, apresentou ampla variabilidade entre os estuários diferindo significativamente entre eles (Anova $p < 0,05$; teste de Tukey $p < 0,05$). Os maiores valores foram registrados nos estuários do rio Ipiranga (Urussuquara - UR) com $3,17 (\pm 1,71)$ indivíduos.m⁻² e São Mateus (SM) com $2,78 (\pm 1,63)$ indivíduos.m⁻², seguido do Mariricu (Barra Nova - BN), com $2,32 (\pm 1,68)$ indivíduos.m⁻², considerado estatisticamente similar ao anterior (Figura 246). A APA Costa das Algas apresentou a menor densidade, $0,31 (\pm 0,04)$ indivíduos.m⁻², diferindo estatisticamente de todos os estuários (Anova $p < 0,05$; teste de Tukey $p < 0,05$).

Figura 246: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estuário durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; e CR: Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



Os resultados da variável densidade média apresentam variabilidade espacial e temporal considerando todos os estuários monitorados. As análises de variância indicaram mudanças significativas na densidade média entre os períodos amostrados para todos os estuários, exceto para a APA Costa das Algas que não apresentou essa flutuabilidade temporal como representado na Figura 247c. No geral, observa-se que a densidade média, em cada estuário, nos últimos períodos de amostragem é superior aos primeiros, com estuários Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Barra Nova e São Mateus apresentando diferenças estatisticamente significativas (Figura 247 a, b, d, e, f, g). Entretanto, resultados diferentes foram observados em Caravelas (Figura 247 h), onde a densidade média ($1,50 \pm 0,52$ indivíduos.m⁻²) no último período (6) é estatisticamente inferior aos valores das duas primeiras amostragens. Os resultados estão incompletos para a APA Costa das Algas, pois em duas tentativas de amostragens, nos campos 1 e 2, a área de estudo estava inundada pelas correntes de maré enchente não sendo possível a visualização das galerias de *U. cordatus* e a coleta de dados. Não foi possível realizar a coleta de dados em Barra do Riacho no campo 6 devido as condições ambientais, justificando a ausência do valor de densidade média na Figura 247D.

Figura 247: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), de cada estuário em função dos períodos de amostragem (campos 1, 2, 3, 4, 5 e 6) durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019: a) Piraquê-Açú; b) Piraquê-Mirim; c) Costa das Algas; d) Barra do Riacho; e) Urussuquara; f) Barra Nova; g) São Mateus e h) Caravelas entre outubro de 2018 e setembro de 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



A Tabela 87 apresenta a variabilidade da densidade entre os tipos fisiográficos (franja e bacia) durante os períodos de amostragem (campos 1 ao 6) entre outubro de 2018 a setembro de 2019 no Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas. Costa das

Algas não foi inserida nessa descrição por não apresentar os tipos fisiográficos, mas a densidade pode ser observada na Figura 247 c. Barra do Riacho apresenta somente bosques do tipo franja.

Tabela 87: Densidade média (indivíduos.m⁻²) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos tipos fisiográficos (franja e bacia) nos estuários monitorados durante o PMBA entre os períodos de amostragens (campo 1 ao 6) entre outubro de 2018 a setembro de 2019. * Indica ausência de parcela fixa neste tipo fisiográfico de floresta. ** Problemas de logística.

Estuário	Campo 1			Campo 2		
	indivíduos.m ⁻²			indivíduos.m ⁻²		
	Franja	Bacia	Total	Franja	Bacia	Total
Piraquê-Açú	0,96 (± 0,45)	0,79 (± 0,28)	0,87 (± 0,38)	1,37 (± 0,46)	1,13 (± 0,54)	1,25 (± 0,55)
Piraquê-Mirim	0,69 (± 0,38)	0,70 (± 0,44)	0,69 (± 0,41)	1,05 (± 0,60)	0,81 (± 0,38)	0,93 (± 0,51)
Barra do Riacho	0,64 (± 0,31)	*	0,64 (± 0,31)	0,82 (± 0,50)	*	0,82 (± 0,50)
Urussuquara	2,08 (± 0,66)	1,33 (± 0,51)	1,89 (± 0,69)	1,11 (± 0,25)	1,49 (± 0,12)	1,21 (± 0,28)
Barra Nova	1,68 (± 0,83)	0,87 (± 0,45)	1,35 (± 0,80)	1,99 (± 0,38)	1,24 (± 0,57)	1,54 (± 0,62)
São Mateus	1,74 (± 1,19)	1,77 (± 0,55)	1,76 (± 0,87)	1,75 (± 0,93)	2,66 (± 1,44)	2,16 (± 1,25)
Caravelas	2,16 (± 0,75)	2,11 (± 0,82)	2,14 (± 0,78)	1,78 (± 0,64)	1,93 (± 0,50)	1,86 (± 0,58)
	Campo 3			Campo 4		
	indivíduos.m ⁻²			indivíduos.m ⁻²		
	Franja	Bacia	Total	Franja	Bacia	Total
Piraquê-Açú	2,41 (± 1,29)	1,76 (± 0,51)	2,09 (± 1,02)	1,70 (± 0,58)	1,71 (± 0,47)	1,71 (± 0,52)
Piraquê-Mirim	2,38 (± 0,94)	2,63 (± 0,73)	2,51 (± 0,84)	1,50 (± 0,53)	1,20 (± 0,45)	1,35 (± 0,51)
Barra do Riacho	2,36 (± 1,08)	*	2,36 (± 1,08)	2,16 (± 1,24)	*	2,16 (± 1,24)
Urussuquara	4,63 (± 1,54)	3,84 (± 1,58)	4,43 (± 1,52)	3,30 (± 1,09)	2,83 (± 0,80)	3,18 (± 1,02)
Barra Nova	1,15 (± 0,61)	1,72 (± 1,71)	1,43 (± 1,28)	2,80 (± 1,14)	2,73 (± 1,45)	2,76 (± 1,26)
São Mateus	3,02 (± 1,81)	3,01 (± 1,26)	3,01 (± 1,53)	2,23 (± 1,32)	2,47 (± 1,16)	2,36 (± 1,21)
Caravelas	1,78 (± 0,40)	1,77 (± 0,63)	1,78 (± 0,53)	1,57 (± 0,47)	1,95 (± 0,64)	1,76 (± 0,59)
	Campo 5			Campo 6		
	indivíduos.m ⁻²			indivíduos.m ⁻²		
	Franja	Bacia	Total	Franja	Bacia	Total
Piraquê-Açú	1,96 (± 0,92)	1,64 (± 0,47)	1,80 (± 0,74)	2,05 (± 1,27)	1,57 (± 0,57)	1,81 (± 1,00)
Piraquê-Mirim	1,14 (± 0,63)	1,06 (± 0,52)	1,10 (± 0,57)	1,95 (± 1,35)	1,81 (± 0,84)	1,90 (± 1,11)
Barra do Riacho	1,87 (± 0,86)	*	1,87 (± 0,86)	**	*	**
Urussuquara	4,80 (± 1,63)	5,28 (± 2,26)	4,92 (± 1,71)	3,63 (± 0,98)	2,65 (± 0,72)	3,38 (± 1,00)
Barra Nova	2,76 (± 1,32)	2,67 (± 1,99)	2,72 (± 1,64)	4,29 (± 2,47)	3,34 (± 2,08)	3,82 (± 2,27)
São Mateus	2,92 (± 1,69)	3,08 (± 1,22)	2,99 (± 1,48)	4,08 (± 2,54)	4,02 (± 1,28)	4,05 (± 2,04)
Caravelas	1,25 (± 0,37)	1,60 (± 0,63)	1,42 (± 0,54)	1,30 (± 0,43)	1,70 (± 0,53)	1,50 (± 0,52)

O resultado da análise de variância para os tipos fisiográficos (franja e bacia) em cada estuário, considerando os resultados de todas as amostragens, é apresentado na Tabela 88 e Figura 248. Nota-se que há diferença estatística significativa da densidade média, tanto para a análise de variância quanto para o teste pos-doc, entre os tipos de bosques no Piraquê-Açú (Anova $p < 0,05$; teste de Tukey $p < 0,05$), Urussuquara (Anova $p < 0,05$; teste de Tukey $p < 0,05$) e Caravelas (Anova $p < 0,05$; teste de Tukey $p < 0,05$) como destacado com as letras minúsculas na Figura 248. Nos demais estuários observa-se homogeneidade espacial da variável, ou seja, a densidade média é similar, independente da estrutura e composição da vegetação de franja e bacia. Posteriormente, análise minuciosa das

classes de tamanho (mm) dos indivíduos será apresentada para avaliar frequência de distribuição nos diferentes bosques.

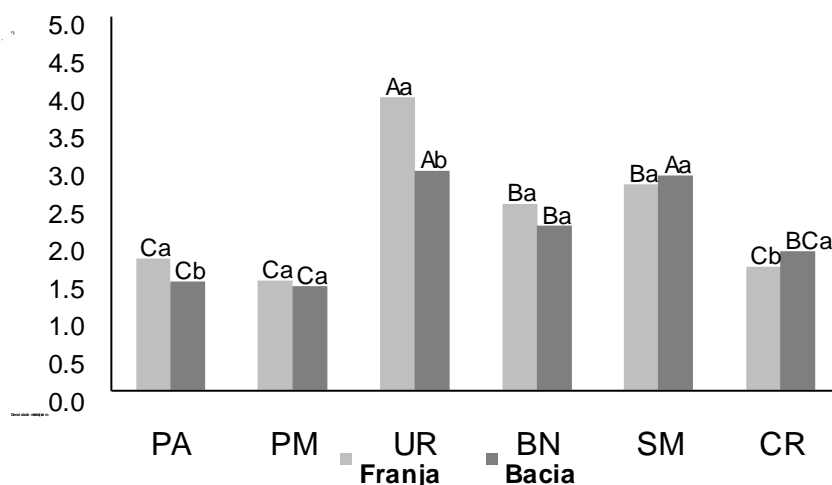
Tabela 88: Resumo da análise de variância da densidade média de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos tipos fisiográficos (franja e bacia) em diferentes estuários durante o PMBA entre outubro de 2018 a setembro de 2019.

Estuário	Densidade média (indivíduos.m ⁻²)		p
	Franja	Bacia	
Piraquê-Açú	1,74 (± 1,00)	1,43 (± 0,58)	*
Piraquê-Mirim	1,45 (± 0,97)	1,37 (± 0,88)	n.s.
Urussuquara	3,88 (± 2,03)	2,90 (± 1,73)	*
Barra Nova	2,47 (± 1,65)	2,16 (± 1,71)	n.s.
São Mateus	2,72 (± 1,87)	2,84 (± 1,33)	n.s.
Caravelas	1,63 (± 0,60)	1,84 (± 0,64)	*

n.s. = não significativo. * $p < 0,05$.

Diferenças significativas na densidade média foram detectadas entre os bosques de franja dos estuários monitorados (Anova $p < 0,05$) (Figura 248). Pela análise dos resultados verifica-se que o maior valor foi observado na franja em Urussuquara (UR) (3,88 indivíduos.m⁻²), seguido de São Mateus (SM) (2,72 indivíduos.m⁻²) e Barra Nova (BN) (2,47 indivíduos.m⁻²), ambos similares estatisticamente (Anova $p > 0,05$). Entretanto, os valores correspondentes às franjas do Piraquê-Açú (PA), Piraquê-Mirim (PM) e Caravelas (CR) não foram significativamente diferentes (Anova $p > 0,05$), apresentando densidade média de 1,74 (± 1,00), 1,45 (± 0,97) e 1,63 (± 0,60) indivíduos.m⁻², respectivamente. Em relação à densidade média para os bosques de bacia, houve variação de 1,37 (± 0,88) a 2,90 (± 1,73) indivíduos.m⁻² entre os estuários. Urussuquara e São Mateus apresentaram os maiores valores, 2,90 (± 1,73) e 2,84 (± 1,33) indivíduos.m⁻², respectivamente. Densidades similares foram observadas no Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim e Caravelas, correspondendo a 1,43 (± 0,58), 1,37 (± 0,88) e 1,84 (± 0,64) indivíduos.m⁻², respectivamente (Figura 248). Barra do Riacho e APA Costa das Algas não entraram nessas análises por apresentarem somente um tipo fisiográfico em sua área de abrangência.

Figura 248: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), dos tipos fisiográficos (franja e bacia) em função dos estuários abrangendo todas as amostragens realizadas durante o PMBA entre outubro de 2018 a setembro de 2019. PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus (SM); CR: Caravelas. “Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade. Letras minúsculas representam “tipos fisiográficos dentro de cada estuário”; letras maiúsculas representam “tipos fisiográficos entre os estuários”.



A densidade apresentou variabilidade espacial ao longo do gradiente de salinidade nos estuários, observando-se maior valor no estuário superior, mais distante da foz. As diferenças estatísticas foram observadas tanto na análise conjunta, ou seja, abrangendo os dados de todos os estuários (Tabela 89), quanto avaliando cada um individualmente (Figura 249). Nesta análise, Costa das Algas não foi considerada, uma vez que não apresenta gradiente salino.

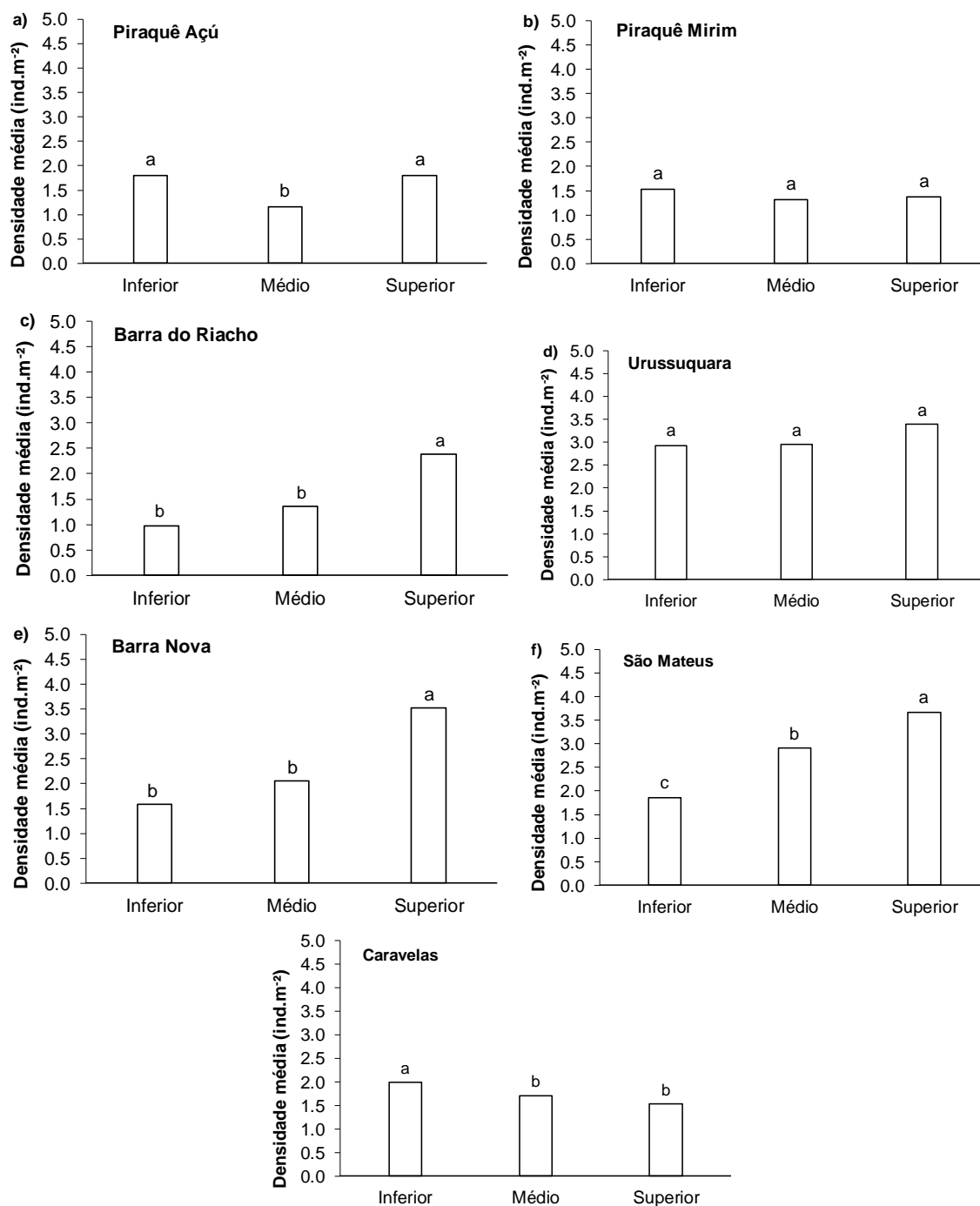
Tabela 89: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), verificado ao longo do gradiente de salinidade (estuário inferior, médio e superior) nos estuários avaliados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 (Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Ipiranga, Mariricu, São Mateus e Caravelas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estuário	Densidade populacional (indivíduos.m ⁻²)
Inferior	1,85 ^b
Médio	1,75 ^b
Superior	2,22 ^a

A Figura 249 mostra a distribuição da densidade média ao longo do perfil estuarino (inferior, médio e superior) em cada área amostrada. No Piraquê-Açú, a densidade é maior no estuário inferior ($1,80 \pm 0,92$ indivíduos.m⁻²) e superior ($1,80 \pm 0,85$ indivíduos.m⁻²) em relação ao médio ($1,15 \pm 0,48$ indivíduos.m⁻²). Barra do Riacho, Barra Nova e São Mateus apresentam maiores valores em direção a montante do estuário, entretanto, Caravelas exibe comportamento contrário, onde a maior densidade é observada próximo a foz. Esta variável apresenta-se de forma homogênea em função do gradiente salino, ou seja, não há variabilidade espacial a montante do estuário no Piraquê-Mirim e Urussuquara

(Anova $p > 0,05$). A densidade de Costa das Algas não foi inserida nessas análises por não apresentar gradiente salino.

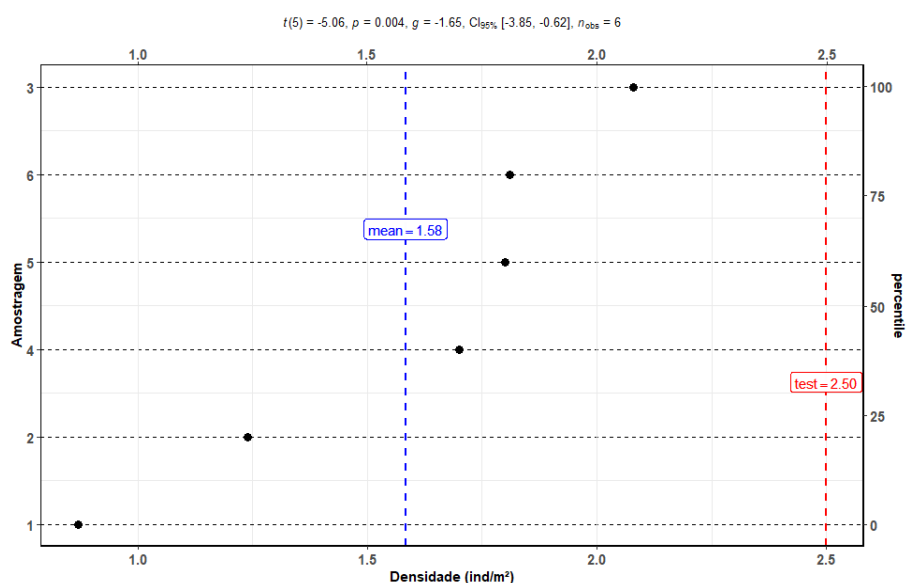
Figura 249: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em função do gradiente de salinidade (estuário inferior, médio e superior) nos estuários monitorados durante o PMBA: a) Piraquê-Açú, b) Piraquê-Mirim, c) Barra do Riacho, d) Barra Seca, e) Mariricu, f) São Mateus e g) Caravelas entre outubro de 2018 a setembro de 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



Dados pretéritos, pré-rompimento da barragem de Fundão, mostram que a densidade média populacional de *U. cordatus* no Piraquê-Açú era 2,50 indivíduos.m⁻² em meados de 2004 e 2005

(CONTEI e NALESSO, 2010). Ao comparar esse valor com a densidade média do presente monitoramento para o mesmo estuário ($1,58 \text{ indivíduos.m}^{-2}$) verifica-se que houve declínio acentuado neste parâmetro populacional entre 2004/2005 e outubro de 2018 a julho de 2019 (monitoramento), como pode ser observado na Figura 250, onde o valor médio por período amostrado, representado por cada ponto preto no gráfico, está abaixo do valor de referência destacado em vermelho ($2,50 \text{ indivíduos.m}^{-2}$) e apresentam diferenças estatísticas significativas ($p < 0,01$). O valor destacado em azul ($1,58 \text{ indivíduos.m}^{-2}$) refere-se à densidade média considerando todos os períodos amostrados no estuário do Piraquê-Açú durante o PMBA.

Figura 250: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada período de amostragem (campos 1 ao 6) no estuário do Piraquê-Açú durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo $2,50 \text{ indivíduos.m}^{-2}$ de acordo com Conti e Nalesso (2010). “Mean” significa a densidade média considerando todas as amostragens do presente estudo.



Por outro lado, a comparação dos dados atuais àqueles pretéritos obtidos em 2015 (SPINASSÉ, 2016) revela que houve aumento da densidade de *U. cordatus* nos rios Piraquê-Açú ($0,67 \text{ indivíduo.m}^{-2}$ em 2015 e $1,59 \text{ indivíduos.m}^{-2}$ atualmente, $p < 0,01$) (Figura 251) e Piraquê-Mirim ($0,84 \text{ indivíduos.m}^{-2}$ em 2015 e $1,41 \text{ indivíduos.m}^{-2}$ atualmente, $p < 0,05$) (Figura 252). Todos os estuários avaliados no PMBA, exceto Costa das Algas, também apresentaram maiores valores de densidade média em relação aos valores encontrados por Spinassé (2016) como observado na Figura 251 e Figura 252.

Figura 251: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estuário avaliado durante o PMBA durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,67 indivíduos.m⁻² de acordo com Spinassé (2016) no estuário do rio Piraquê-Açú. “Mean” significa a densidade média considerando todas as amostragens do presente estudo. PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; CR: Caravelas.

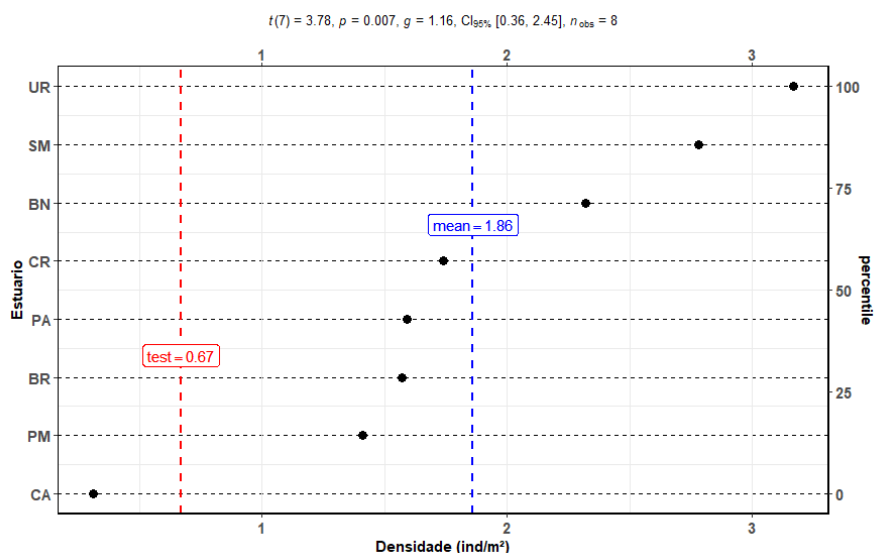
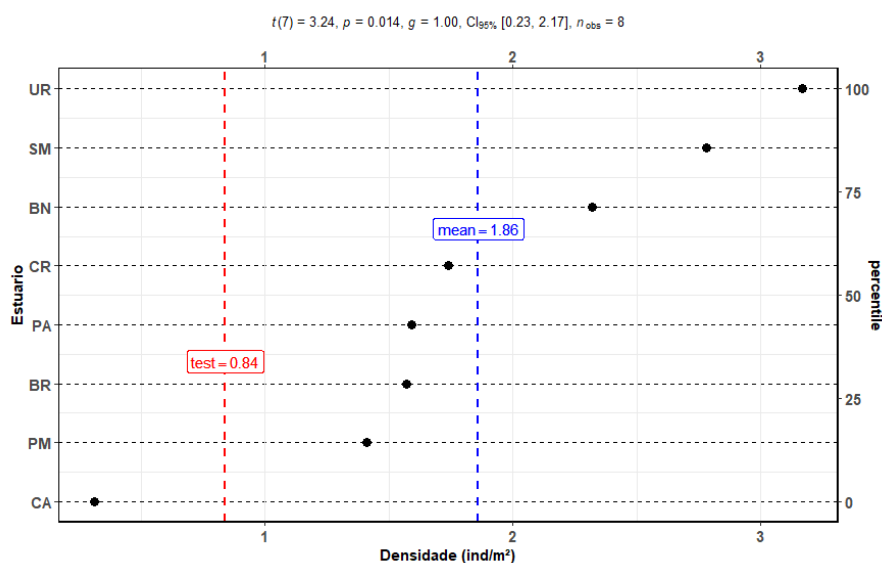


Figura 252: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estuário avaliado durante o PMBA durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,84 indivíduos.m⁻² de acordo com Spinassé (2016) no estuário do rio Piraquê-Mirim. “Mean” significa a densidade média considerando todos as amostragens do presente estudo em cada estuário. PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; CR: Caravelas.



A densidade média de *U. cordatus* no estuário do rio São Mateus no período de 2013 a 2014 foi 0,99 indivíduos.m⁻² (AFFONSO, 2014). A continuidade deste monitoramento nas mesmas áreas resultou em 0,78 indivíduos.m⁻² para o ano de 2015 e 0,55 indivíduos.m⁻² em 2016 (PORTO, 2016). As estações de

amostragens desses estudos correspondem ao ponto 1, na margem esquerda deste estuário no PMBA. Sendo assim, as densidades desta estação em estudos anteriores foram utilizadas para comparar com os dados atuais de densidade conforme duas abordagens: (i) entre os períodos de amostragem e (ii) entre as estações ao longo do estuário. A densidade encontrada em estudos anteriores pré e pós rompimento da barragem de Fundão foi inferior a encontrada pelo PMBA ($p < 0,01$) nas duas abordagens analisadas (Figura 253, Figura 254, Figura 255, Figura 256, Figura 257 e Figura 258).

Figura 253: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada amostragem (campos 1 ao 6) no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,99 indivíduos.m⁻² de acordo com Affonso (2014). “Mean” significa a densidade média considerando todas as amostragens realizadas no ponto 1 margem esquerda do estuário.

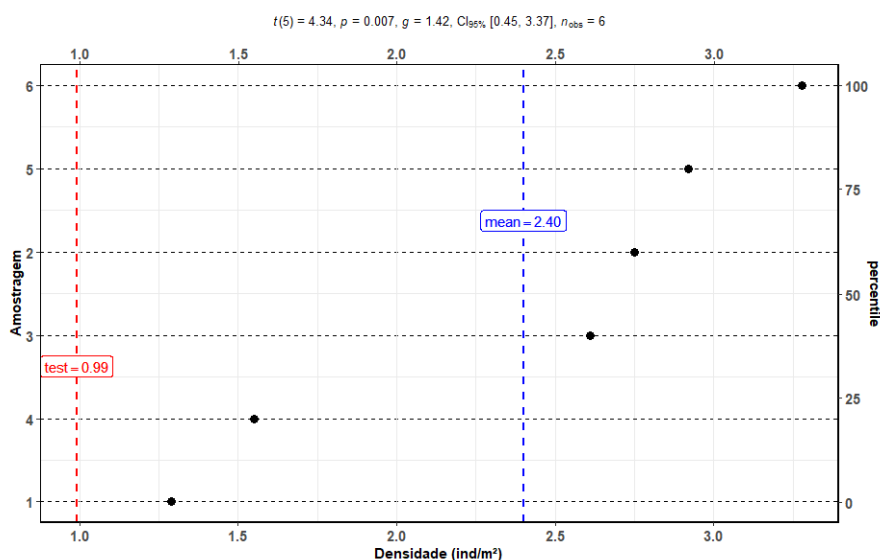


Figura 254: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada período de amostragem (Campos 1 ao 6) no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,78 indivíduos.m-2 de acordo com Porto (2016), densidade referente à 2015. “Mean” significa a densidade média considerando todas as amostragens realizadas no ponto 1 margem esquerda do estuário.

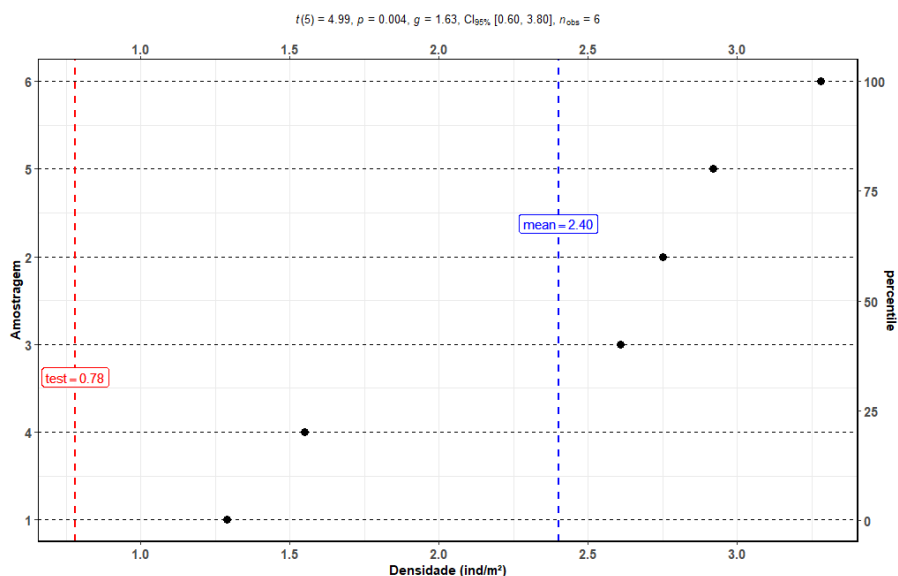


Figura 255: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada período de amostragem no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerando todos as amostragens no ponto 1 margem esquerda do estuário.

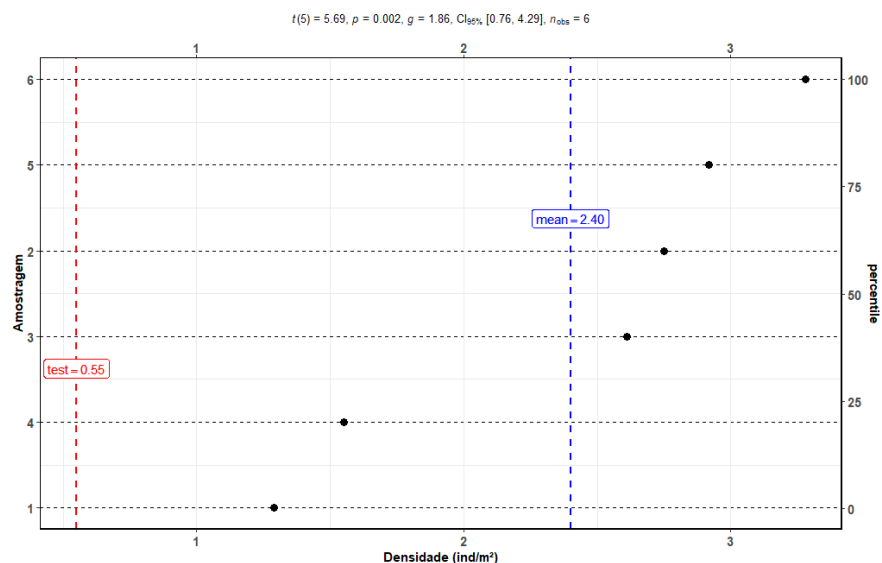


Figura 256: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estação amostral no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,99 indivíduos.m⁻² de acordo com Affonso (2014). “Mean” significa a densidade média considerando todos os pontos de amostragens nas margens direita e esquerda do estuário.

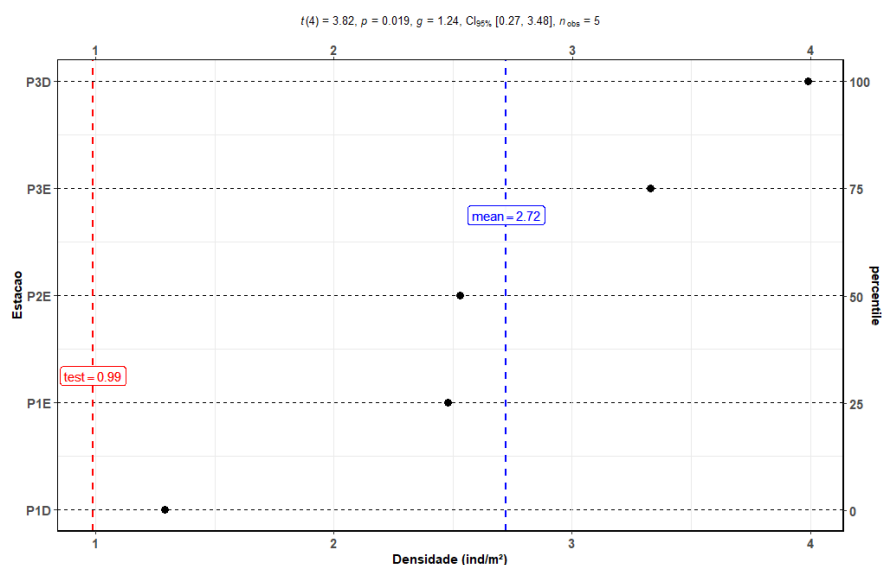


Figura 257: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estação amostral no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,78 indivíduos.m⁻² de acordo com Porto (2016) no estuário do rio São Mateus, densidade referente à 2015. “Mean” significa a densidade média considerando todos os pontos de amostragens nas margens direita e esquerda do estuário.

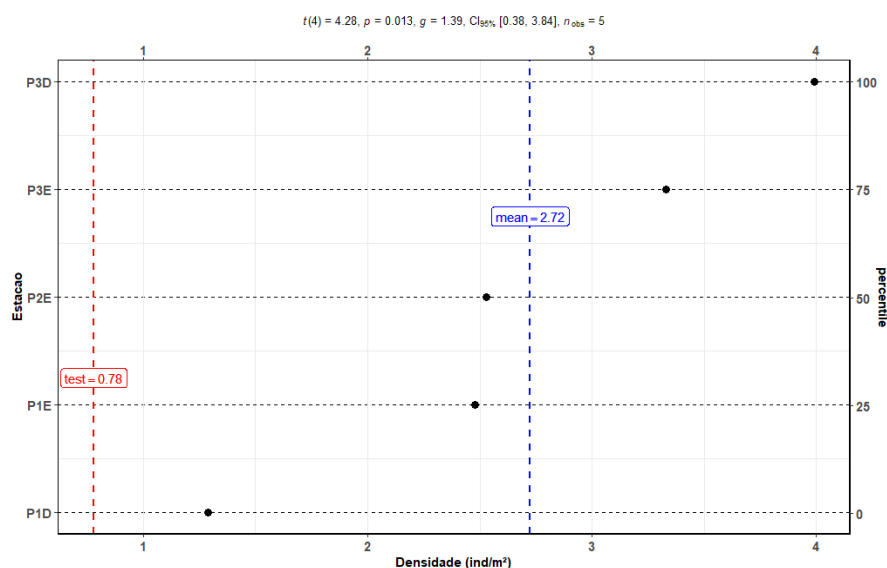
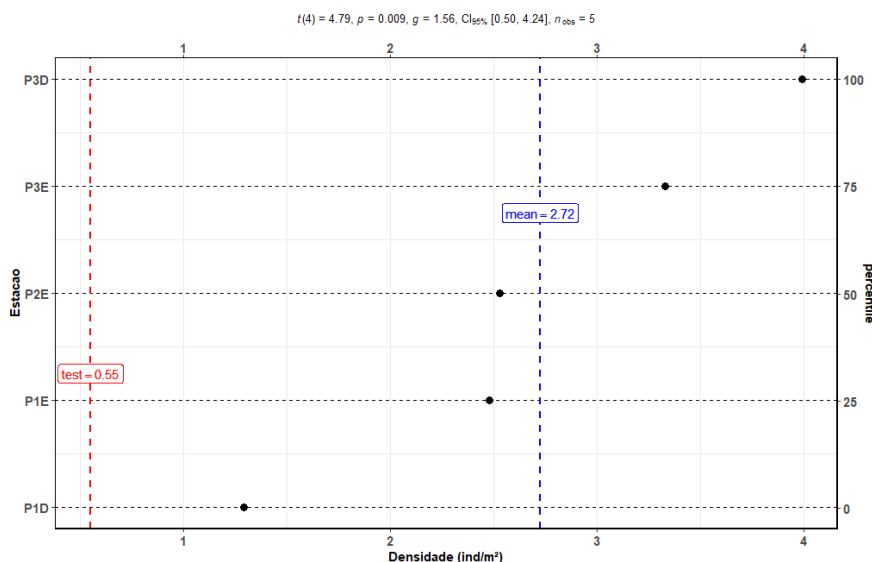


Figura 258: Densidade média populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em cada estação amostral no estuário do rio São Mateus durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. O valor “test” significa o valor de referência considerado neste estudo 0,55 indivíduos.m⁻² de acordo com Porto (2016) no estuário do rio São Mateus, densidade referente à 2016. “Mean” significa a densidade média considerando todos os pontos de amostragens nas margens direita e esquerda do estuário.



Quatro espécimes de *U. cordatus*, 3 machos e 1 fêmea, foram coletadas na foz do Rio Doce (Figura 259), com largura do cefalotórax entre 35 e 40 mm ($36,88 \pm 0,89$ mm) e 8 espécimes foram avistadas, apresentando tamanho estimado entre 30 a 40 mm (julho de 2019). A identificação da espécie foi realizada com base nas seguintes características: carapaça transversalmente sub-elíptica, pouco mais larga do que longa, fortemente convexa longitudinalmente. Largura fronto-orbital não mais que 2/3 da largura máxima da carapaça nos machos adultos. Patas ambulatórias com longa franja de pelos sedosos, especialmente no carpo e própodo. Fêmeas com a pilosidade reduzida (MELO, 1996). Este é o primeiro registro de *U. cordatus* no Rio Doce. É importante salientar que o tamanho relativamente pequeno dos indivíduos encontrados, isto é, anterior a idade reprodutiva, e a baixa densidade populacional registrada implicam em ingresso da espécie no sistema fluvial do Rio Doce, provavelmente, respondendo as alterações ocorridas em sua hidrodinâmica que são resultantes do efeito provocado pela chegada dos rejeitos provenientes do rompimento da Barragem de Fundão.

Figura 259: Captura e registro de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no dia 31 de julho de 2019 na foz do rio Doce, Regência, Linhares.

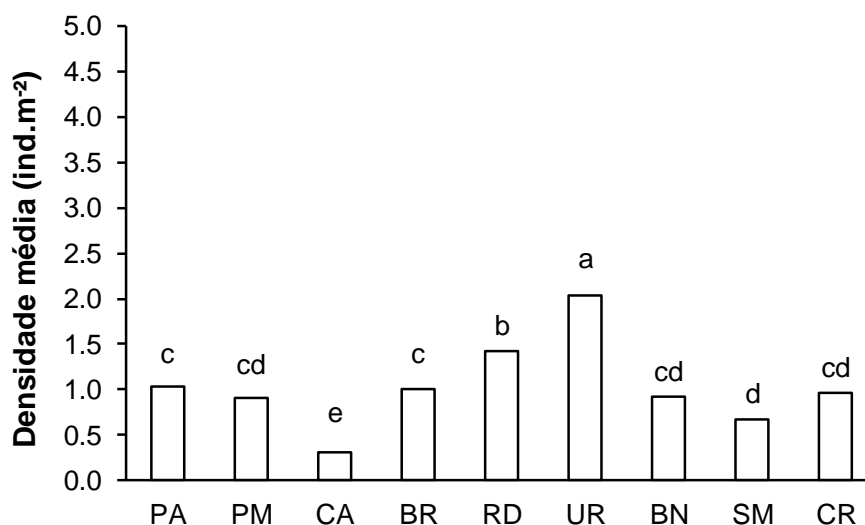


3.11.1.2 *Cardisoma guanhumí*

No primeiro campo realizado, correspondente a outubro e novembro de 2018, de acordo com o que foi estabelecido no cronograma anual, a equipe de campo dedicou-se a conhecer as áreas de ocorrência de *C. guanhumí*, uma vez que não há qualquer estudo relacionado a esta espécie no norte do Espírito Santo, sendo a sua escala espacial de distribuição no ecótono manguezal/restinga desconhecida. A delimitação das estações e a coleta de dados tiveram início, efetivamente, em novembro e dezembro de 2018. Algumas estações ainda foram delimitadas neste campo por motivos logísticos e adaptações do cronograma das campanhas de campo para coleta de dados.

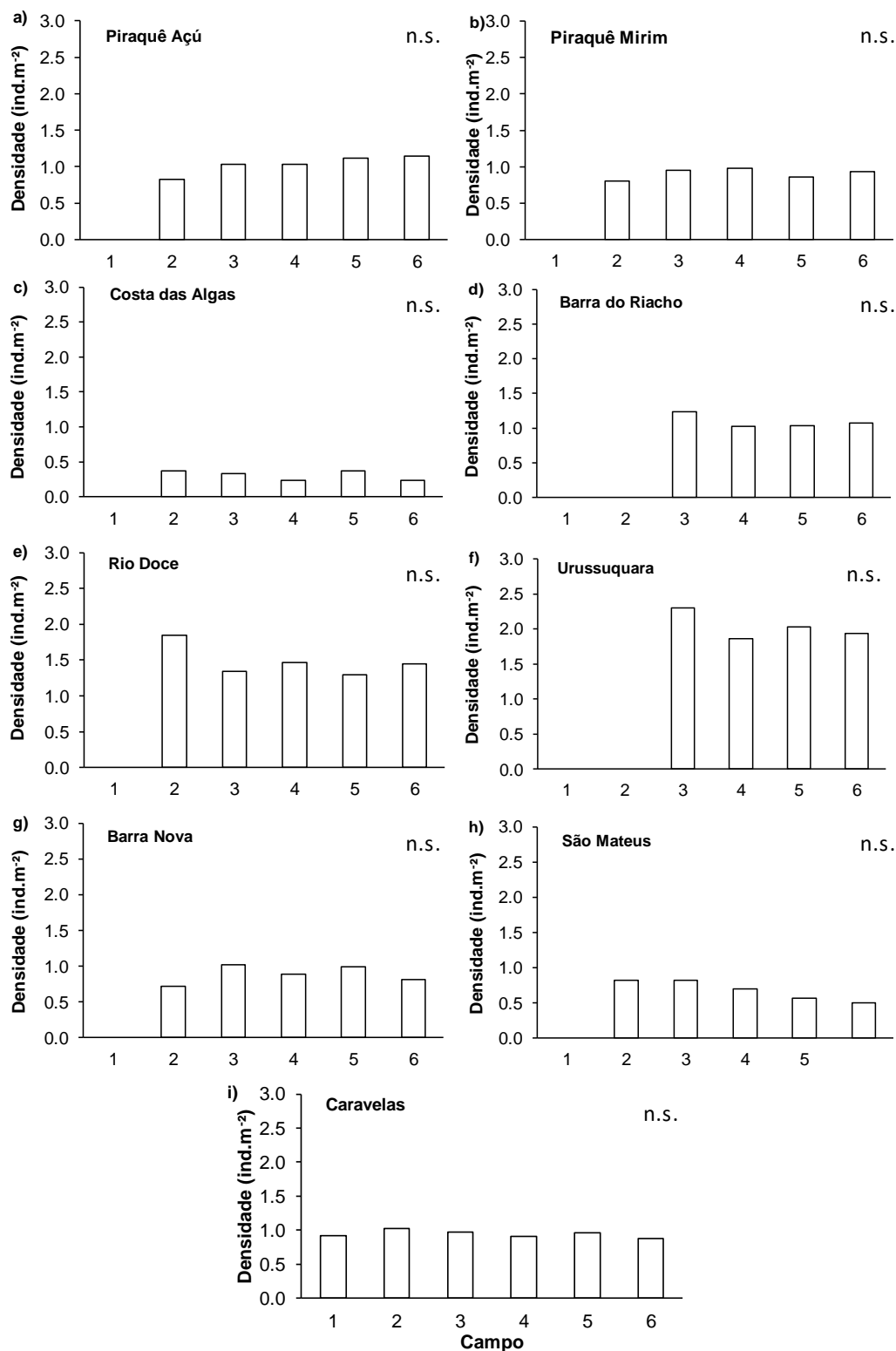
Diferenças significativas na densidade média de *C. guanhumí* foram detectadas entre os estuários amostrados ($p < 0,05$). Pela análise da Figura 260 verifica-se que o maior valor foi observado em Urussuquara (UR), sendo superior a $2,00 (\pm 0,71)$ indivíduos.m⁻², seguido da foz do Rio Doce (RD) e Piraquê-Açú (PA), com $1,42 (\pm 0,86)$ e $1,03 (\pm 0,25)$ indivíduos.m⁻², respectivamente. Urussuquara e Rio Doce destacam-se por apresentarem as maiores densidades e serem estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) dos demais estuários. Costa das Algas (CA) apresentou o menor valor médio ($0,30 \pm 0,18$ indivíduos.m⁻²) e é significativamente diferente das outras áreas ($p < 0,05$).

Figura 260: Densidade média populacional de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em cada estuário durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. PA: Piraque Açú; PM: Piraque Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; UR: Urussuquara; BN Barra Nova; SM: São Mateus; e CR: Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



Os resultados da análise de variância indicaram que não houve mudanças significativas na densidade média entre os períodos amostrados para todos os estuários. Essa estabilidade temporal em cada um deles pode ser observada na Figura 261. A densidade no Piraquê-Açú (PA) variou de 0,82 a 1,14 indivíduos.m⁻², no Piraquê-Mirim (PM) de 0,80 a 0,97 indivíduos.m⁻², Costa das Algas (CA) 0,23 a 0,37 indivíduos.m⁻², Barra do Riacho (BR) 1,03 a 1,24 indivíduos.m⁻², Rio Doce 1,30 a 1,85 indivíduos.m⁻², Urussuquara 2,30 a 1,85 indivíduos.m⁻², Barra Nova 0,72 a 1,02 indivíduos.m⁻², São Mateus 0,50 a 0,82 indivíduos.m⁻² e Caravelas de 0,88 a 1,02 indivíduos.m⁻². Os dados coletados na primeira amostragem em Barra do Riacho não foram inseridos nas análises devido a coleta ter sido realizada somente em uma estação amostral.

Figura 261: Densidade média populacional de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em cada estuário durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. a) Piraquê-Açú; b) Piraquê-Mirim; c) Costa das Algas; d) Barra do Riacho; e) Urussuquara; f) Barra Nova; g) São Mateus; e h) Caravelas. Anova $p > 0,05$. n.s. = não significativo.

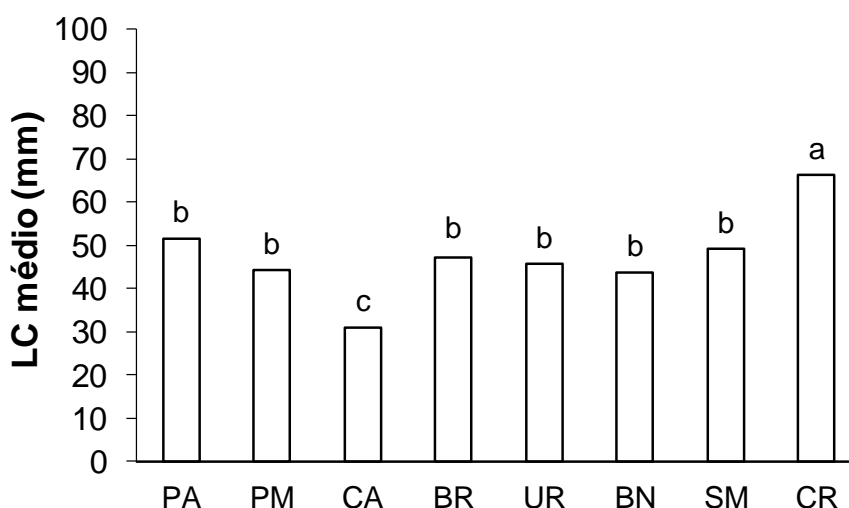


3.11.2 Largura do cefalotórax e distribuição de classes de tamanho

3.11.2.1 *Ucides cordatus*

A população de *U. cordatus* apresentou indivíduos com maior tamanho médio de cefalotórax no estuário de Caravelas ($66,16 \pm 1,19$ mm) (Figura 262). Contrariamente, o menor valor médio observado foi na APA Costa das Algas ($30,90 \pm 2,48$ mm), apresentando diferenças significativas ($p < 0,05$). Os estuários do Piraquê-Açú ($51,44 \pm 4,74$ mm), Piraquê-Mirim ($44,27 \pm 5,27$ mm), Barra do Riacho ($47,18 \pm 5,62$ mm), Urussuquara ($45,65 \pm 6,35$ mm), Barra Nova ($43,63 \pm 7,94$ mm) e São Mateus ($49,05 \pm 5,28$ mm) exibiram populações com o parâmetro populacional similar, como pode ser evidenciado pelos resultados da análise de variância ($p > 0,05$). Entretanto, estes estuários foram diferentes em relação a este parâmetro quando comparado a Costa das Algas e Caravelas ($p < 0,05$).

Figura 262: Figura 20: Tamanho médio do cefalotórax de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), durante o PMBA entre outubro de 2018 a setembro de 2019 em função dos estuários. PA: Piraquê-Açú, PM: Piraquê-Mirim, CA: Costa das Algas, BR: Barra do Riacho, UR: Urussuquara, BN: Barra Nova, SM: São Mateus, CR: Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: média da largura do cefalotórax em milímetros.



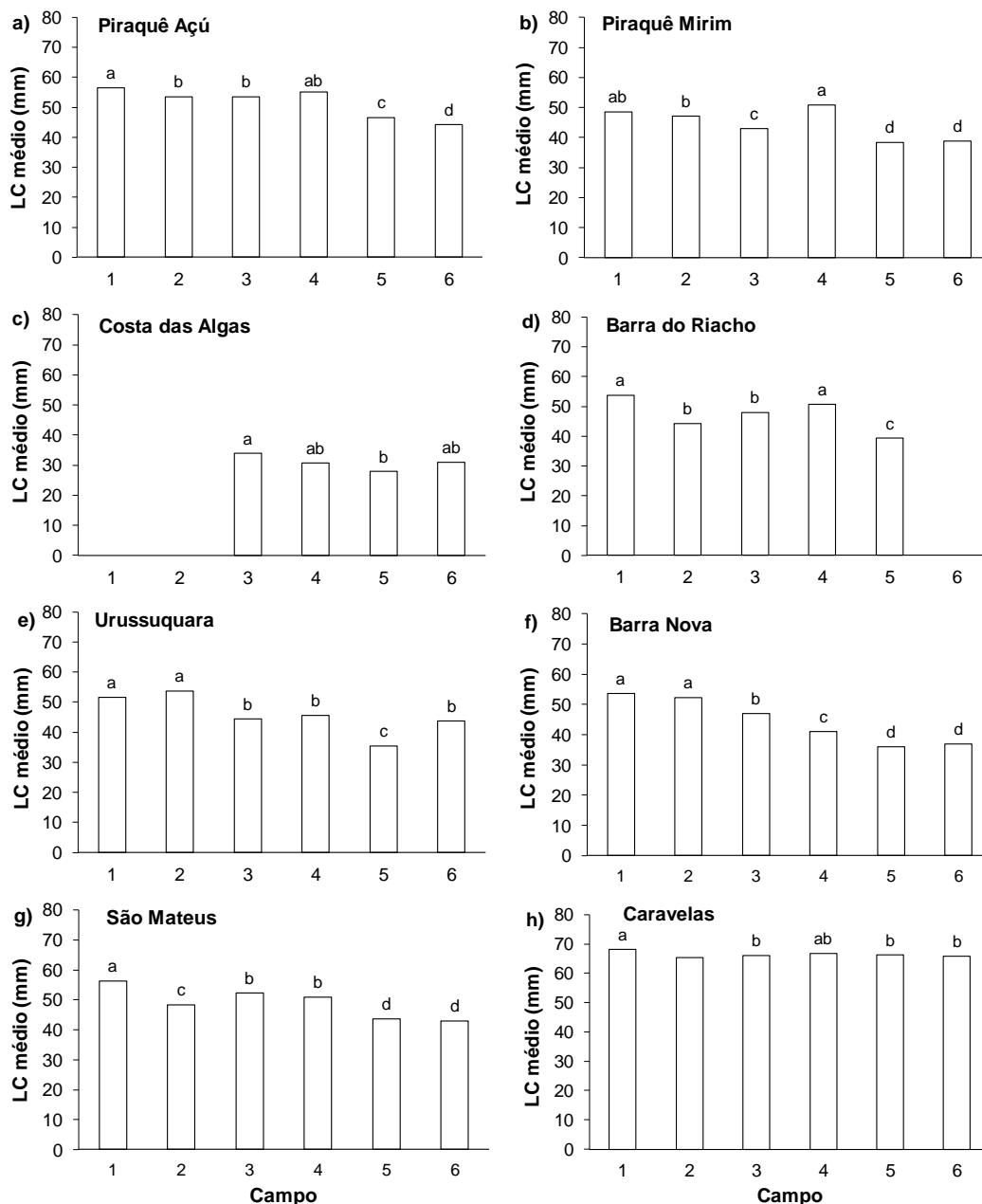
A análise de correlação de Pearson mostrou que não houve relação significativa entre a densidade média e tamanho médio (LC médio) de *U. cordatus* considerando os estuários avaliados ($p > 0,05$). Destaca-se que todos os estuários, exceto Caravelas, apresentaram tamanho médio inferior ao tamanho comercial, definido como indivíduo com largura do cefalotórax (carapaça) igual ou superior a 60 mm, conforme estabelecido pela Portaria IBAMA nº 52/2003 (BRASIL, 2003). A Tabela 90 apresenta os valores médios e desvio padrão da densidade e tamanho dos indivíduos de *U. cordatus* no Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Costa das Algas, Barra do Riacho, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas. Ressalta-se que Costa das Algas apresentou menor densidade e tamanho médio dos indivíduos, comportamento distinto para os demais estuários.

Tabela 90: Tamanho médio do cefalotórax (LC médio) e densidade média (indivíduos.m⁻²) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários avaliados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. PA: Piraquê-Açú, PM: Piraquê-Mirim, CA: Costa das Algas, BR: Barra do Riacho, UR: Urussuquara, BN: Barra Nova, SM: São Mateus, CR: Caravelas.

Estuário	LC médio (mm)	Densidade média
PA	51,44 ± 4,74	1,58 ± 0,83
PM	44,27 ± 5,27	1,41 ± 0,92
CA	30,90 ± 2,48	0,31 ± 0,22
BR	47,18 ± 5,62	1,57 ± 1,09
UR	45,65 ± 6,35	3,17 ± 1,70
BN	43,63 ± 7,94	2,32 ± 1,68
SM	49,05 ± 5,28	2,78 ± 1,63
CR	66,16 ± 1,19	1,74 ± 0,63

A Figura 263 apresenta a variabilidade do tamanho médio dos indivíduos em função dos períodos de amostragens (campo 1 ao 6) em cada estuário. No geral, o tamanho médio nas últimas amostragens foi significativamente menor ($p < 0,05$) do que naquelas realizadas no início do monitoramento, exceto na APA Costa das Algas e em Caravelas. Nota-se que o tamanho médio nos estuários Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra Nova e São Mateus foi significativamente menor nos campos 5 e 6. (Figura 263a, b, f, g). Em Barra do Riacho e Urussuquara, o menor tamanho médio foi registrado no campo 5 (Figura 263d, e). Na APA Costa das Algas e em Caravelas, o tamanho médio observado no último campo foi similar a maioria dos campos anteriores (Figura 263c, h).

Figura 263: Tamanho médio do cefalotórax de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em função das amostragens (campos 1 a 6) durante o PMBA entre outubro de 2018 a setembro e 2019. a) Piraquê-Açú, b) Piraquê-Mirim, c) Costa das Algas, d) Barra do Riacho, e) Urussuquara, f) Barra Nova, g) São Mateus e h) Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: média da largura do cefalotórax em milímetros.



Como pode ser observado nos histogramas das Figura 264 a Figura 271 houve uma tendência de deslocamento da moda para as menores classes de tamanho no estuário do Piraquê-Açú (somente na franja); Piraquê-Mirim e Barra Nova (franja e bacia, ambos rios). Nas demais áreas amostradas a estrutura populacional manteve-se estável, sem deslocamento notório da moda. Entretanto, em Costa das Algas, o número amostral foi demasiadamente baixo para realizar qualquer inferência.

Comparando a estrutura populacional de *U. cordatus* nos diferentes estuários, percebe-se que Caravelas (BA), quando comparado aos estuários no Espírito Santo, apresentou distribuição de frequência nas maiores classes de tamanho, com moda muitas vezes acima dos 70 mm.

Figura 264: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia do estuário do rio Piraquê-Açu, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e julho de 2019

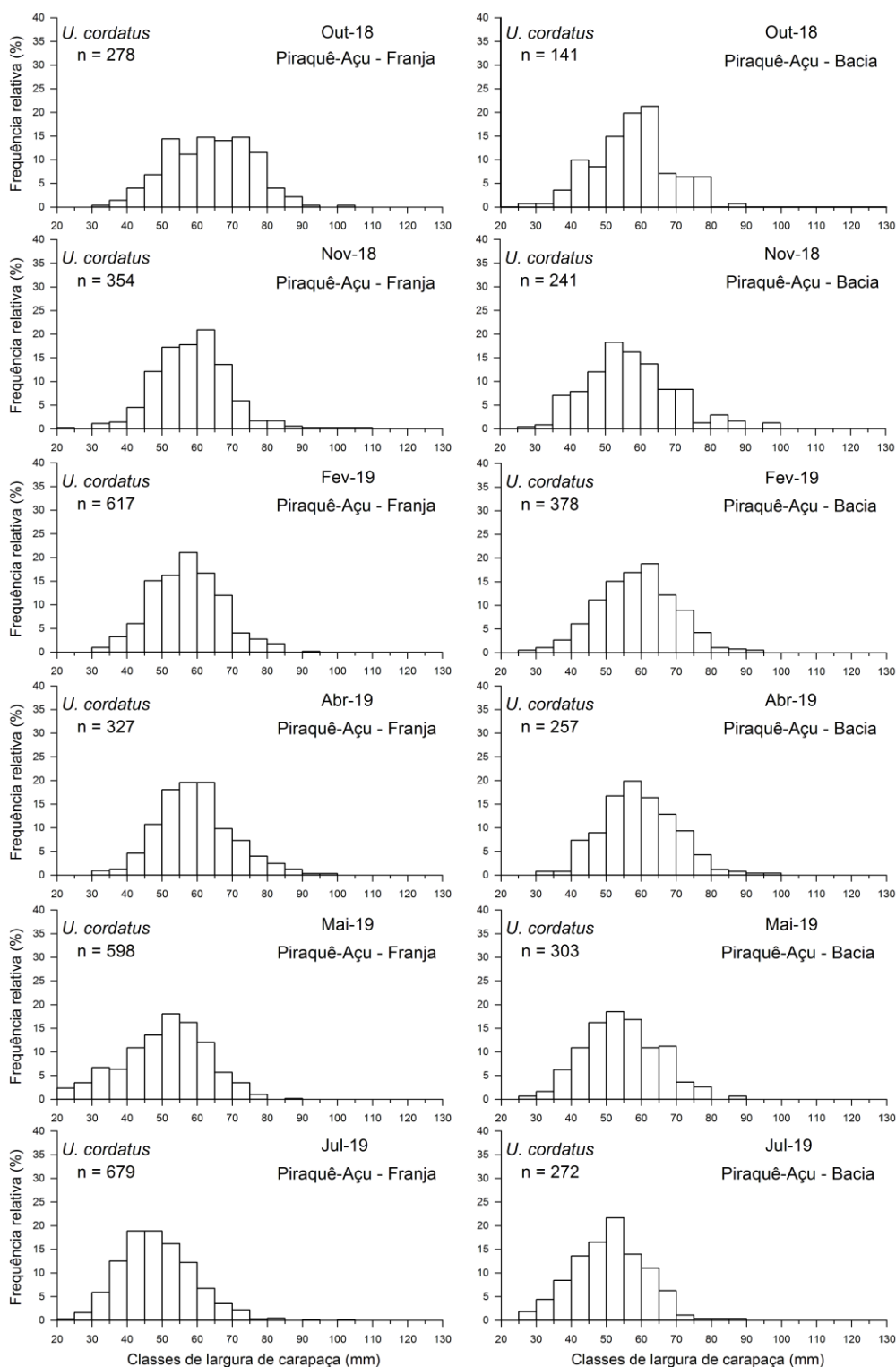


Figura 265: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia do estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e julho de 2019.

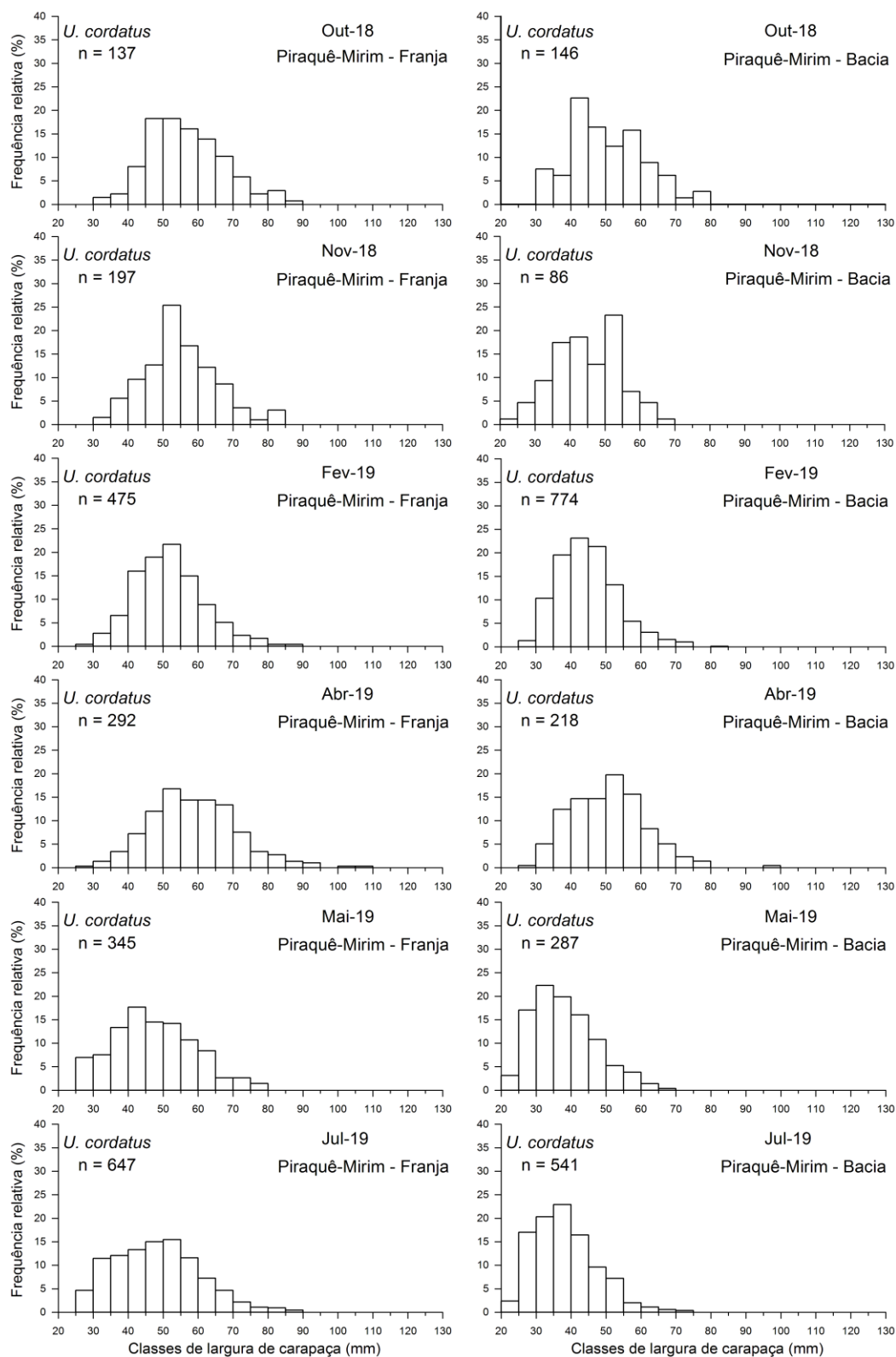


Figura 266: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja na APA Costa das Algas, Aracruz, durante o PMBA entre fevereiro de 2019 e julho de 2019.

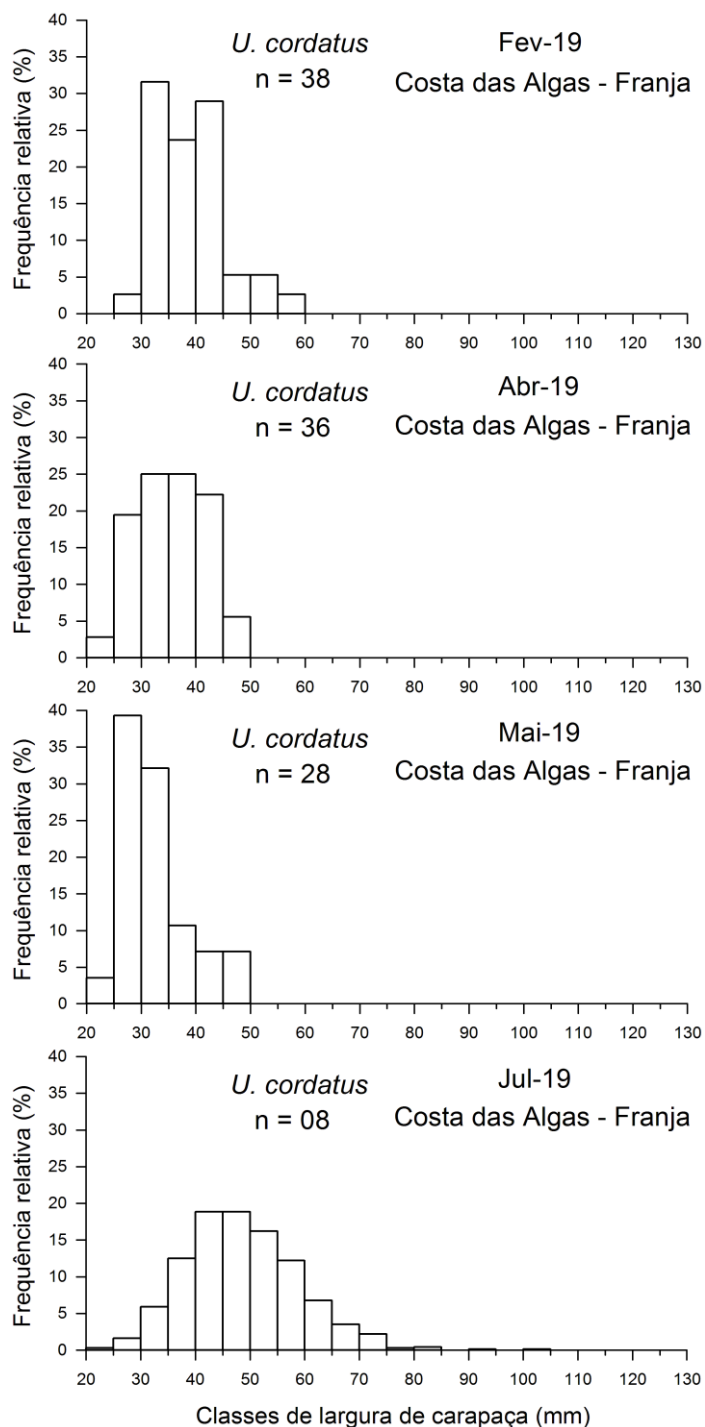


Figura 267: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja em Barra do Riacho, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e maio de 2019.

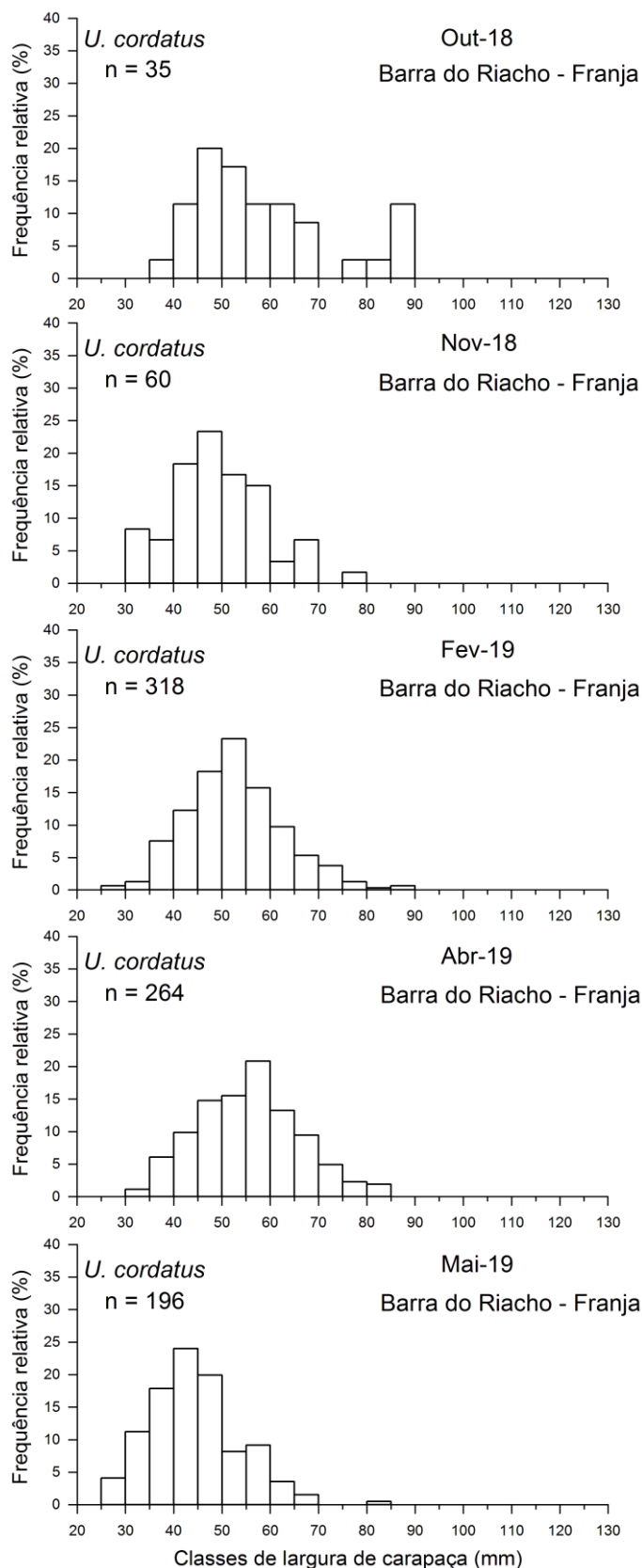


Figura 268: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia em Urussuquara, São Mateus, durante o PMBA entre outubro de 2018 e agosto de 2019.

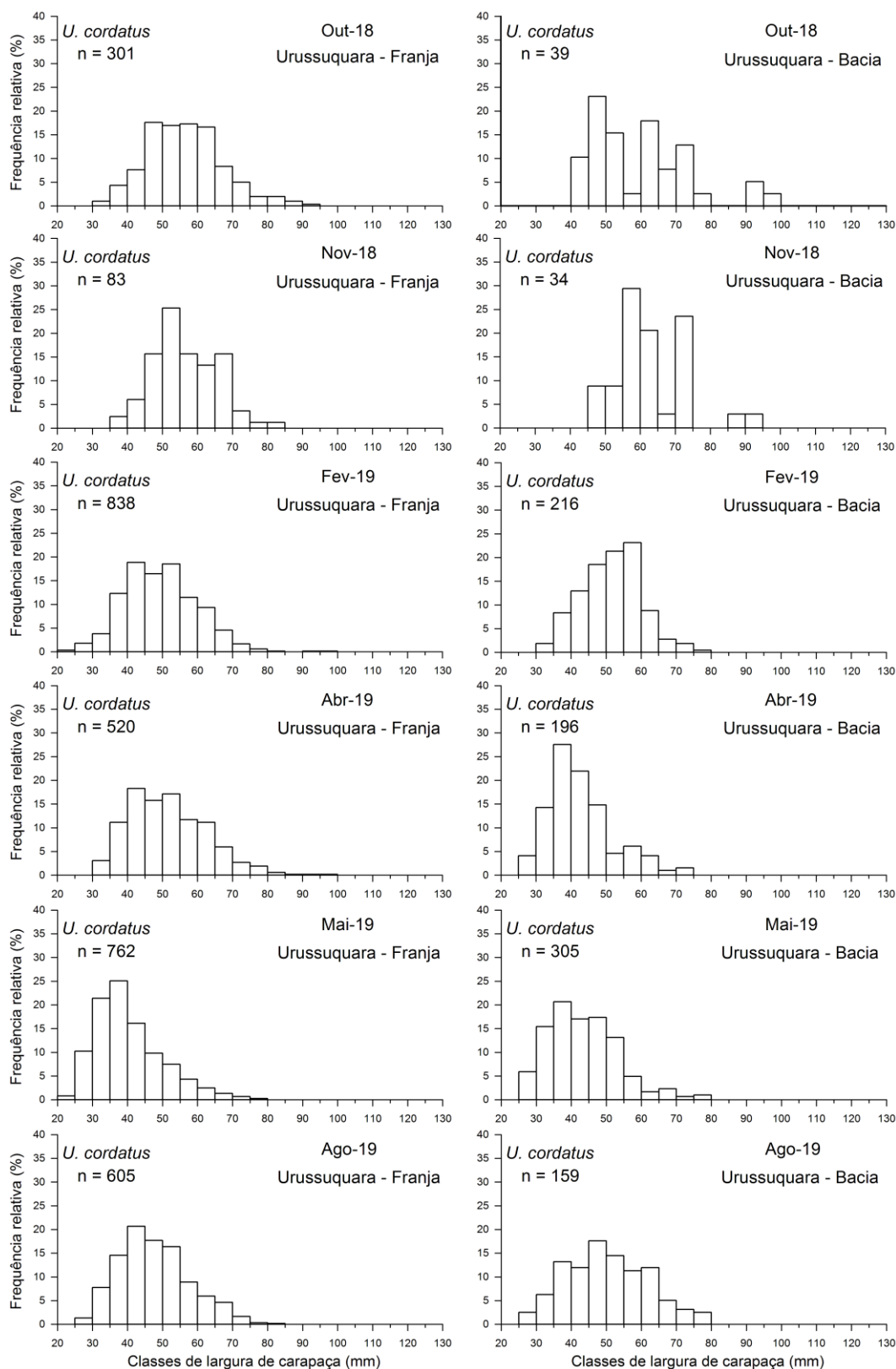


Figura 269: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia em Barra Nova, São Mateus, durante o PMBA entre outubro de 2018 e agosto de 2019.

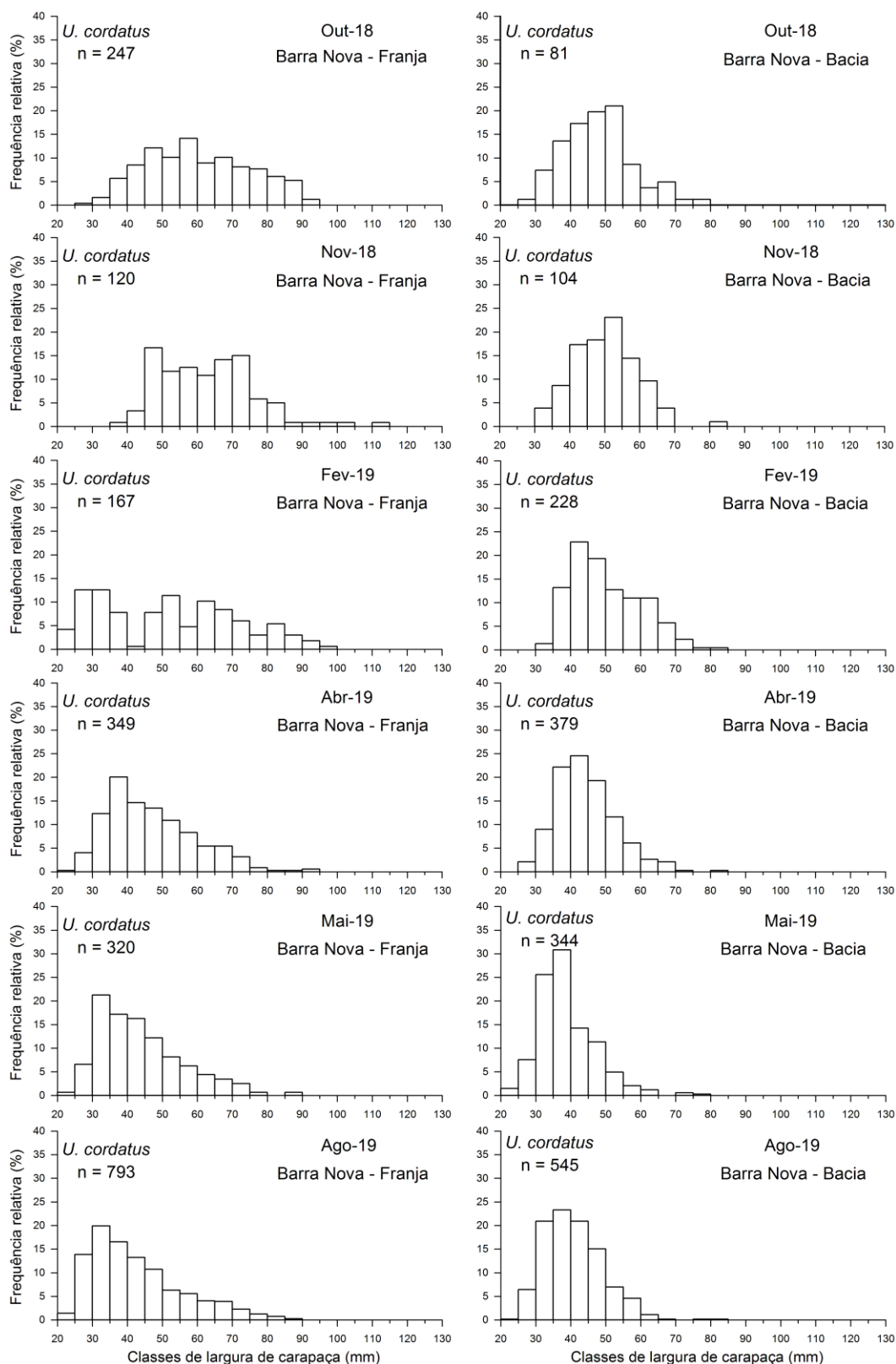


Figura 270: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia do estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, durante o PMBA entre outubro de 2019

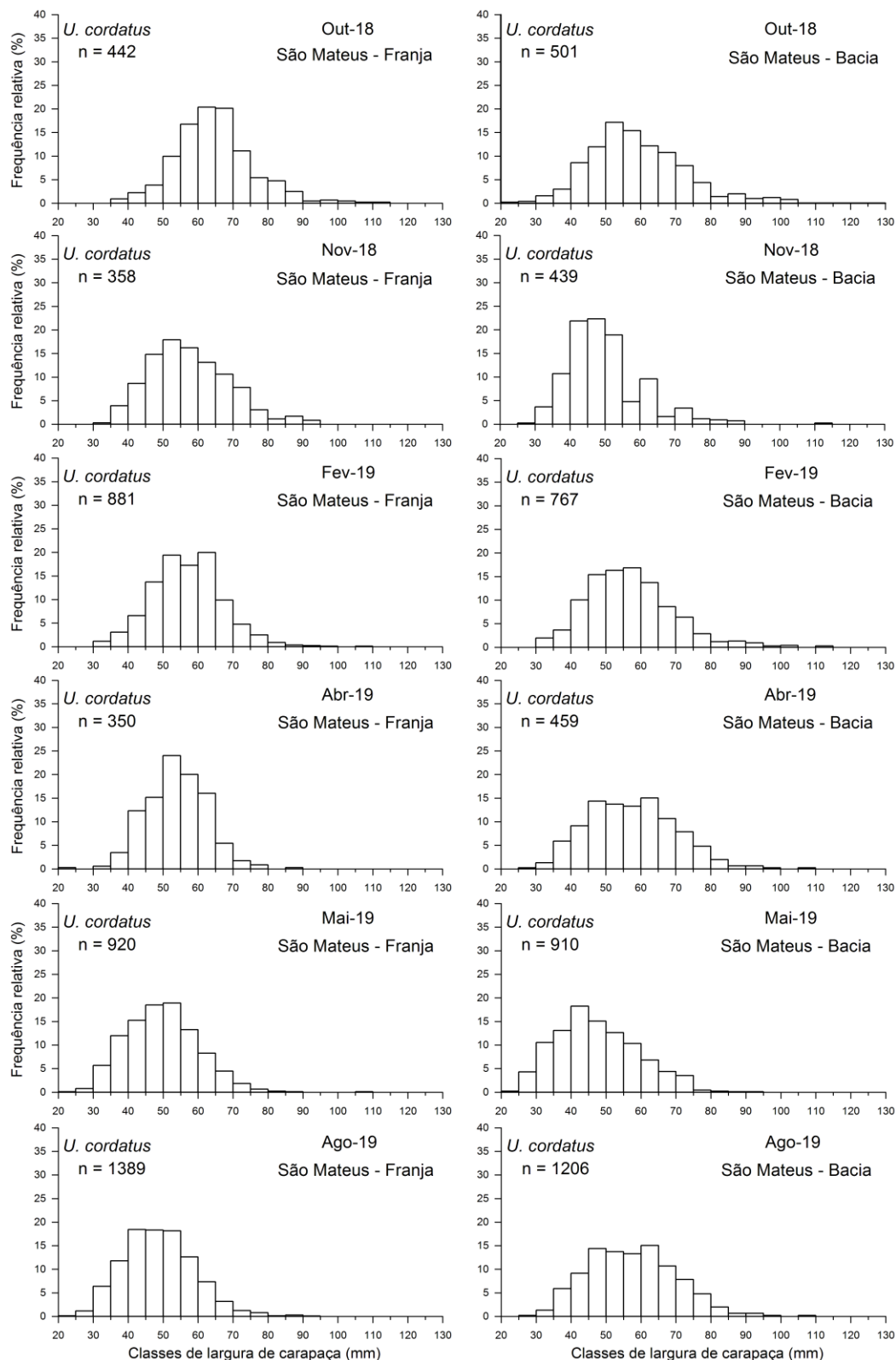
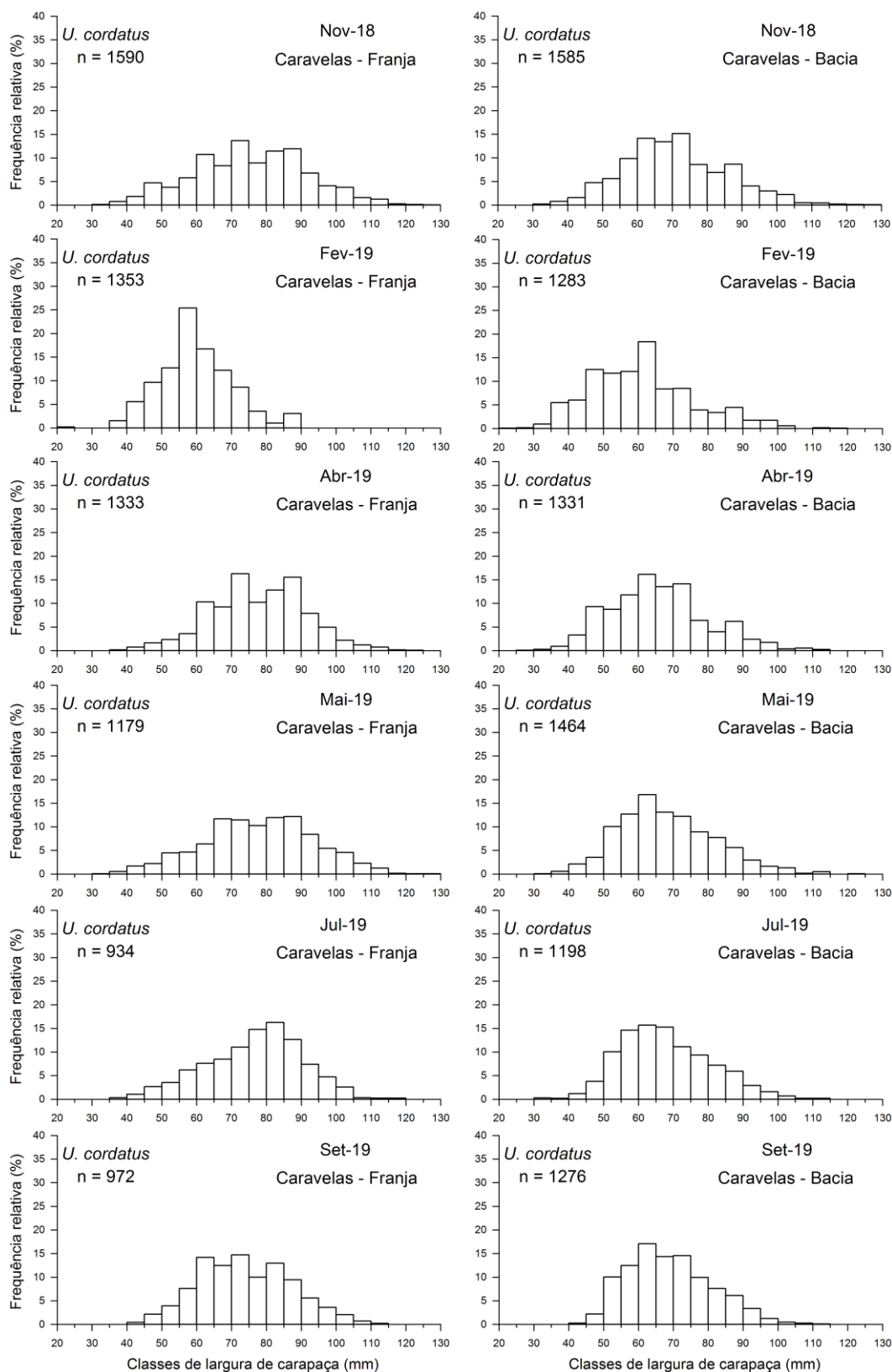
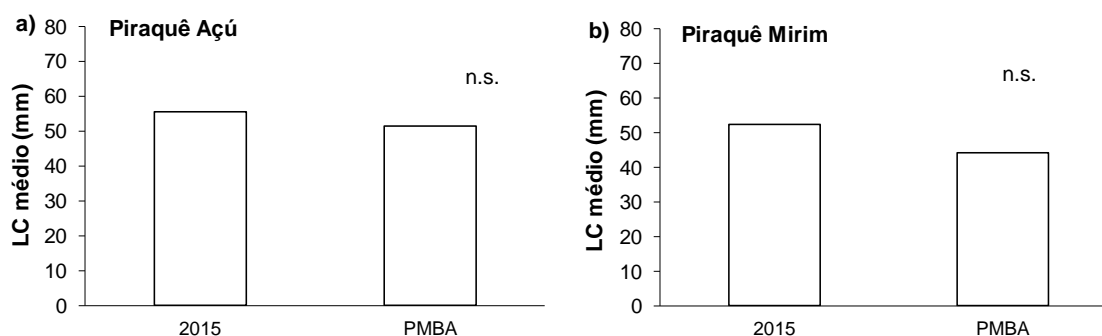


Figura 271: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em bosques de franja e de bacia do estuário de Caravelas, Caravelas, durante o PMBA entre novembro de 2018 e setembro de 2019



Os resultados da análise de variância entre o tamanho médio de *U. cordatus* no Piraquê-Açú observado durante o PMBA e aqueles pretéritos obtidos anterior ao rompimento (SPINASSÉ, 2016), permitem inferir que não houve diferenças significativas entre os dois períodos ($p > 0,05$) como pode ser visualizado na Figura 272a. Comportamento similar foi observado para o estuário do rio Piraquê-Mirim (Figura 272b).

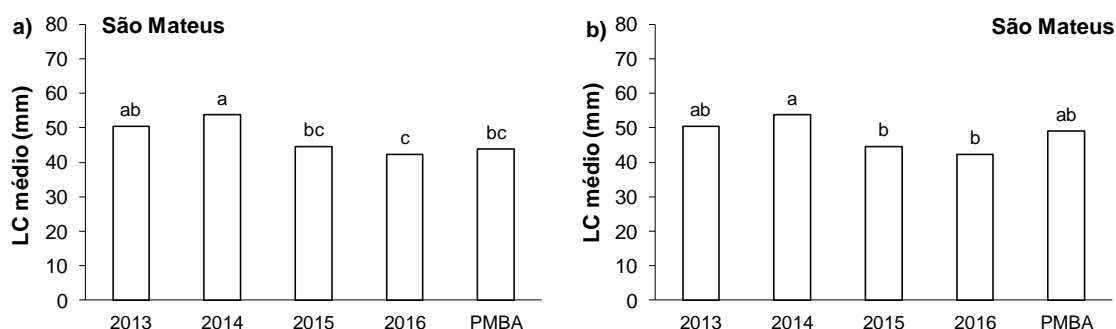
Figura 272: Análise comparativa do tamanho médio do cefalotórax (LC médio) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em 2015 e durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. a) Piraquê-Açú, b) Piraquê-Mirim. Anova $p > 0,05$. LC médio: largura do cefalotórax em milímetros. n.s.: não significativo.



Diferenças significativas foram observadas entre o tamanho médio de *U. cordatus* antes (AFFONSO, 2014), aquele após o rompimento da barragem de Fundão (PORTO, 2016) e o obtido durante o PMBA ($p < 0,05$) no estuário do rio São Mateus (Figura 273). Em geral, a variabilidade temporal do tamanho médio não permite inferir que houve declínio significativo no presente estudo em relação aos anos anteriores, pois o valor é estatisticamente similar aos anos 2013, 2015 e 2016 ($p > 0,05$) ao avaliar somente a estação amostral SM1E (Figura 273a) onde os dados pré e pós rompimento também foram coletados.

Ao comparar os dados pretéritos, pré e pós rompimento, com o tamanho médio dos indivíduos, considerando todas as estações amostrais do estuário, verifica-se que o valor encontrado durante o PMBA é similar aos demais períodos, apesar das diferenças na variabilidade temporal. O LC médio em função dos períodos amostrados pode ser observado na Figura 273b.

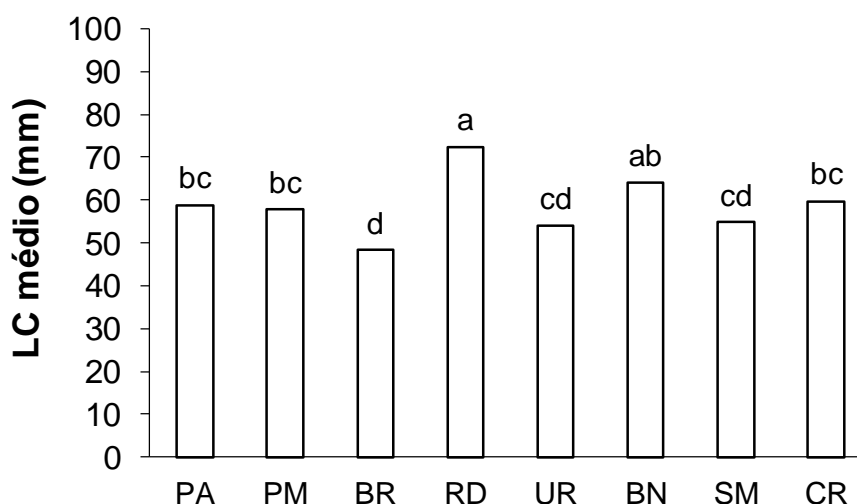
Figura 273: Análise estatística do tamanho médio (LC médio) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), entre 2013 e 2016 e durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no estuário do rio São Mateus. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: largura do cefalotórax em milímetros.



3.11.2.2 *Cardisoma guanhumi*

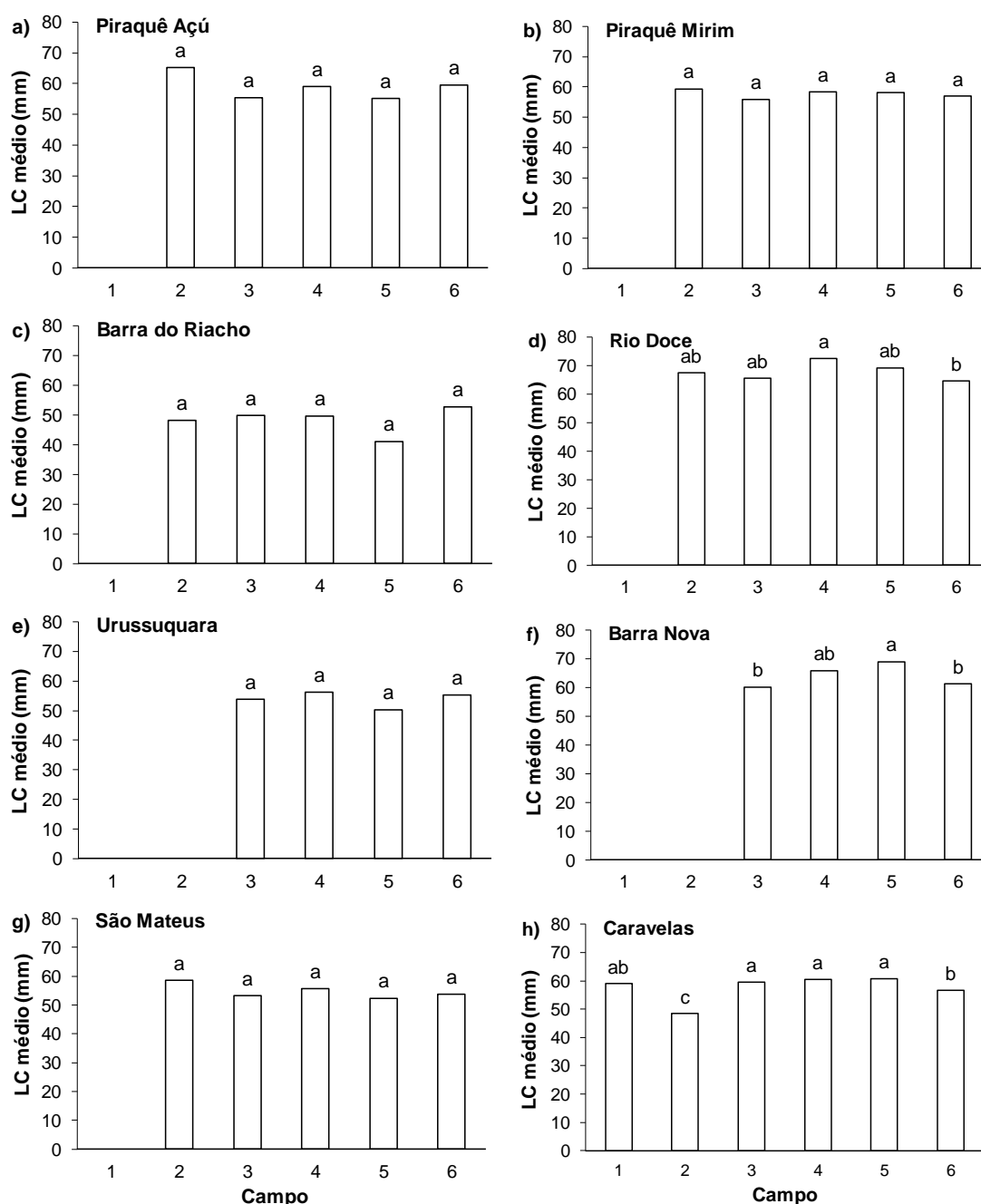
Para esta espécie, estrutura populacional apresentou aspectos de similaridade e de diferença significativa quando foram observados o parâmetro tamanho médio dos indivíduos entre os diferentes estuários monitorados (Figura 274). Os dados referentes a área de monitoramento Costa das Algas não entraram nesta análise devido ao número amostral ser relativamente baixo ($N = 5$). Rio Doce apresentou o maior valor médio para a largura da carapaça (i. e. $72,30 \pm 8,44$ mm) com diferença significativa quando comparado com as demais áreas (Anova $p < 0,05$, teste de Tukey $p < 0,05$). Por outro lado, os menores indivíduos foram avaliados na Barra do Riacho (i.e. $48,27 \pm 4,32$ mm). Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra Nova e Caravelas apresentaram valores similares de largura da caparaça ($p > 0,05$).

Figura 274: Análise estatística do tamanho médio do cefalotórax (LC) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em função dos estuários, Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, de Barra do Riacho, Rio Doce, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas durante o PMBA entre novembro de 2018 a setembro de 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: largura do cefalotórax em milímetros.



A Figura 275 mostra a variação do tamanho médio dos indivíduos (LC médio) em função dos períodos de amostragens (campos 1 ao 6) em cada estuário monitorado. Nota-se que apenas Rio Doce, Barra Nova e Caravelas apresentaram mudanças significativas nos valores médios da carapaça ($p < 0,05$). Destaca-se que para os três estuários, o tamanho médio da carapaça no último campo foi similar ao primeiro ($p > 0,05$). Esta variável exibiu homogeneidade temporal para os demais estuários.

Figura 275: Análise estatística do tamanho médio do cefalotórax de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em função das amostragens (campos 1 a 6) em cada estuário durante o PMBA entre novembro de 2018 e setembro de 2019. a) Piraquê-Açú, b) Piraquê-Mirim, c) Costa das Algas, d) Barra do Riacho, e) Urussuquara, f) Barra Nova, g) São Mateus e h) Caravelas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. LC médio: largura do cefalotórax em milímetros.



Como pode ser observado nos histogramas das Figura 276 a Figura 283, o número relativamente pequeno de indivíduos capturados não permite a nítida observação de modas na maioria dos estuários. Exceções ocorreram no Piraquê-Mirim e no Rio Doce, onde foi possível observar de forma geral estabilidade na moda e, em Caravelas, onde observa-se leve tendência de deslocamento da moda para as maiores classes de tamanho, tanto na zona de apicum quanto na zona de mata de restinga. Comparando estes três estuários observa-se maior frequência nas maiores classes de tamanho no Piraquê-Mirim e Rio Doce do que em Caravelas.

Figura 276: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), no estuário do rio Piraquê-Açu, Aracruz, durante o PMBA entre novembro de 2018 e julho de 2019.

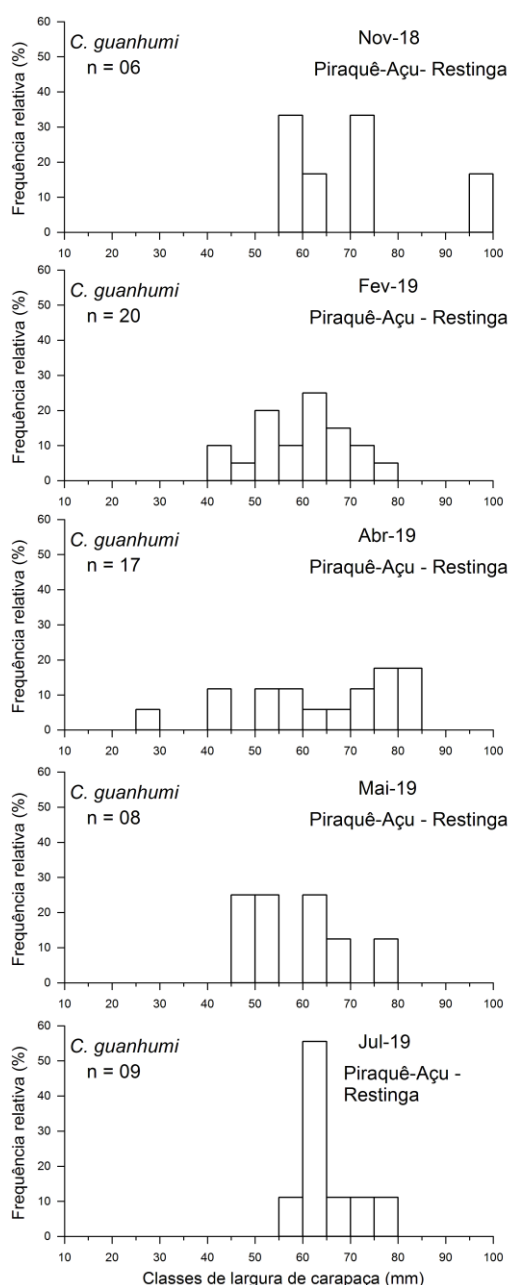


Figura 277: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, durante o PMBA entre novembro de 2018 e julho de 2019.

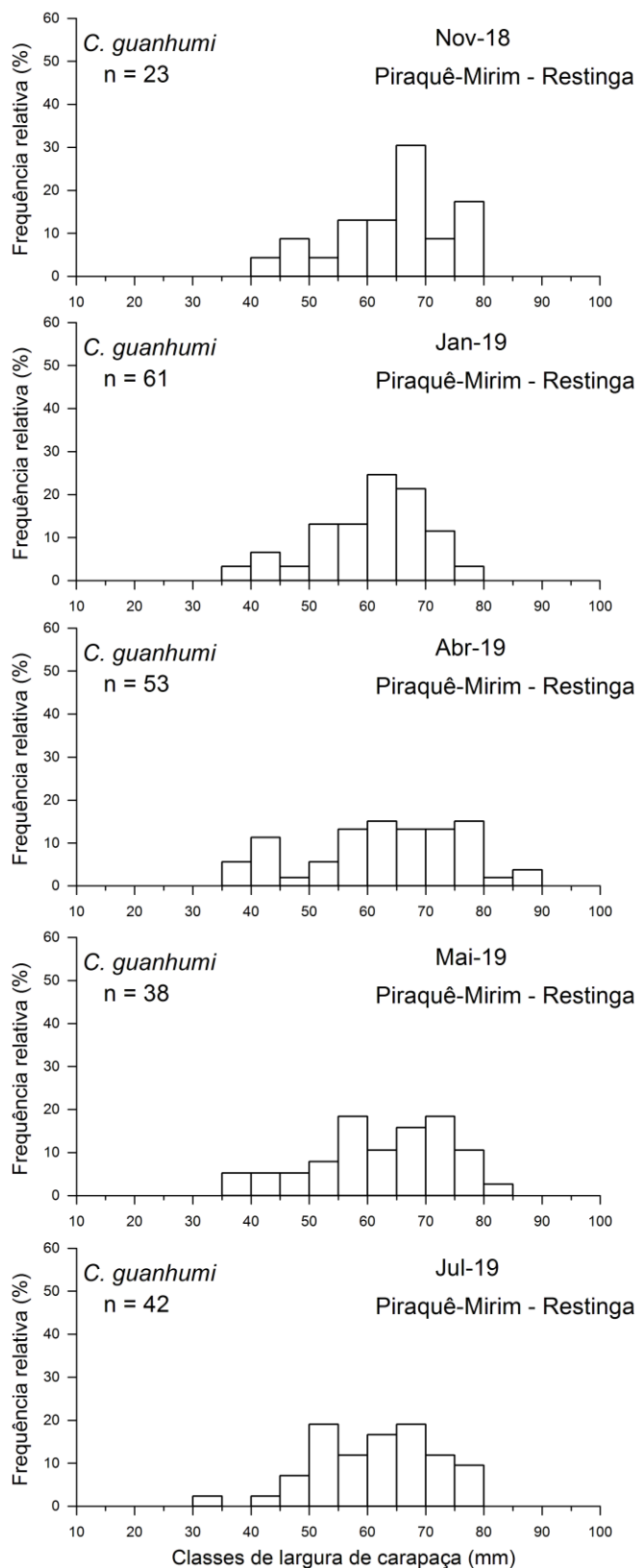


Figura 278: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em Barra do Riacho, Aracruz, durante o PMBA entre novembro de 2018 e julho de 2019.

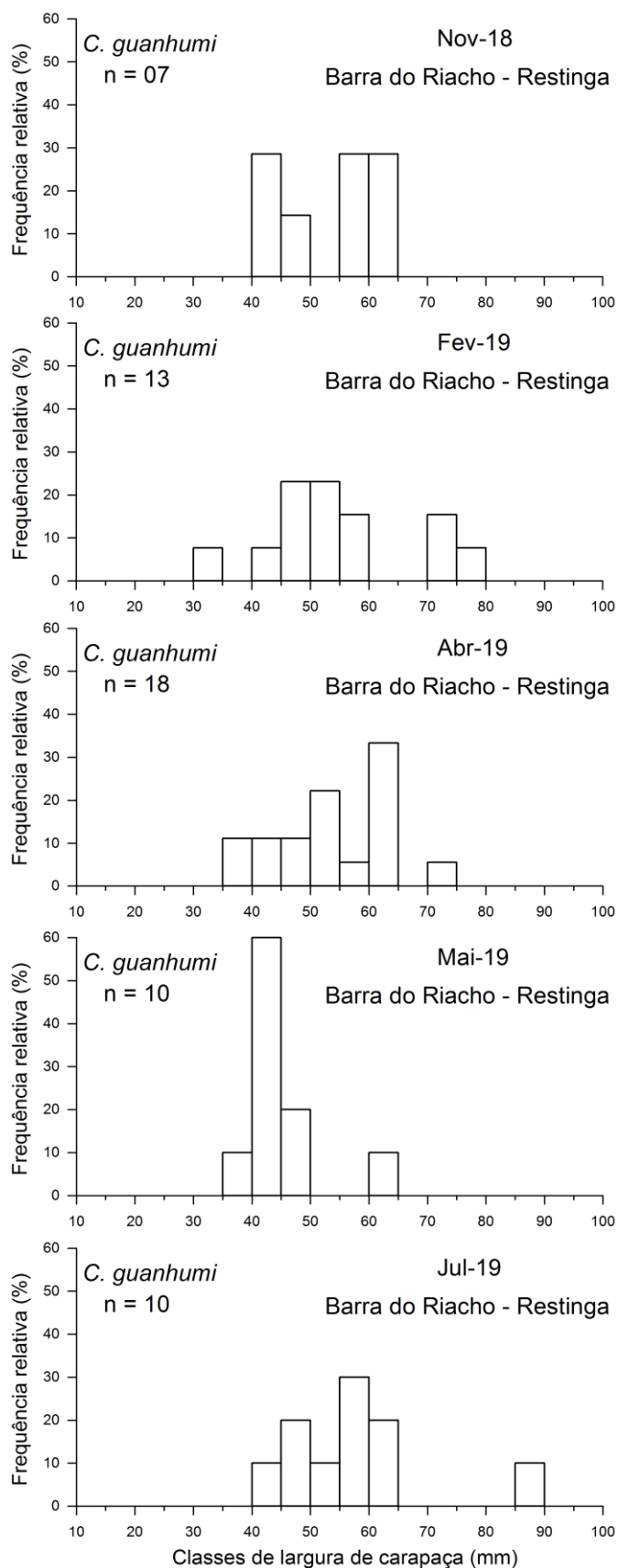


Figura 279: : Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), na foz do Rio Doce, Linhares, durante o PMBA entre dezembro de 2018 e julho de 2019.

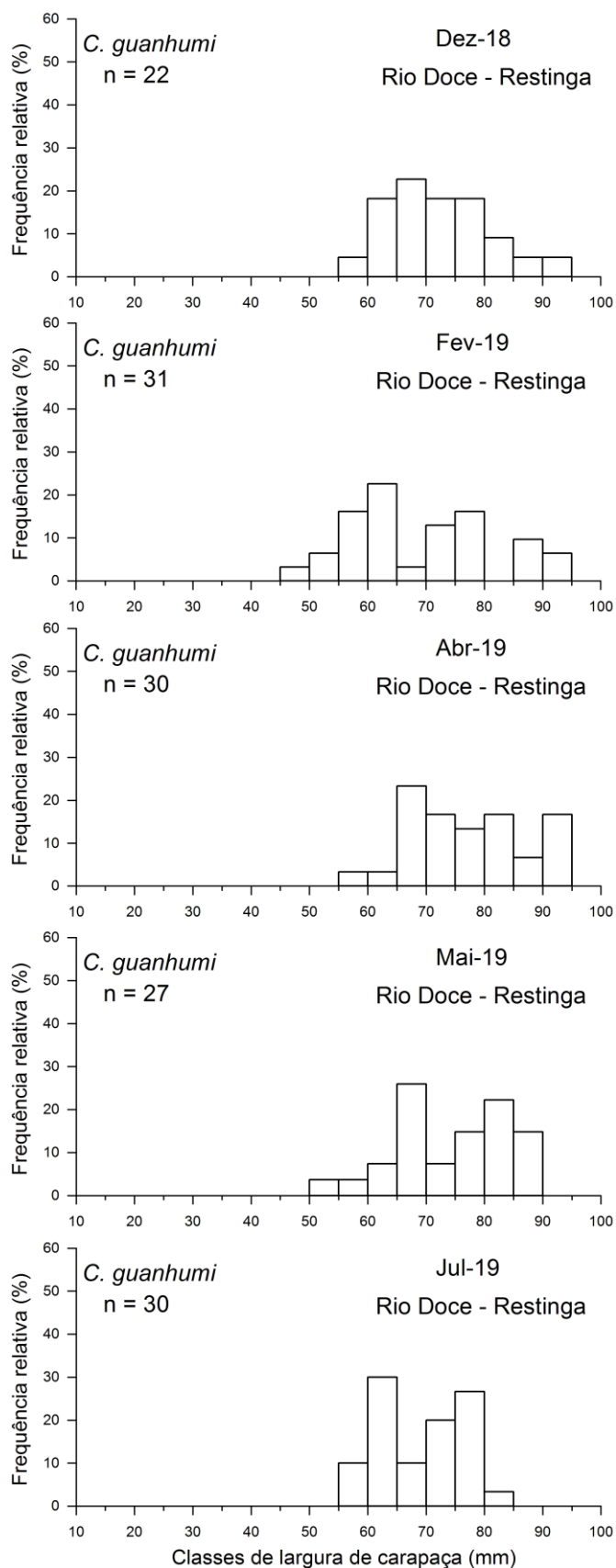


Figura 280: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em Urussuquara, São Mateus, durante o PMBA entre fevereiro de 2019 e agosto de 2019.

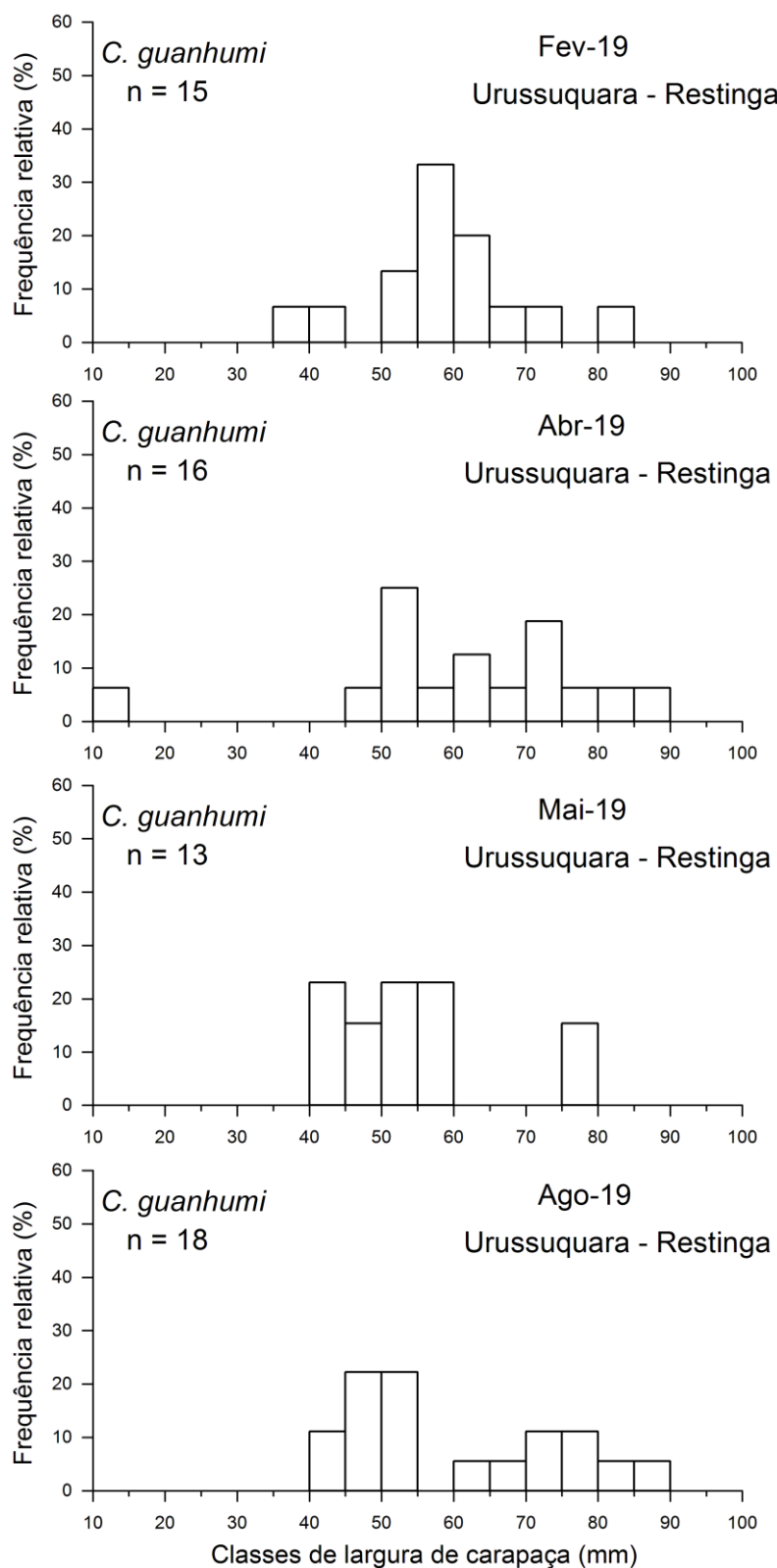


Figura 281: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), em Barra Nova, São Mateus, durante o PMBA entre janeiro de 2019 e agosto de 2019.

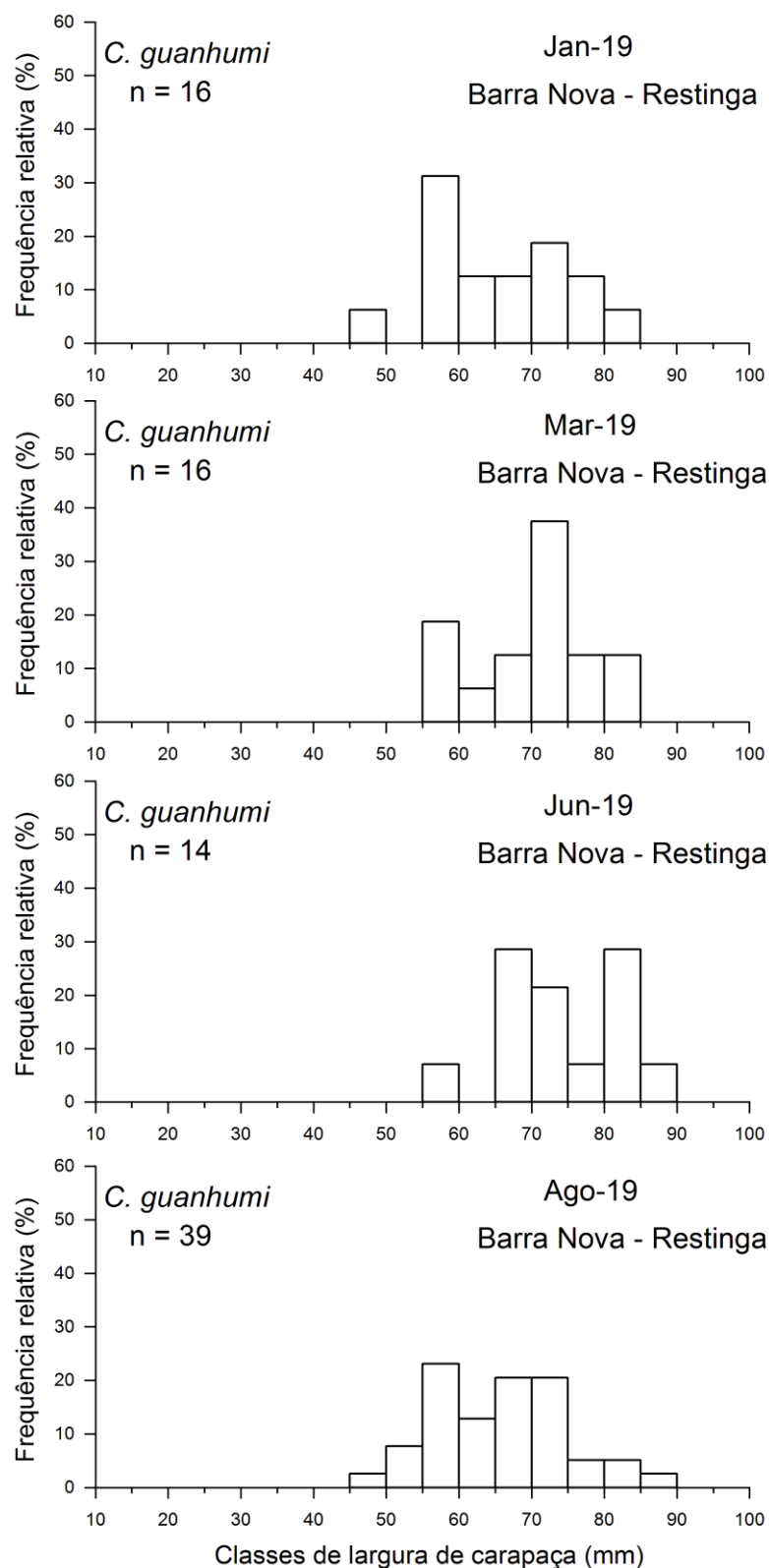


Figura 282: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, durante o PMBA entre dezembro de 2018 e agosto de 2019.

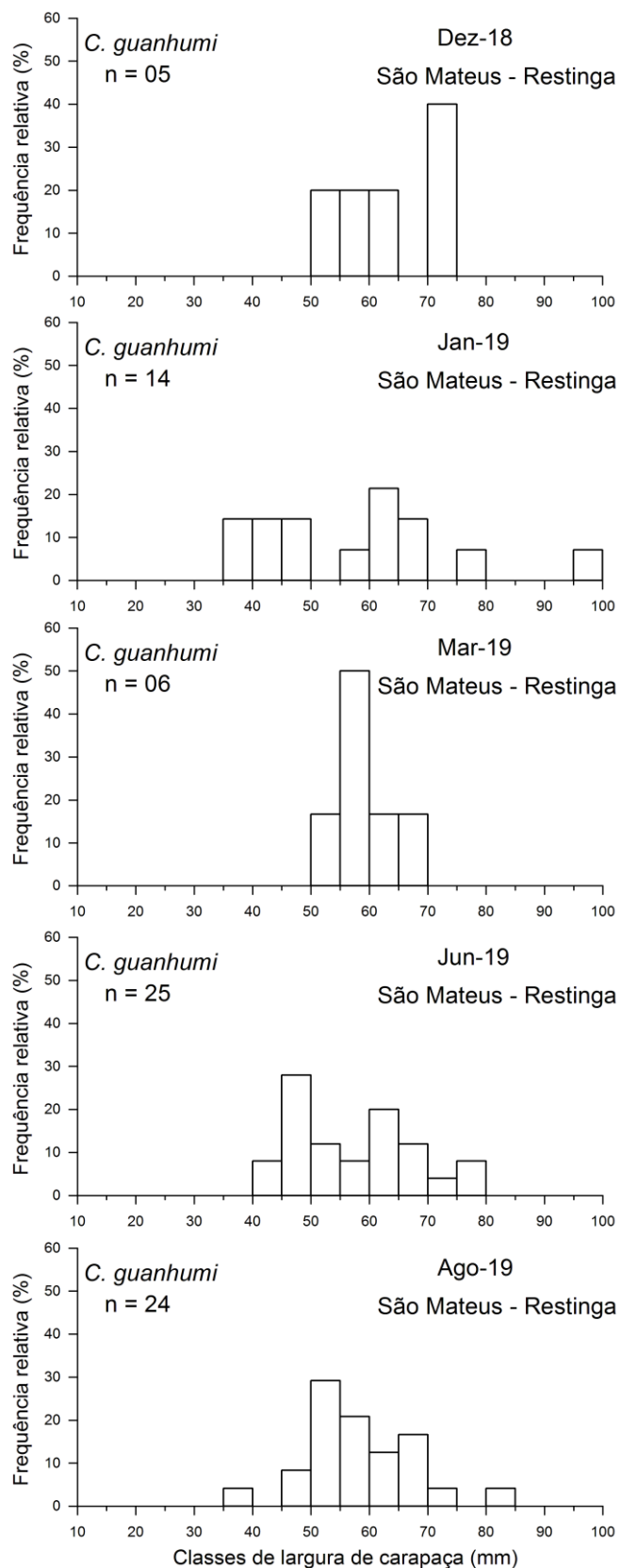
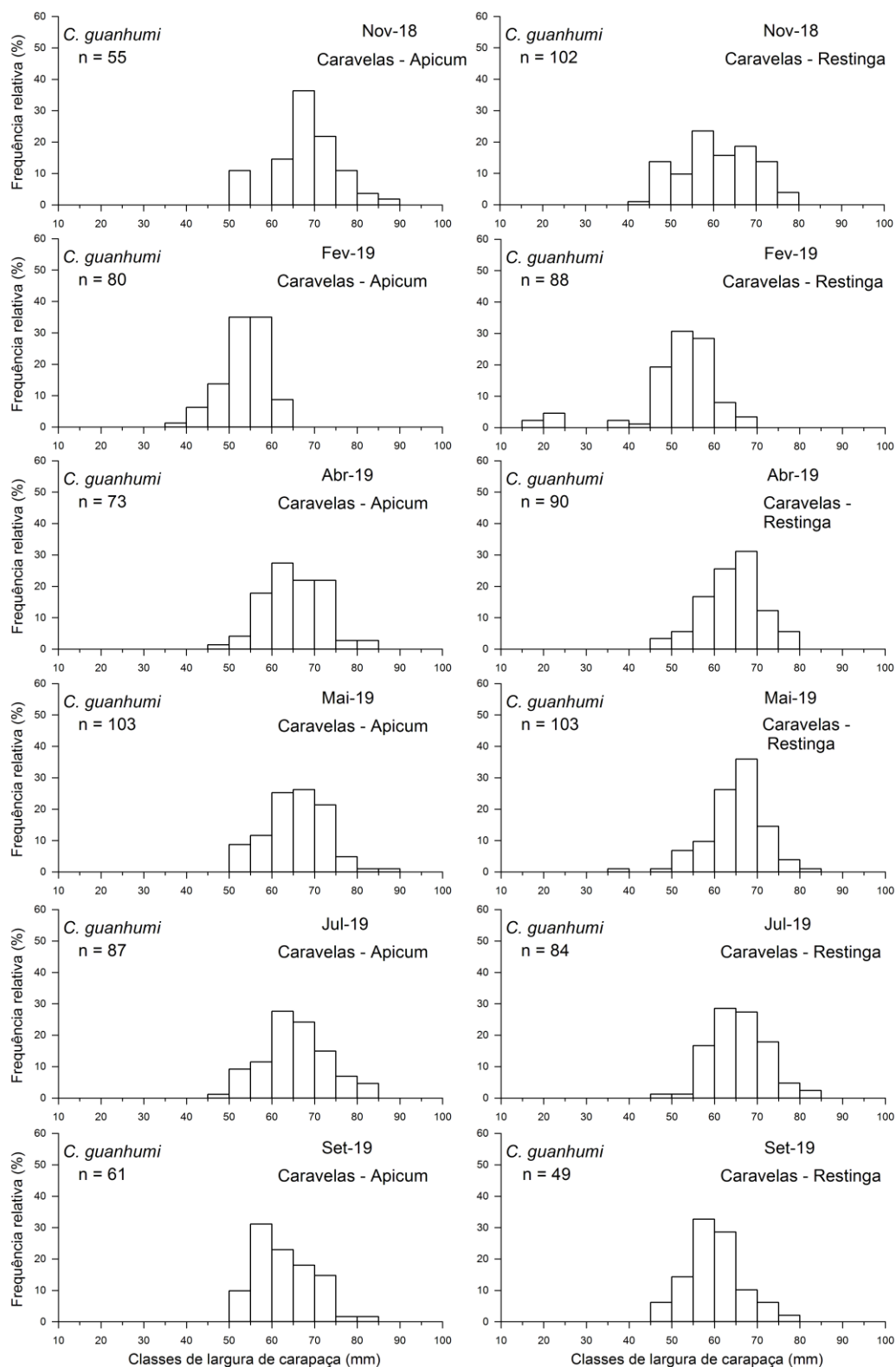


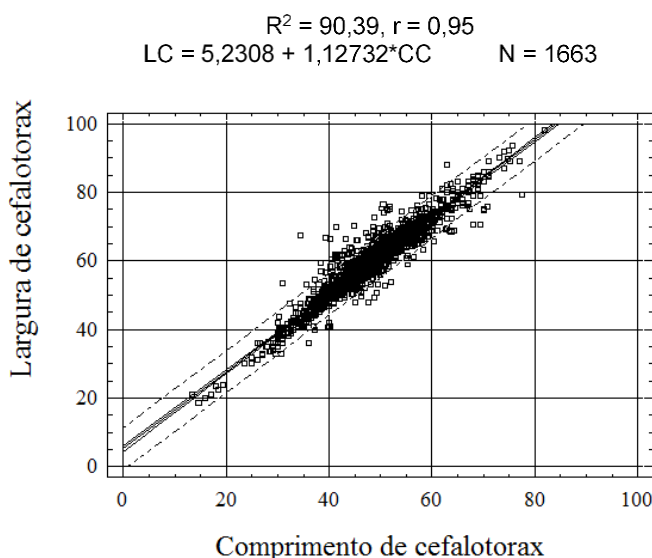
Figura 283: Histogramas de distribuição de frequência em classes de largura de carapaça (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), no estuário de Caravelas, Caravelas, durante o PMBA entre novembro de 2018 e setembro de 2019



3.11.2.3 Regressão Linear da largura em função do comprimento do cefalotórax de *Cardisoma guanhumi*

A regressão linear simples da largura de cefalotórax (LC) em função do comprimento de cefalotórax (CC) dos 1663 guaiamuns medidos entre outubro de 2018 e setembro de 2019, demonstrou que a relação entre estas variáveis podem ser descrita por modelo linear com a seguinte equação de reta: $LC = 5,2308 + 1,12732 \cdot CC$. O alto coeficiente de determinação indica que o modelo explica 90,39% da variabilidade dos dados. Por sua vez, o coeficiente de correlação igual a 0,95 indica uma forte relação entre as variáveis comprimento de cefalotórax e largura de cefalotórax (Figura 284).

Figura 284: Reta de regressão e equação de reta da largura de cefalotórax (LC) em função do comprimento de cefalotórax (CC) de guaiamuns, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), coletados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no norte do Espírito Santo e sul da Bahia (Caravelas). R^2 = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.



A regressão linear simples do menor diâmetro de abertura de galeria de cefalotórax (DG) em função do comprimento de cefalotórax (CC) dos 1663 guaiamuns medidos, apresentou coeficientes de determinação e de correlação extremamente baixos, considerando-se tanto o menor quanto o maior diâmetro de galeria (respectivamente, 19,71% e 0,44 e 23,70% e 0,48 Tabela 91). A aplicação de uma correção dos dados de menor diâmetro de galeria (ver nota de rodapé da Tabela 94) melhorou a relação entre as variáveis. Entretanto, os coeficientes não foram suficientes para permitir uma confiabilidade na equação de reta obtida na regressão (30,45% e 0,55; Tabela 91; Figura 285). Partindo do pressuposto que esta baixa correlação pode estar ligada ao fato de tocas abandonadas (por deslocamento, predação ou pesca) poderem ser reocupadas por indivíduos menores, foram realizadas regressões lineares separando-se indivíduos maiores (mais suscetíveis ao abandono de tocas) e menores. Foram testadas linhas de corte em larguras de carapaça de 60 mm, 50 mm e 40 mm, conforme pode ser observado na Tabela 91. Apesar disso, a melhor regressão obtida, considerando-se apenas indivíduos com comprimento de cefalotórax menor do que 50 mm e medições corrigidas de

menor abertura de galeria, apresentou coeficiente de determinação igual a 33,18% e coeficiente de correlação igual a 0,58 (Tabela 91), não indicando haver equação de reta confiável.

Foi constatado que a recorrência da baixa correlação entre comprimento de cefalotórax e abertura de galeria foi decorrente do fato de muitos guaiamuns apresentarem o comprimento de cefalotórax não somente superior ao menor diâmetro de abertura de galeria, mas também superior ao maior diâmetro de galeria. Esta aparente incongruência será discutida posteriormente, e levou a realização de novas regressões com a supressão dos dados anômalos (Tabela 91). Assim, foi possível obter equações de reta com coeficientes de determinação e de correlação satisfatórios, considerando-se as medidas corrigidas de menor diâmetro de galeria e os indivíduos com comprimento de cefalotórax menor do que 50 mm (61,12%; 0,78) e, principalmente, menor do que 40 mm (68,68%; 0,83) (Tabela 91). As equações de reta obtidas foram respectivamente: $DG = 9,67397 + 0,912295 \cdot CC$ (indivíduos com $CC < 50$ mm) e $DG = 1,10339 + 1,11091 \cdot CC$ (indivíduos com $CC < 40$ mm) (Figura 286 e Figura 287).

Figura 285: Reta de regressão e equação de reta do menor diâmetro de galeria corrigido (DG) em função do comprimento de cefalotórax (CC) de guaiamuns, *Cardisoma guanhumi*, (Latreille, 1825), coletados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no norte do Espírito Santo e sul da Bahia (Caravelas). Considerando-se todos os tamanhos de indivíduos, incluindo dados anômalos (casos em que o maior diâmetro da abertura de galeria foi menor do que o comprimento do indivíduo). R^2 = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.

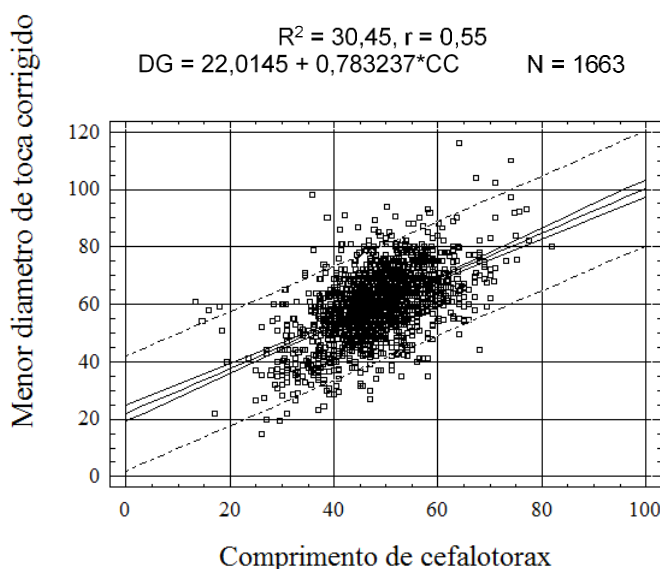


Tabela 91: Resultados de regressões lineares das relações entre o comprimento de cefalotórax de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), e as dimensões (menor diâmetro, menor diâmetro corrigido, conforme nota de rodapé, e maior diâmetro) da abertura da sua respectiva galeria (DG). Análises foram realizadas considerando-se todos os tamanhos de abertura de galeria e separando-se galerias maiores e menores do que limites de tamanho (60mm, 50mm e 40mm). As regressões realizadas com anomalias incluem casos em que o maior diâmetro da abertura de galeria foi menor do que o comprimento do guaiamum, enquanto naquelas realizadas sem anomalias, tais dados foram suprimidos. R^2 = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.

			Menor diâmetro da galeria	Menor diâmetro corrigido*	Maior diâmetro de galeria
Com anomalias	Todos os tamanhos	R^2	19,71%	30,45%	23,70%
		R	0,44	0,55	0,48
	DG \geq 60 mm	R^2	7,74%	14,60%	16,61%
		R	0,27	0,38	0,40
	DG < 60 mm	R^2	10,22%	28,33%	11,80%
		R	0,32	0,53	0,34
	DG \geq 50 mm	R^2	10,21%	19,99%	16,13%
		R	0,32	0,45	0,40
	DG < 50 mm	R^2	12,38%	33,18%	11,69%
		R	0,35	0,58	0,34
	DG \geq 40 mm	R^2	12,22%	23,06%	16,54%
		R	0,35	0,48	0,41
	DG < 40 mm	R^2	12,63%	30,21%	15,05%
		R	0,35	0,55	0,39
Sem anomalias	Todos os tamanhos	R^2	27,89%	39,59%	34,11%
		R	0,53	0,63	0,58
	DG \geq 60 mm	R^2	9,09%	15,11%	17,99%
		R	0,30	0,39	0,42
	DG < 60 mm	R^2	18,39%	45,47%	24,71%
		R	0,42	0,67	0,50
	DG \geq 50 mm	R^2	13,90%	23,38%	21,03%
		R	0,37	0,48	0,46
	DG < 50 mm	R^2	21,02%	61,12%	30,46%
		R	0,46	0,78	0,55
	DG \geq 40 mm	R^2	19,69%	30,89%	25,89%
		R	0,44	0,56	0,51
	DG < 40 mm	R^2	13,12%	68,68%	42,33%
		R	0,36	0,83	0,65

*Os diâmetros foram corrigidos quando o comprimento do guaiamum foi maior do que o **menor** diâmetro de galeria, mas inferior ao **maior** diâmetro de galeria. Nestes casos, a medida do menor diâmetro de galeria foi substituída pela medida do maior diâmetro de galeria. Biologicamente esta correção faz sentido, pois apesar de normalmente o menor diâmetro de galeria se correlacionar com o comprimento do indivíduo, tocas abandonadas pelo construtor podem ser reocupadas por outro indivíduo e este pode entrar ajustando-se ao maior diâmetro da galeria.

Figura 286: Reta de regressão e equação de reta do menor diâmetro de galeria corrigido (DG) em função do comprimento de cefalotórax (CC) de guaiamuns, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), coletados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no norte do Espírito Santo e sul da Bahia (Caravelas). Considerando-se apenas indivíduos menores do que 50 mm e descartando-se dados anômalos (casos em que o maior diâmetro da abertura de galeria foi menor do que o comprimento do guaiamum). R² = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.

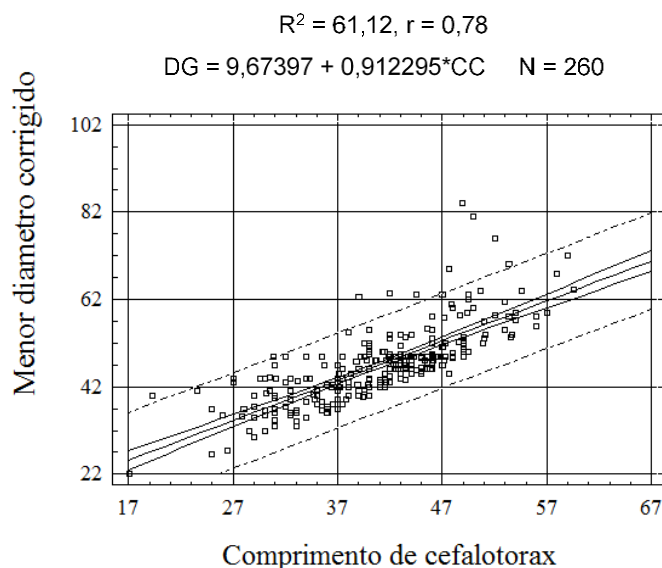
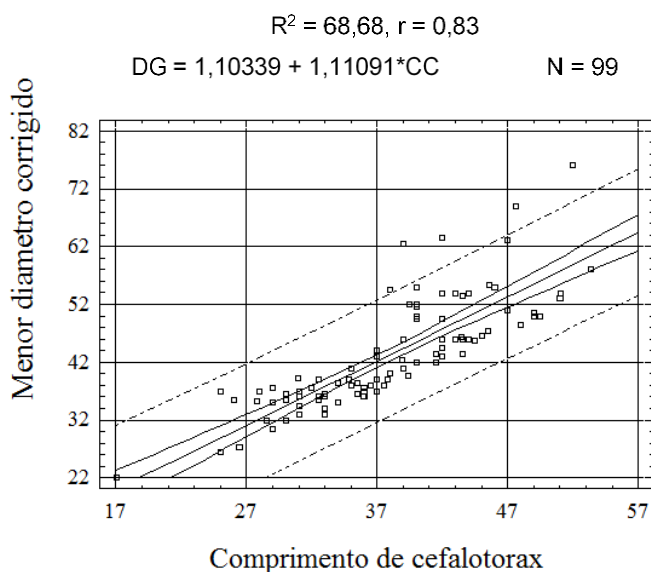


Figura 287: Reta de regressão e equação de reta do menor diâmetro de galeria corrigido (DG) em função do comprimento de cefalotórax (CC) de guaiamuns, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), coletados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 no norte do Espírito Santo e sul da Bahia (Caravelas). Considerando-se apenas indivíduos menores do que 40 mm e descartando-se dados anômalos (casos em que o maior diâmetro da abertura de galeria foi menor do que o comprimento do guaiamum). R² = Coeficiente de determinação; r = Coeficiente de correlação.



3.11.3 Razão Sexual

Durante os meses de outubro/2018 a agosto/2019, foram capturados 832 indivíduos de *U. cordatus* em todos os estuários no norte do Espírito Santo nas estações primavera/verão, sendo 381 machos (77,12%) e 113 fêmeas (22,87%), e outono/inverno, 199 machos (58,87%) e 139 fêmeas (41,12%). A análise da razão sexual durante a estação primavera/verão permitiu identificar diferenças significativas na proporção macho:fêmea, isto é, $X^2 > 3,82$ nos estuários do rio Piraquê-Açú (PA), Urussuquara (UR) e São Mateus (SM) (Tabela 92). Em todos os estuários o número de machos foi superior ao de fêmeas na primavera/verão e no outono/inverno somente em Piraquê-Mirim que as fêmeas superaram o número de machos. Apenas uma fêmea foi capturada em Barra do Riacho na primavera/verão, mantendo-se também em menor número no outono/inverno. Nesta área, o catador de caranguejo que acompanha a equipe em campo teve dificuldades na captura, considerando a maior profundidade das galerias e a quantidade de raízes subterrâneas nas estações amostradas. Na estação outono/inverno a proporção sexual foi significativamente diferente ($X^2 > 3,82$) apenas em Urussuquara e Barra Nova, com o número de macho prevalecendo sobre o de fêmeas como apresentado na Tabela 92.

Tabela 92: Proporção sexual e valores do teste do Qui-quadrado de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nas amostragens realizadas durante o PMBA entre outubro/2018 a agosto/2019 nos estuários do rio Piraquê-Açú (PA), Piraquê-Mirim (PM), APA Costa das Algas (CA), Barra do Riacho (BR), Urussuquara (UR), Maricú (BN) e São Mateus (SM). N = 832; M = Macho; F = Fêmea; FE = Frequência esperada; X^2 teste Qui-Quadrado; p = 5%.

Área	Estação	M	F	Proporção (M:F)	FE	M (%)	F (%)	X^2	p
PA	Primavera/Verão	175	22	8,0:1,0	98,50	88,83	11,17	118,83	*
PM		54	36	1,5:1,0	45,00	60,00	40,00	3,60	n.s.
BR		0	1		0,50			1,00	n.s.
CA		3	3	1,0:1,0	3,00	50,00	50,00	0,00	n.s.
UR		54	11	4,9:1,0	32,50	83,08	16,92	28,45	*
BN		34	28	1,2:1,0	31,00	54,84	45,16	0,58	n.s.
SM		61	12	5,0:1,0	36,00	83,33	16,67	34,72	*
PA	Outono/Inverno	42	26	1,6:1,0	34,00	61,76	38,24	3,76	n.s.
PM		32	49	1,0:1,5	40,50	39,51	60,49	3,57	n.s.
BR		6	2	3,0:1,0	4,00	75,00	25,00	2,00	n.s.
CA		2	0		1,00			2,00	n.s.
UR		52	30	1,7:1,0	41,00	63,41	36,59	5,90	*
BN		57	21	2,7:1,0	39,00	73,08	26,92	16,62	*
SM		8	11	1,0:1,4	9,50	42,11	57,89	0,47	n.s.

n.s. = não significativo. *p < 0,05.

Um total de 561 indivíduos de *C. guanhumi* foi capturado nos estuários na estação primavera/verão, sendo 248 machos (44,20%) e 313 fêmeas (55,79%). Há diferença significativa na razão sexual, utilizando o teste Qui-Quadrado, apenas no estuário de Caravelas (CR) onde a proporção foi de 1,0:1,4 com o número de fêmeas superior ao de machos (Tabela 93). Na estação outono/inverno, o

total de 1005 indivíduos foi coletado, sendo 537 machos (53,43%) e 468 fêmeas (46,56%). A proporção sexual foi significativa ($p < 0,05$) apenas em Barra do Riacho (4,4:1,0) e Caravelas (1,8:1,0), ambos com predominância de machos. Esses resultados estão descritos na Tabela 93.

Tabela 93: Proporção sexual e valores do teste do Qui-quadrado de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), nas amostragens realizadas durante o PMBA entre novembro/2018 a setembro/2019 nos estuários do rio Piraquê-Açú (PA), Piraquê-Mirim (PM), APA Costa das Algas (CA), Barra do Riacho (BR), Rio Doce (RD), Ipiranga (UR), Mariricu (BN), São Mateus (SM) e Caravelas (CR). FE: Frequência esperada. N = 1566; M = Macho; F = Fêmea; FE = Frequência esperada; χ^2 teste Qui-Quadrado; $p = 5\%$.

Área	Estação	M	F	Proporção (M:F)	FE	M (%)	F (%)	χ^2	p
PA	Primaveira/Verão	15	11	1,4:1,0	13,00	57,69	42,31	0,62	n.s.
PM		40	44	1,0:1,1	42,00	47,62	52,38	0,19	n.s.
BR		11	9	1,2:1,0	10,00	55,00	45,00	0,20	n.s.
CA		1	1	1,0:1,0	1,00	50,00	50,00	0,00	n.s.
RD		23	34	1,0:1,5	28,50	40,35	59,65	2,12	n.s.
UR		8	7	1,1:1,0	7,50	53,33	46,67	0,07	n.s.
BN		6	10	1,0:1,7	8,00	37,50	62,50	1,00	n.s.
SM		11	8	1,4:1,0	9,50	57,89	42,11	0,47	n.s.
CR		133	189	1,0:1,4	161,00	41,30	58,70	9,74	*
PA	Outono/Inverno	22	12	1,8:1,0	17,00	64,70	35,29	2,94	n.s.
PM		77	56	1,4:1,0	66,50	57,90	42,11	3,32	n.s.
BR		31	7	4,4:1,0	19,00	81,60	18,42	15,16	*
CA		2	1	2,0:1,0	1,50	66,70	33,33	0,33	n.s.
RD		36	50	1,0:1,4	43,00	41,90	58,14	2,28	n.s.
UR		28	19	1,5:1,0	23,50	59,60	40,43	1,72	n.s.
BN		34	35	1,0:1,0	34,50	49,30	50,72	0,01	n.s.
SM		35	20	1,8:1,0	27,50	63,60	36,36	4,09	*
CR		272	268	1,0:1,0	270,00	50,37	49,63	0,03	n.s.

n.s. = não significante. * $p < 0,05$.

3.11.4 Fecundidade

3.11.4.1 *Ucides cordatus*

A Tabela 94 apresenta a fecundidade (F) estimada, largura do cefalotórax (LC) e o peso (P) para cada fêmea ovígera (FO) capturada. O estuário do rio Piraquê-Mirim apresentou número amostral inferior a 10 ($n = 4$), diferindo das demais áreas ($n = 10$) devido às dificuldades apresentadas para a captura das fêmeas. Piraquê-Açú exibiu a maior fecundidade e tamanho médio das fêmeas (147173 ovos.fêmea⁻¹ e 64,91 cm, respectivamente). Por outro lado, os menores valores foram registrados em Urussuquara, 64.738 ovos.fêmea⁻¹ e 46,05 cm, respectivamente. A largura do cefalotórax e a sua variabilidade em cada estuário também é apresentado na Tabela 94. Os indivíduos coletados no Piraquê-Mirim não foram inseridos na análise de variância devido ao número amostral, considerado relativamente pouco

representativo para o estuário. Daqui em diante os resultados dessas análises e as discussões serão apresentadas com base nas informações obtidas para Piraquê-Açú, Urussuquara e São Mateus.

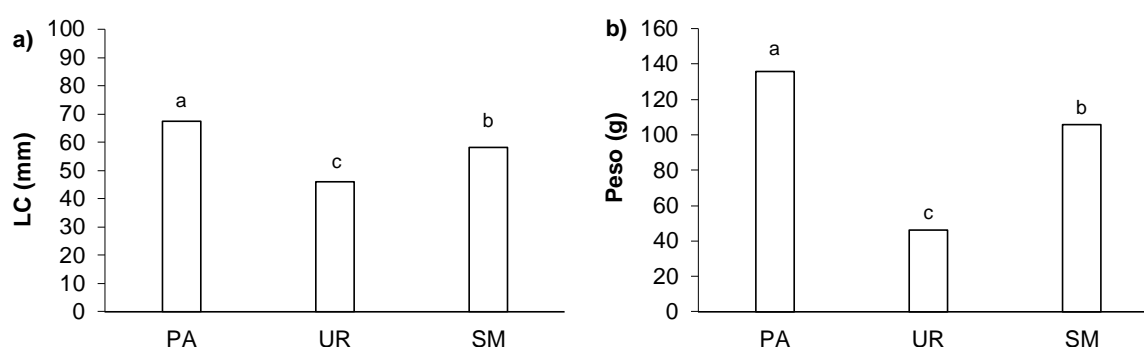
A coleta das fêmeas ovígeras na APA Costa das Algas, Barra do Riacho, Barra Nova e Caravelas não foram viáveis, pois a equipe de campo estava realizando a amostragem da estrutura populacional de *U. cordatus* e *C. guanhumi*. Consequentemente, não foi possível realizar a logística para o transporte do catador profissional até a área de coleta e dos indivíduos que seriam capturados e levados para o laboratório para realização dos procedimentos e análises, uma vez que a captura é realizada no período de andada para evitar danos ao bosque e estresse aos exemplares.

Tabela 94: Dados da estrutura populacional, com os valores médios da fecundidade estimada, largura do cefalotórax e peso das fêmeas ovígeras de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraquê-Açú (n = 10), Piraquê-Mirim (n = 4), no município de Aracruz, Ipiranga (n = 10), em Urussuquara, São Mateus, e rio São Mateus (n = 10), Conceição da Barra, Espírito Santo. LC: Largura do cefalotórax (mm); P: Peso (g); F: Fecundidade (ovos.fêmea⁻¹).

Fêmea ovada	Piraquê-Açú			Piraquê-Mirim		
	LC (mm)	P (g)	F	LC (mm)	P (g)	F
1	68,69	150,26	167489	49,32	53,58	102432
2	63,18	121,01	144210	46,57	50,90	73821
3	69,17	138,43	150050	45,70	53,47	58667
4	68,46	132,09	139036	57,86	83,66	156025
5	71,24	149,64	174043			
6	68,03	134,42	129524			
7	71,08	160,71	121254			
8	59,09	94,65	130603			
9	69,92	149,84	138074			
10	65,72	128,85	177450			
Média	67,45	135,99	147173	49,86	60,40	97736
Desvio padrão	3,81	18,86	19650,77	5,55	15,55	42887,38
Fêmea ovada	Urussuquara			São Mateus		
	LC (mm)	P (g)	F	LC (mm)	P (g)	F
1	46,30	45,31	55774	60,63	108,66	81513
2	43,13	38,43	52629	67,96	132,87	91718
3	45,39	44,49	59957	66,87	136,54	160235
4	50,89	60,27	112009	73,38	159,29	145233
5	48,49	56,58	44391	62,94	127,15	108312
6	43,42	35,21	37329	52,82	89,82	126039
7	48,21	47,78	56752	45,07	62,52	67554
8	40,00	31,00	32832	53,47	92,82	130826
9	45,56	48,69	74432	45,75	51,13	69743
10	49,11	55,59	121269	53,37	95,87	127511
Média	46,05	46,34	64738	58,23	105,67	110868
Desvio padrão	3,27	9,54	29853,56	9,61	33,97	32190,23

Diferenças significativas foram observadas no tamanho (Anova, $p < 0,0001$; teste de Tukey, $p < 0,05$) e no peso (Anova, $p < 0,0001$; teste de Tukey; $p < 0,05$) (Figura 288) das fêmeas ovígeras entre Piraquê-Açú, Urussuquara e São Mateus. O primeiro estuário apresentou os maiores valores de largura do cefalotórax (mm), peso (g) e fecundidade, sendo seguido por São Mateus, com os menores valores registrados para Urussuquara. Os menores tamanhos de carapaça observados em cada local foram 59, 40 e 45 mm para Piraquê-Açú, Urussuquara e São Mateus, respectivamente (Tabela 95).

Figura 288: Descrição dos dados estruturais para a) Largura média do cefalotórax (LC) em mm; e b) Peso (P) em gramas das fêmeas ovígeras de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraquê-Açú (PA), Ipiranga (UR) e São Mateus (SM), 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade



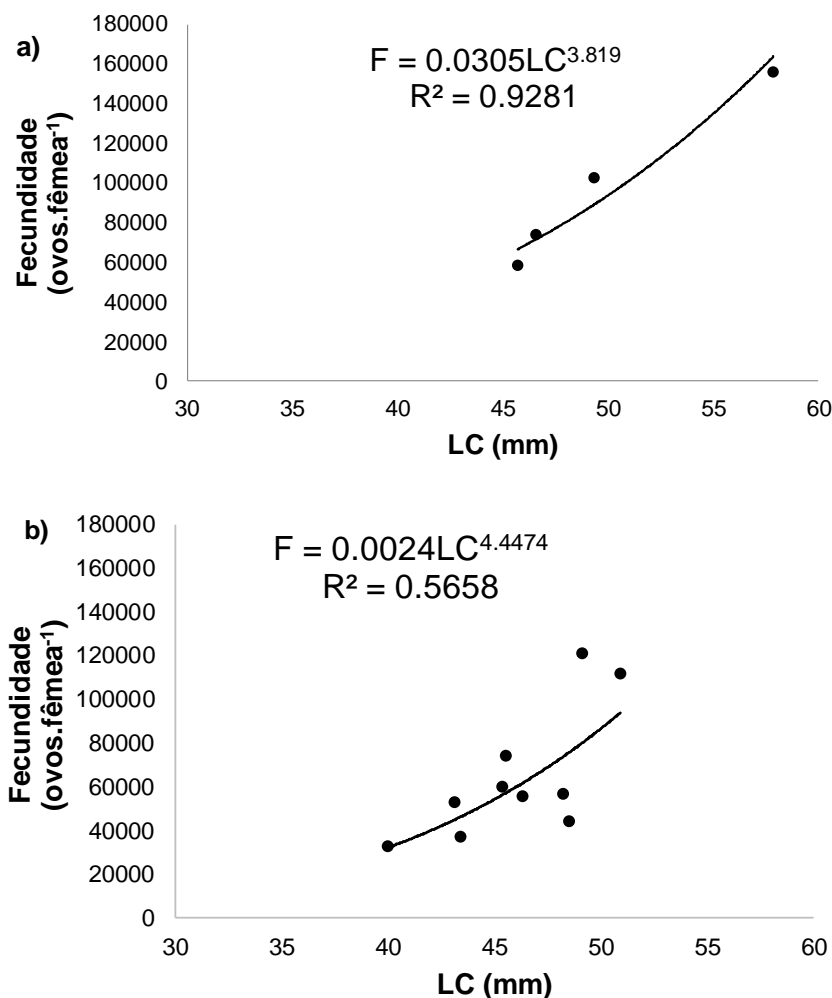
Não houve correlação entre fecundidade e largura do cefalotórax das fêmeas ovígeras no Piraquê Açú ($R_p = 0,14$; $p > 0,05$) e São Mateus ($R_p = 0,54$; $p > 0,05$). Diferente dos resultados no Piraquê-Açú e São Mateus, as duas variáveis (LC x F) apresentaram correlação positiva significativa no Piraquê-Mirim ($R_p = 0,98$; $p < 0,005$) e Urussuquara ($R_p = 0,71$; $p < 0,05$).

No presente estudo, quatro modelos (Linear, Exponencial, Logarítmico e Potencial) foram ajustados aos dados de fecundidade e largura do cefalotórax para verificar qual melhor equação representa a relação causa e efeito entre essas duas variáveis, mas nenhum resultou em bom ajuste para os estuários dos rios Piraquê-Açú e São Mateus como descrito pelos valores do coeficiente de determinação (R^2) exibidos na Tabela 95. Entretanto, no estuário do rio Piraquê-Mirim, os modelos Linear e Exponencial apresentaram os maiores valores do R^2 e, em Urussuquara, os melhores ajustes foram obtidos com os modelos Logarítmico e Potencial, ou seja, nestes locais estes modelos são adequados para explicar a variabilidade observada entre os dados de fecundidade em função do tamanho da fêmea. Optou-se por apresentar o modelo Potencial (Figura 289), pois este é comumente utilizado na literatura para explicar esse tipo de variabilidade e a largura do cefalotórax é o parâmetro biológico determinado como sendo o mais adequado para explicar a fecundidade (PINHEIRO et al., 2003; FERNANDES et al., 2010; JOÃO et al., 2018).

Tabela 95: Modelos de regressão utilizados para avaliar a relação biométrica entre largura do cefalotórax (LC) em milímetros, como variável independente, e fecundidade (F) em número de ovos por fêmea e peso da massa ovígera (PMO) em gramas como variáveis dependentes das fêmeas ovígeras de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraque Açú (Aracruz), Ipiranga, Urussuquara (São Mateus) e São Mateus (Conceição da Barra) no norte do Espírito Santo, Brasil. n.s. = não significativo; * $p < 0,05$.

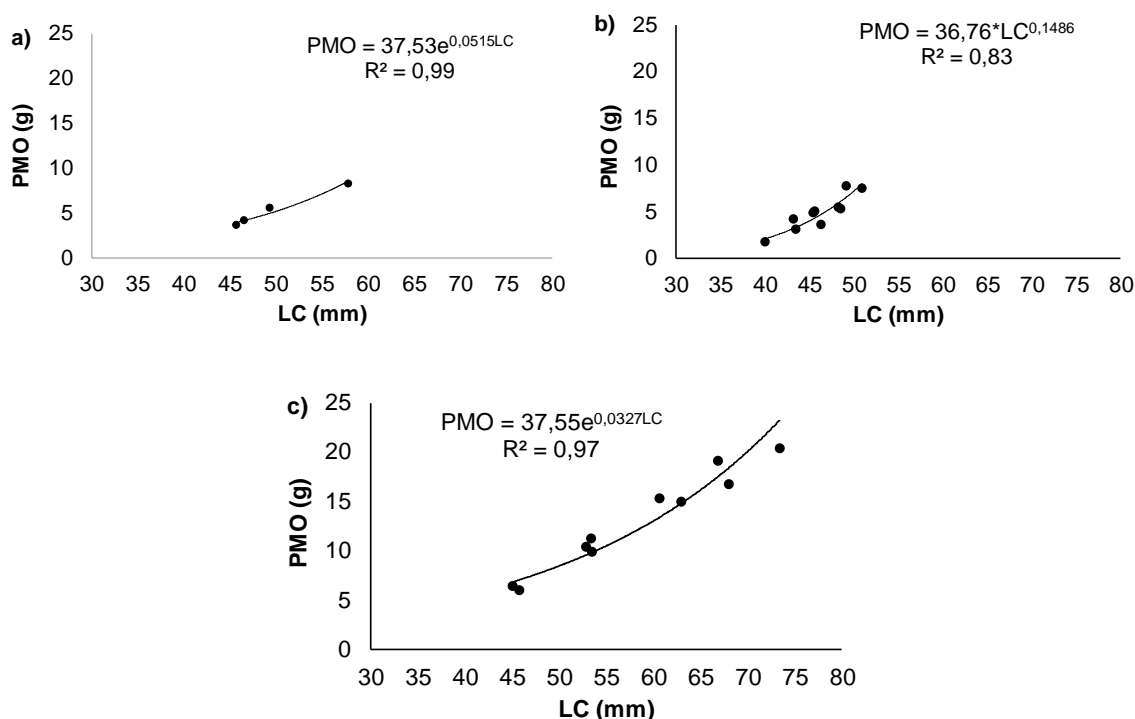
Estuário	Modelo	F (ovos.fêmea ⁻¹) x LC (mm)		LC (mm) x PMO (g)	
		R ²	p	F	PMO
Piraquê-Açú	Linear	0,21	n.s.	0,08	n.s.
	Exponencial	0,24	n.s.	0,09	n.s.
	Logarítmico	0,19	n.s.	0,08	n.s.
	Potencial	0,22	n.s.	0,08	n.s.
Piraquê-Mirim	Linear	0,97	*	0,98	*
	Exponencial	0,98	*	0,99	*
	Logarítmico	0,91	*	0,94	*
	Potencial	0,92	*	0,95	*
Urussuquara	Linear	0,51	*	0,81	*
	Exponencial	0,50	*	0,80	*
	Logarítmico	0,57	*	0,82	*
	Potencial	0,56	*	0,83	*
São Mateus	Linear	0,29	n.s.	0,96	*
	Exponencial	0,30	n.s.	0,97	*
	Logarítmico	0,30	n.s.	0,93	*
	Potencial	0,33	n.s.	0,95	*

Figura 289: Relação dos dados de fecundidade (ovos.fêmea⁻¹) em função de largura do cefalotórax (mm) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraquê-Mirim, Aracruz (a) e Ipiranga, Urussuquara (b), Espírito Santo, ajustado pela função Potencial ($p < 0,05$). F: fecundidade (Y); LC: largura do cefalotórax (X).



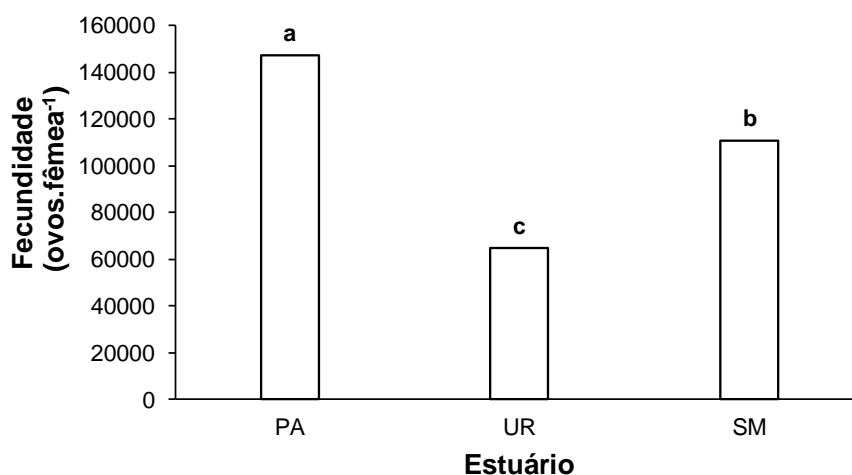
A relação entre a largura do cefalotórax (mm) e peso da massa ovígera (PMO), em gramas, das fêmeas capturadas no estuário do rio Piraquê-Açú não foi significativa ($p > 0,05$). No entanto, para o rio Piraquê-Mirim e em Urussuquara essa relação foi melhor descrita pelas funções Exponencial e Potencial (Tabela 95; Figura 290) com base no coeficiente de determinação ($R^2 = 0,99$, $p < 0,01$; $R^2 = 0,83$, $p < 0,05$, respectivamente), quando testado os seguintes modelos: Linear, Exponencial, Logarítmico e Potencial. Para São Mateus essa relação foi melhor representada pela função Exponencial ($R^2 = 0,97$; $p < 0,05$, Tabela 95; Figura 290). Com base nos resultados pode-se inferir que o parâmetro biológico largura do cefalotórax (mm) explica bem a variabilidade no peso da massa ovígera (g). A correlação entre as duas variáveis também foi positiva e significativa ($R_p = 0,90$; $p < 0,05$) para Urussuquara, mas não para o Piraquê-Açú ($p > 0,05$).

Figura 290: Descrição dos ajustes das funções Potencial ($p < 0,05$) em a) rio Piraquê-Mirim; e Exponencial ($p < 0,05$) em b) Ipiranga (Urussuquara) e em c) São Mateus para a relação entre o peso da massa ovígera (PMO) em gramas e a largura do cefalotórax (LC) em milímetros para o caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no Espírito Santo.



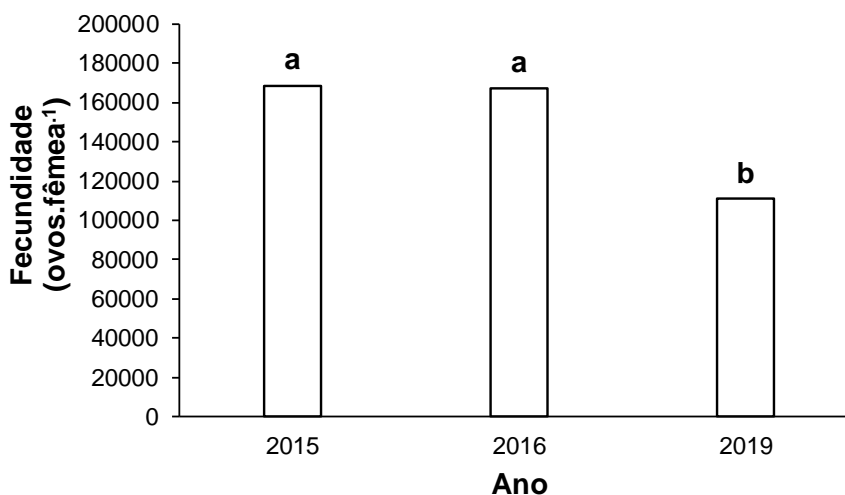
A Figura 291 apresenta as médias e o desvio padrão da fecundidade de *U. cordatus* no Piraquê-Açú, Urussuquara e São Mateus. Houve diferenças significativas entre os estuários (Anova, $p < 0,001$), onde a fecundidade média do Piraquê-Açú (147173 ± 19650 ovos.fêmea⁻¹) é superior à de Urussuquara (64737 ± 29853 ovos.fêmea⁻¹) e São Mateus (110868 ± 32190 ovos.fêmea⁻¹).

Figura 291: Fecundidade de caranguejo uçá (ovos/fêmea), *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários do rio Piraquê-Açú (PA), Ipiranga (UR) e São Mateus (ES) no norte do Espírito Santo na reprodução de 2019 (PMBA). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



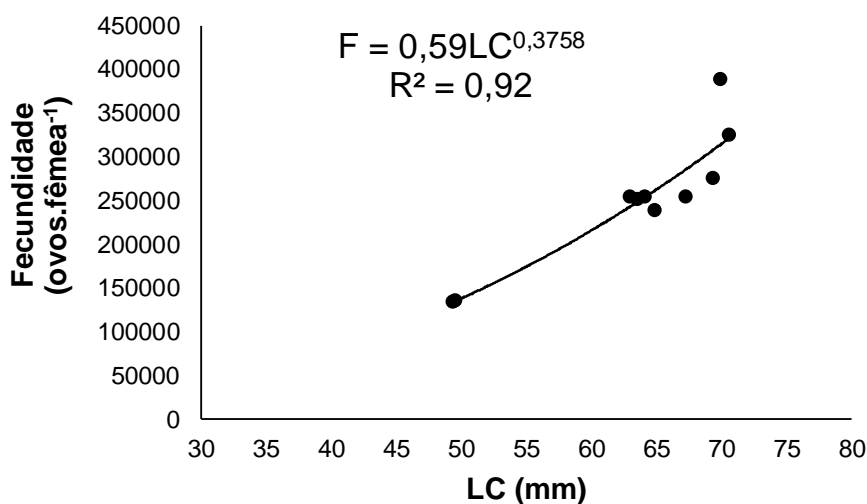
Porto (2016) estimou a fecundidade de *U. cordatus* em 2015, pré-rompimento, e 2016, pós-rompimento, no estuário do rio São Mateus. Ao comparar a fecundidade estimada entre 2015, 2016 e 2019 observa-se que houve declínio significativo em 2019 em relação aos dois primeiros anos (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$, teste de Comparações Múltiplas de Dunn, $p < 0,05$) (Figura 292). Não houve diferenças significativas entre o tamanho das fêmeas ovígeras nos anos avaliados, $62,51 \pm 7,89$, $59,17 \pm 8,69$, $58,22 \pm 9,61$ mm para 2015, 2016 e 2019, respectivamente (Anova, $p > 0,05$). A fecundidade em cada ano foi 168644 ± 3754 , 167367 ± 35234 e 110868 ± 32190 ovos.fêmea⁻¹, respectivamente.

Figura 292: Fecundidade média de caranguejo uçá (ovos/fêmea), *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio São Mateus em 2015 e 2016 (Porto, 2016), e 2019 (PMBA). A comparação entre os dados foi realizada utilizando a mediana (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$; teste de Dunn, $p < 0,05$), mas utilizou-se as médias na representação gráfica. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



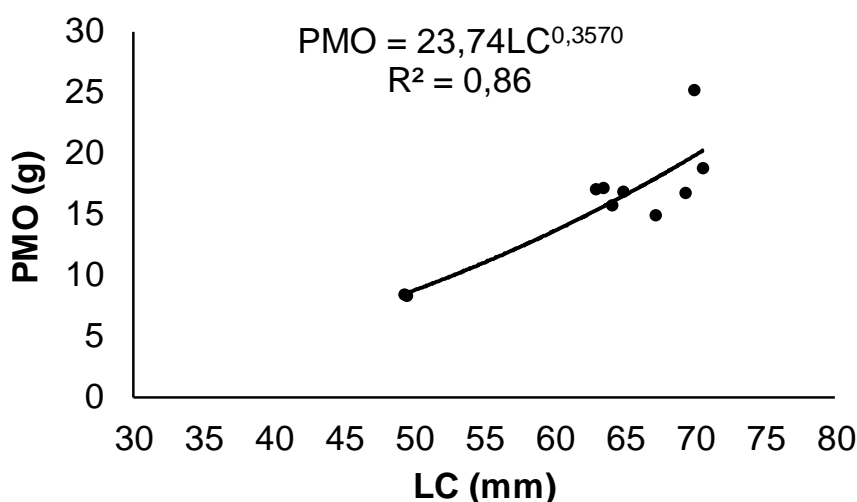
A fecundidade média estimada para *C. guanhumi* na foz do Rio Doce foi 251539 ± 76203 ovos.fêmea⁻¹, variando entre 134.283 e 389.010 ovos.fêmea⁻¹. O tamanho das fêmeas variou entre 49,29 a 70,54 mm ($63,13 \pm 7,73$). A relação entre a fecundidade e a largura de carapaça (mm) foi bem representada pela regressão Potencial ($R^2 = 0,92$ $p < 0,0001$), ou seja, o número de ovos pode ser estimado quando a largura do cefalotórax for conhecida, expresso pela seguinte equação: $F = 0,59 * LC^{0,3758}$ (Figura 293). Essa relação também foi reportada por Silva e Oshiro (2002).

Figura 293: Ajuste da função Potencial para a relação fecundidade (ovos.fêmea⁻¹) e largura do cefalotórax (LC) (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), na foz do Rio Doce, Linhares, Espírito Santo.



A relação entre peso da massa ovígera (PMO) em milímetros e largura do cefalotórax (LC) em gramas foi significativa ($p < 0,001$) e representada pela função Potencial (Figura 294). A variabilidade da PMO pode ser explicada em 86% pela variação no tamanho dos indivíduos, sendo esta função definida como adequada para estimar PMO, uma vez que o tamanho do indivíduo é conhecido. Outros fatores, intrínsecos ao indivíduo, também podem explicar a variabilidade no PMO.

Figura 294: Ajuste da função Potencial para a relação peso da massa ovígera (PMO) e largura do cefalotórax (LC) (mm) de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), na foz do Rio Doce, Linhares, Espírito Santo.



3.11.5 Variáveis ambientais e parâmetros populacionais

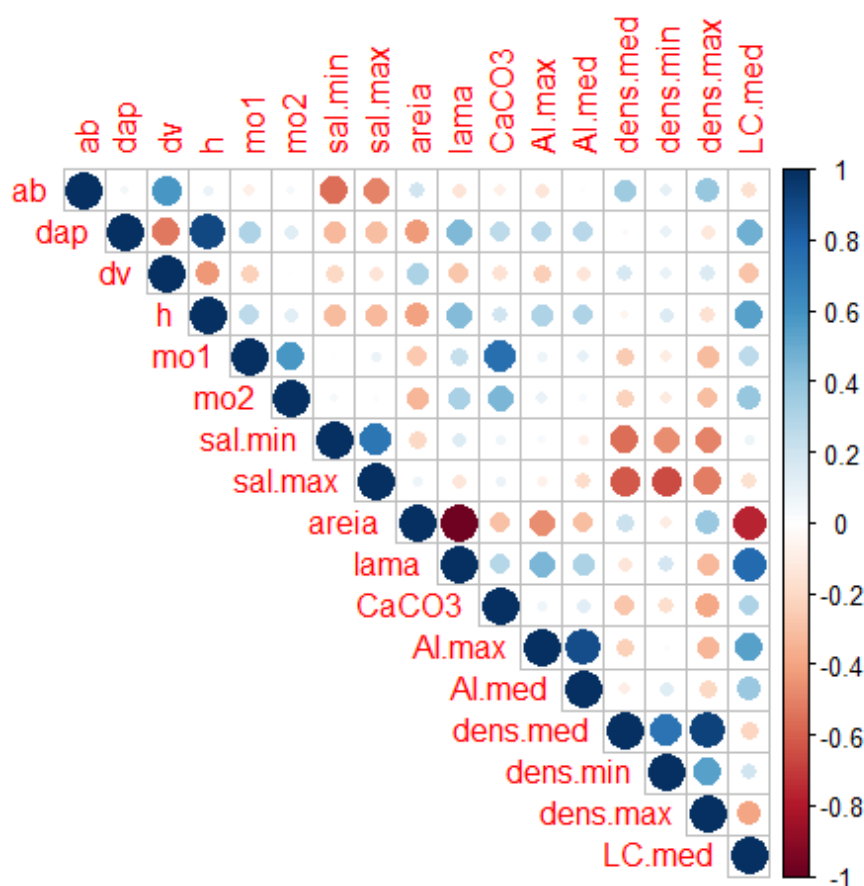
O conjunto de dados utilizados nas análises de correlações contém dados da estrutura da vegetação, nutrientes foliar, matéria orgânica, granulometria (areia e lama) do sedimento e teor de CaCO₃. Esses dados serão apresentados considerando todos os estuários e por estuário isoladamente, para melhor

compreensão e visualização das peculiaridades ambientais e da complexidade do ecossistema manguezal em cada área de estudo. As características do ambiente desempenham, em sinergia, importante função na estrutura e dinâmica populacional de *U. cordatus*, justificando as análises integradas englobando todos os dados disponibilizados pelo Anexo. Após análise visual das correlações, par a par, e dos valores de p , os resultados e as discussões serão apresentados somente com base nas relações entre variáveis ambientais e populacionais de *U. cordatus* que foram estatisticamente significativas ($p < 0,05$). Os valores da matéria orgânica e da granulometria (lama e areia) foram obtidos em duas profundidades no sedimento, 0 a 5 cm e 5 a 15 cm, mas por não apresentarem diferenças significativas ($p > 0,05$) entre elas, optou-se por utilizar somente os valores da primeira profundidade. Os valores das correlações que foram significativas são apresentados na seção de Apêndice com os respectivos valores de p .

Considerando o conjunto de variáveis coletadas em todos os estuários, houve correlação de Pearson positiva ($p < 0,05$) entre densidade de indivíduos (média e máxima) de *U. cordatus* e área basal da floresta, confirmando a relação direta entre bosques mais desenvolvidos e incremento em densidade populacional, evidenciando a importância da disponibilidade de condições e recursos sobre o adensamento populacional (TOWNSEND et al., 2010). As relações estatisticamente positivas e significativas entre o parâmetro estrutural largura média do cefalotórax (LC), que corresponde ao tamanho médio dos indivíduos, e as variáveis estruturais de diâmetro a altura do peito (DAP) das árvores nas florestas e altura média do bosque, mostram que indivíduos mais velhos ocupam bosques mais desenvolvidos em relação àqueles mais jovens (Figura 295). Entretanto, o tamanho médio foi negativamente correlacionado com a densidade da vegetação, o que significa que indivíduos menores ocupam bosques estruturalmente mais jovens e em desenvolvimento. A matéria orgânica no sedimento também variou proporcionalmente com o LC médio, ou seja, indivíduos maiores apresentaram preferência por bosques com maior teor de matéria orgânica, lama, e carbonato de cálcio, uma vez que essas variáveis exibiram relação positiva, comprovado também para menor afinidade desta classe de indivíduos com os teores de areia. As maiores densidades (máxima) foram observadas em bosques com sedimento arenoso, correspondendo a correlação positiva entre densidade e teor de areia no sedimento, e com menor teor de carbonato de cálcio, como também evidenciado pela correlação negativa entre densidade dos indivíduos (média e máxima) e carbonato. Os maiores teores desta variável foram observados em bosques menos arenosos e mais lamosos ($p < 0,05$). Relações negativas também foram detectadas entre a salinidade (mínima e máxima) e a densidade média. Indivíduos maiores ocupam zonas com maior amplitude de inundação (máxima e média) e que apresentam os menores valores de densidade (máxima), evidenciando que indivíduos menores ocupam zonas menos inundadas, consideradas como as áreas de recrutamento (SCHMIDT, 2012). Para essas análises, os dados referentes a população em Barra do Riacho não foram inseridos devido à ausência dos valores de granulometria, uma vez que houve problemas de logística na aquisição destas amostras. O índice de área foliar (IAF) e a densidade média exibiram correlação positiva e significativa considerando Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Barra Nova, São Mateus e Caravelas. Este resultado

indica que em áreas que apresentam maior cobertura do dossel há maior número de indivíduos por metro quadrado.

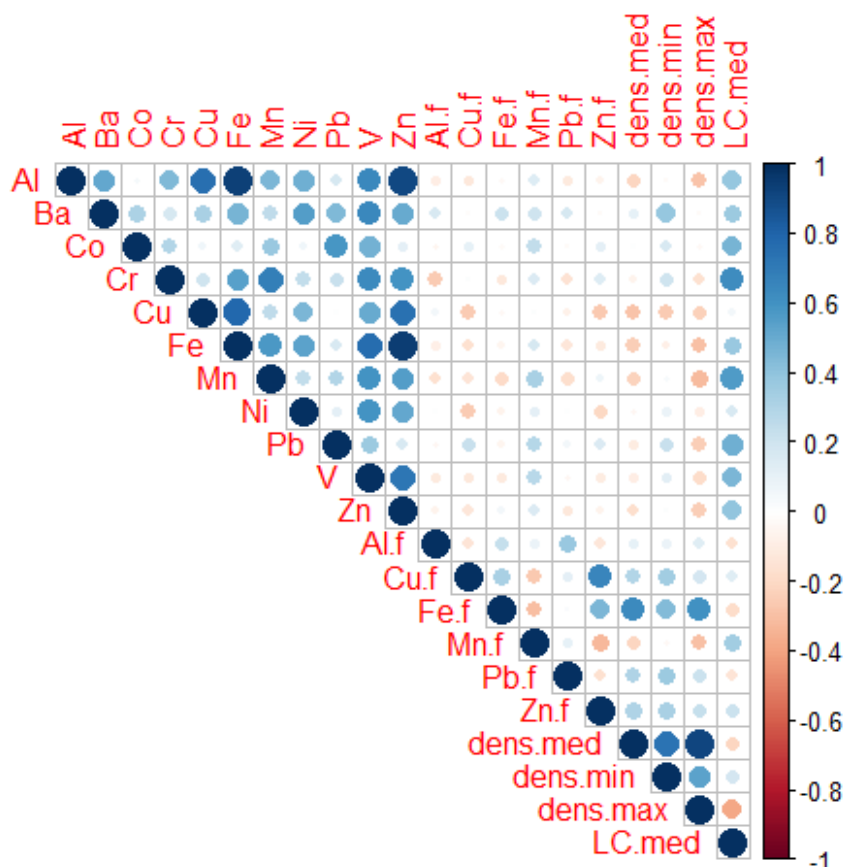
Figura 295: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), considerando os estuários Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Urussuquara, Barra nova, São Mateus e Caravelas. . Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio, Al.max.– amplitude de inundação máxima, Al.med – amplitude de inundação média, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.



Apenas as estações dos estuários, considerando Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas, que apresentaram valores de metais no sedimento quantificados e analisados até o momento foram inseridas nas correlações entre as variáveis populacionais e a concentração de metais no sedimento como apresentando na Figura 295. Correlações positivas foram observadas entre a densidade média de *U. cordatus*, o teor de Cu no sedimento e os elementos Fe, Pb e Zn nas folhas, considerando o conjunto de dados do Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas. Entretanto, as densidades máximas foram encontradas em bosques com as menores concentrações de Al, Fe e Mn no sedimento e as maiores densidades média, além destes elementos, também tiveram correlação negativa com as menores concentrações de cobre. Relação similar (negativa) foi observada entre a densidade máxima

e a concentração de manganês foliar. Diferente da relação negativa descrita entre ferro no sedimento e densidade máxima, esta variável e o Fe foliar estão correlacionadas de forma positiva. Indivíduos maiores ocupam áreas que apresentaram as maiores concentrações de manganês nas folhas, como indicado pelo coeficiente de correlação linear positivo, e com os menores valores de densidade máxima. Houve relações significativas e positivas ($p < 0,05$) entre os valores de V, Co, Ba, Pb, Cr, Fe, Al, Mn e Zn e o tamanho médio dos indivíduos, evidenciando que indivíduos maiores foram encontrados nas estações onde há maior concentração (mg.kg^{-1}) desses metais no sedimento. Este parâmetro populacional (LC médio) foi correlacionado inversamente ($p < 0,05$) com os valores de densidade máxima, ou seja, estações com maiores densidades apresentam populações com tamanho médio de carapaça menor. Essas e as demais relações são apresentadas na Figura 296.

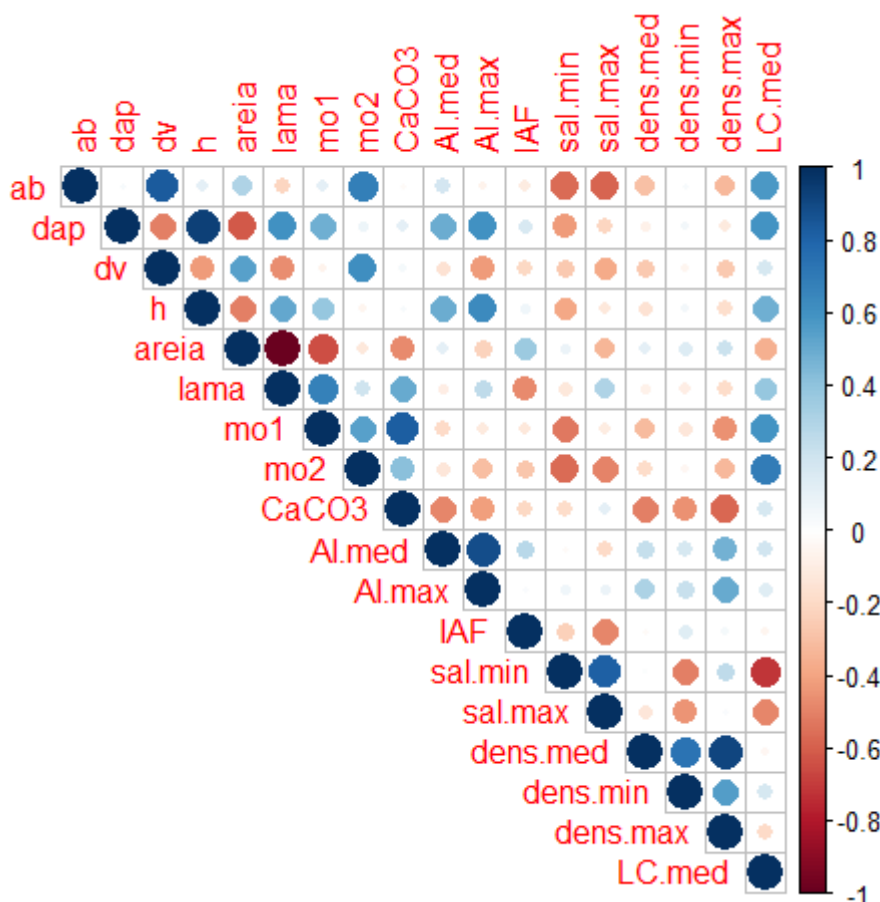
Figura 296: Correlações (Pearson) par a par entre metais no sedimento, nutrientes foliares e parâmetros da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), considerando os estuários Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Urussuquara, Barra nova, São Mateus e Caravelas. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Al – alumínio, Ba – bário, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.



A Figura 297 representa as correlações entre o conjunto de variáveis abióticas e bióticas da estrutura populacional de *U. cordatus* do estuário do rio Piraquê-Açú. Observa-se que o tamanho médio da população (LC médio) teve relação significativa com seis variáveis. O LC médio e o DAP do bosque,

área basal e matéria orgânica do período chuvoso e seco (mo1 e mo2) exibiram correlação positiva, ou seja, os maiores indivíduos foram encontrados em bosques mais desenvolvidos estruturalmente e com maior teor de matéria orgânica no sedimento. A correlação significativa e negativa entre LC médio e salinidade (mínima) indica que, neste rio, os maiores indivíduos se encontram em locais com os menores valores de salinidade. As maiores densidades máximas foram registradas em bosques com menores teores de CaCO_3 no sedimento, correspondendo aos boques mais arenosos, similar ao observado para o rio Piraquê-Mirim.

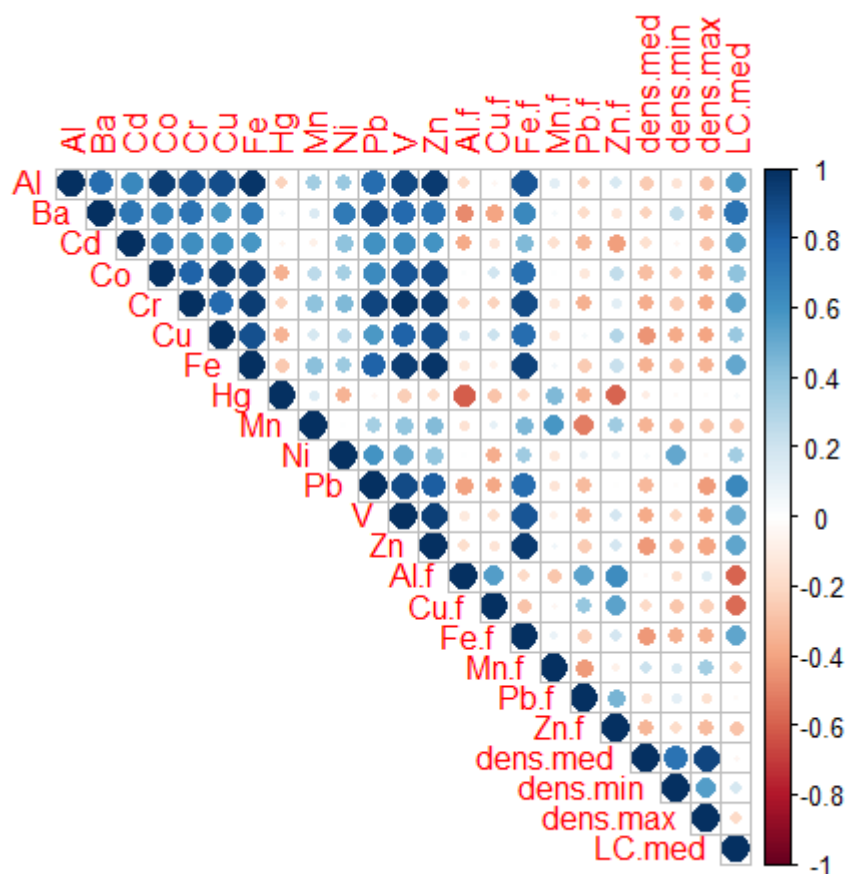
Figura 297: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Piraquê-Açú. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO_3 – carbonato de cálcio, Al.med – amplitude de inundação média, Al.max – amplitude de inundação máxima, IAF – índice de área foliar, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.



No estuário do Piraquê-Açú, os bosques que apresentaram maiores tamanhos médios de indivíduos foram diretamente correlacionados com estações que apresentaram as maiores concentrações de Al e Ba no sedimento (Figura 298). Os maiores indivíduos foram registrados em bosques que exibiram as menores concentrações de Al e Cu foliar, evidenciado pela correlação negativa. Entretanto, o Fe foliar

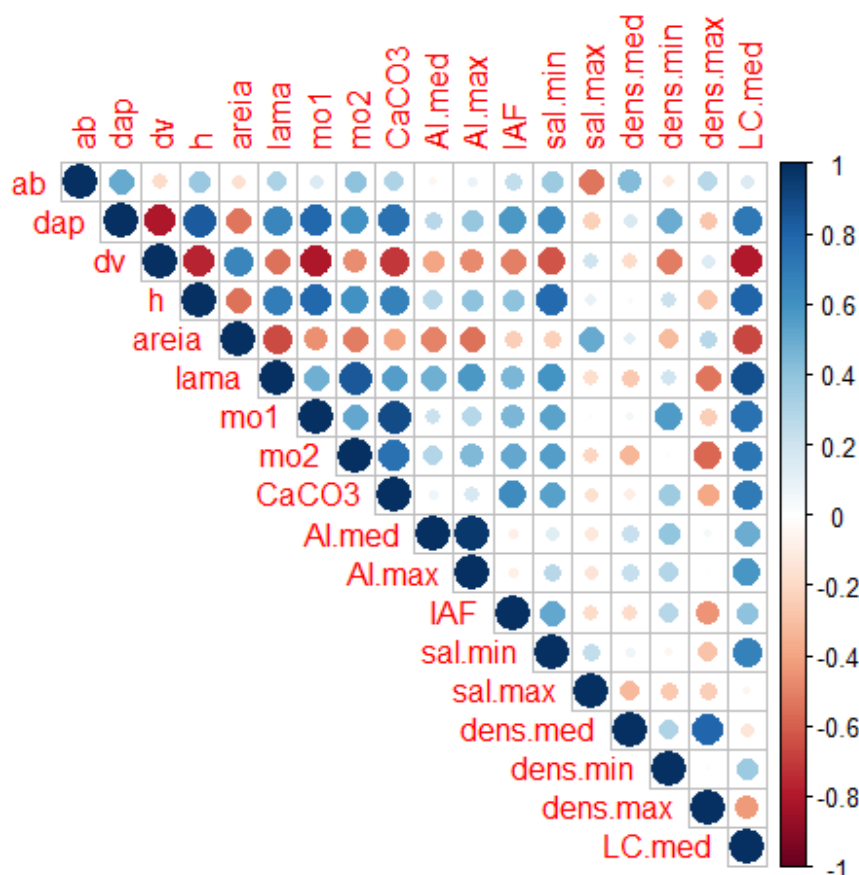
e no sedimento foi correlacionado positivamente com o LC médio Apesar do valor de p não ter sido significativo ($p = 0,07$ e $p = 0,08$, respectivamente), foi possível observar essa relação.

Figura 298: Correlações (Pearson) par a par entre metais no sedimento, nutrientes foliares e parâmetros da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Piraquê-Açú. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Al – alumínio, Ba – bário, Cd – cádmio, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Hg – mercúrio, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.



A análise gráfica da Figura 299 mostra que conforme DAP e altura do bosque, teor de matéria orgânica (mo1 e mo2), CaCO_3 e lama no sedimento e a amplitude máxima de inundação (Al.max) aumentam, o tamanho médio (LC médio) dos indivíduos de *U. cordatus* no estuário do rio Piraquê-Mirim também aumentam. Entretanto, bosques com maior densidade da vegetação e sedimento mais arenoso apresentam os menores indivíduos. A salinidade mínima também apresentou relação positiva com a largura média do cefalotórax.

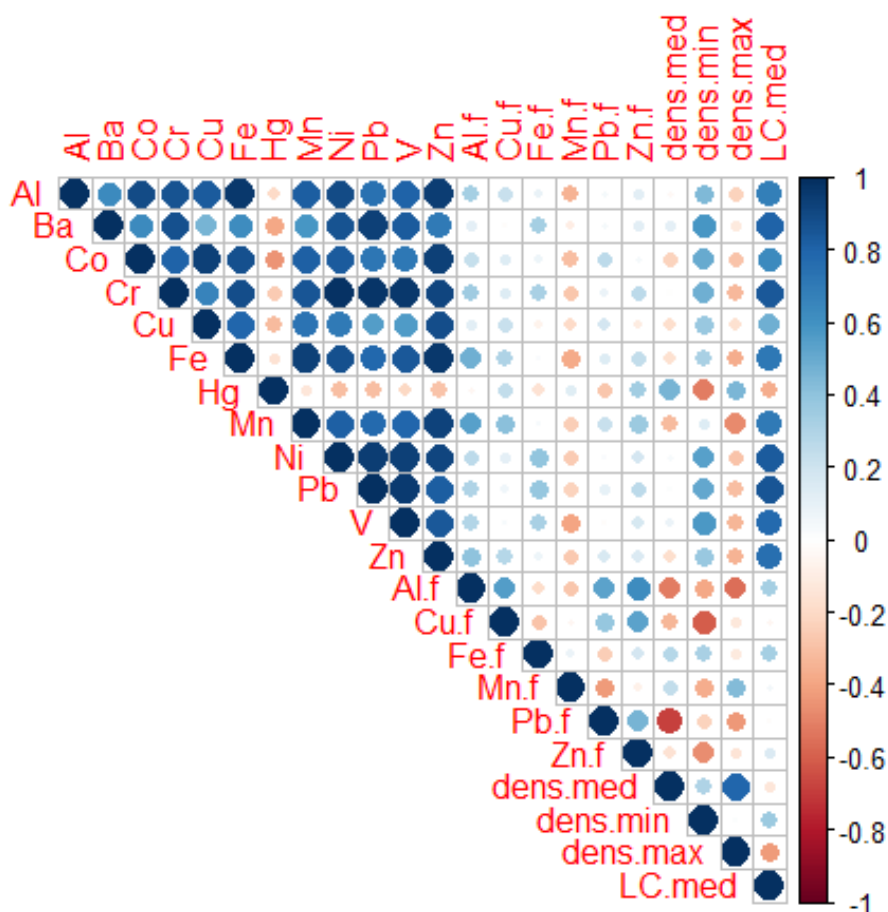
Figura 299: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Piraquê-Mirim. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio (%), Al.med – amplitude máxima de inundação, Al.max – amplitude média de inundação, IAF – índice de área foliar, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.



A Figura 300: Correlações (Pearson) par a par entre as concentrações de metais no sedimento (mg.kg⁻¹), nutrientes foliar e as variáveis bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Piraquê-Mirim. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Al – alumínio, Ba – bário, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Hg – mercúrio, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares. mostra as relações entre as concentrações de metais no sedimento, nutrientes foliares e as variáveis bióticas da população de *U. cordatus* no estuário do rio Piraquê-Mirim. Os maiores indivíduos ocorrem em bosques que apresentam as maiores concentrações de Al, Ba, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn. Em relação aos nutrientes foliares, a densidade (máxima) apresentou leve correlação negativa com o Al, mas não foi estatisticamente significativa ao nível de significância 0,05% como estabelecido ($R = -0,56$, $p = 0,06$).

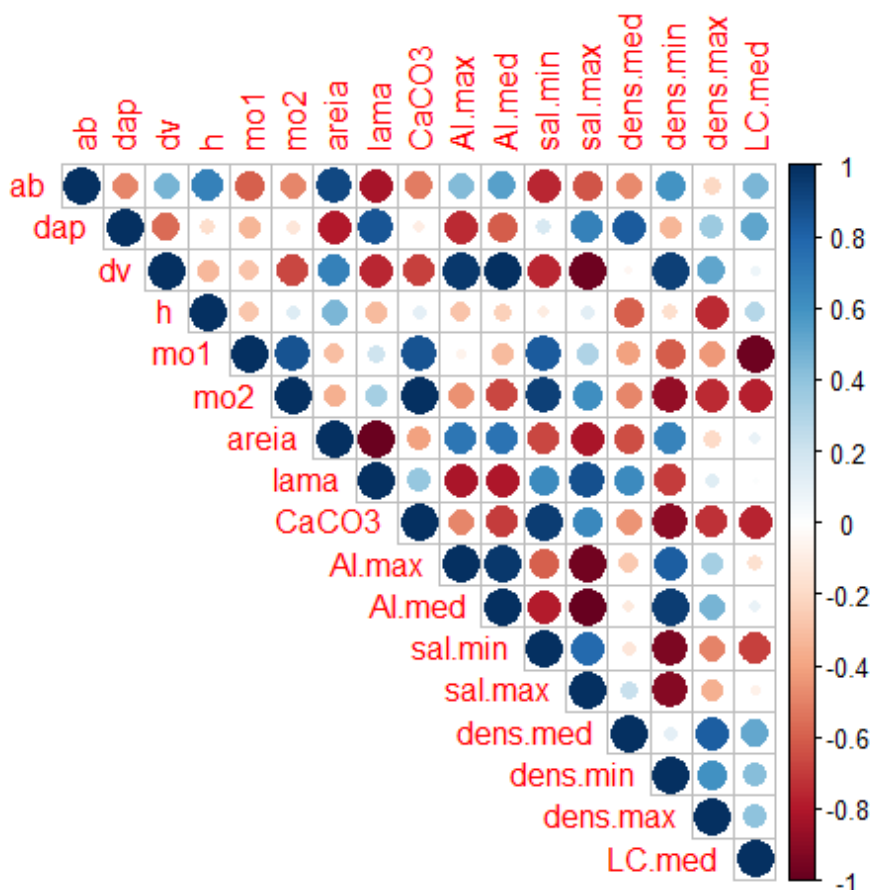
O mesmo resultado foi encontrado para a relação entre densidade (mínima e média) e Cu e Pb foliar, respectivamente.

Figura 300: Correlações (Pearson) par a par entre as concentrações de metais no sedimento (mg.kg⁻¹), nutrientes foliar e as variáveis bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Piraquê-Mirim. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Al – alumínio, Ba – bário, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Hg – mercúrio, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.



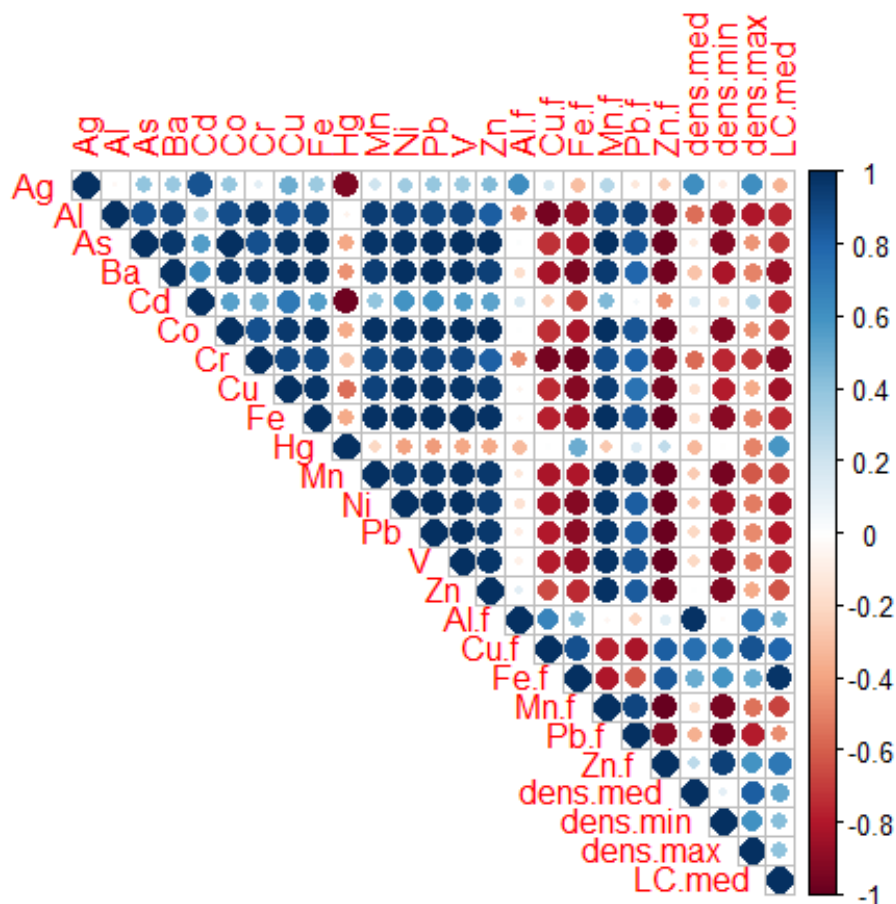
As correlações entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de *U. cordatus* no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara, são apresentadas na Figura 301. Estações amostrais que apresentaram maior teor de matéria orgânica no sedimento foram ocupadas por indivíduos de *U. cordatus* com os menores tamanhos, representado pela correlação negativa entre matéria orgânica do período chuvoso e o tamanho médio (LC médio). Entretanto, resultado diferente foi encontrado no Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, no qual as duas variáveis, matéria orgânica e LC médio, foram positivamente correlacionadas.

Figura 301: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio (%), Al.max – amplitude de inundação máxima, Al.med – amplitude de inundação média, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.



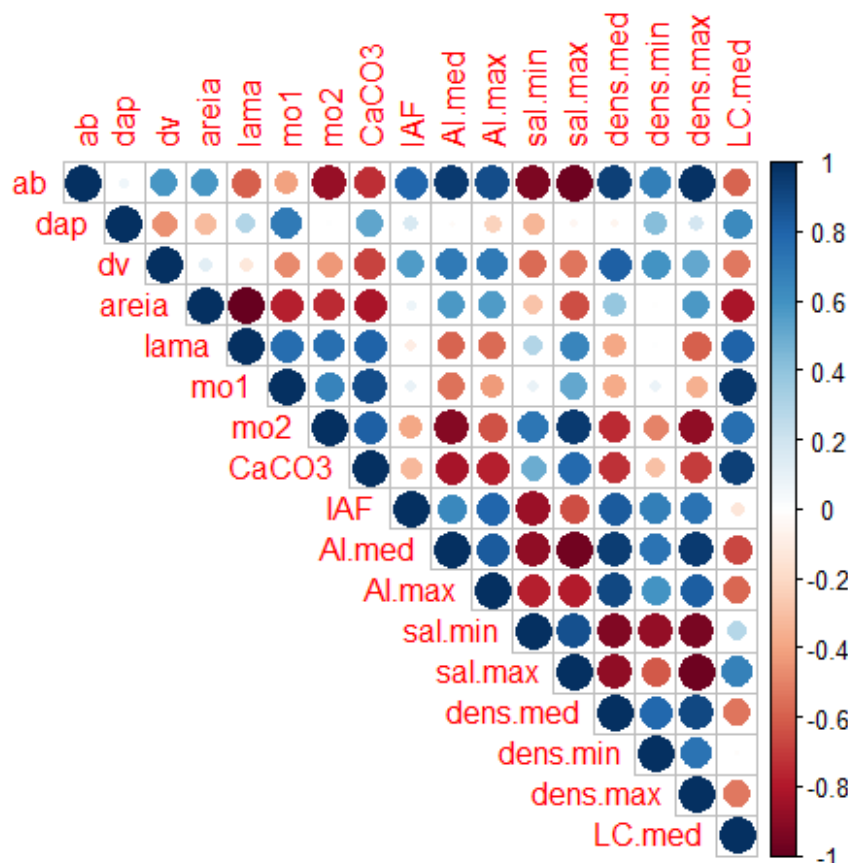
No estuário do rio Ipiranga, Urussuquara, os valores mínimos de densidades de *U. cordatus* foram correlacionados positivamente nas folhas com o Zn (fortemente) e também com elementos Cu e Fe (Figura 302). Por outro lado, as maiores densidades média foram observadas em bosques com maior concentração de Al foliar como representado pela correlação positiva e significativa entre as duas variáveis. Em relação ao tamanho médio dos indivíduos, há correlação positiva e significativa com o ferro foliar, ou seja, os maiores indivíduos ocupam bosques com vegetação que apresentam maior concentração de ferro nas folhas.

Figura 302: Correlações (Pearson) par a par entre as concentrações de metais no sedimento (mg.kg⁻¹), nutrientes foliar e as variáveis bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Ag – prata, Al – alumínio, As – arsênio, Ba – bário, Cd – cádmio, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Hg – mercúrio, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.



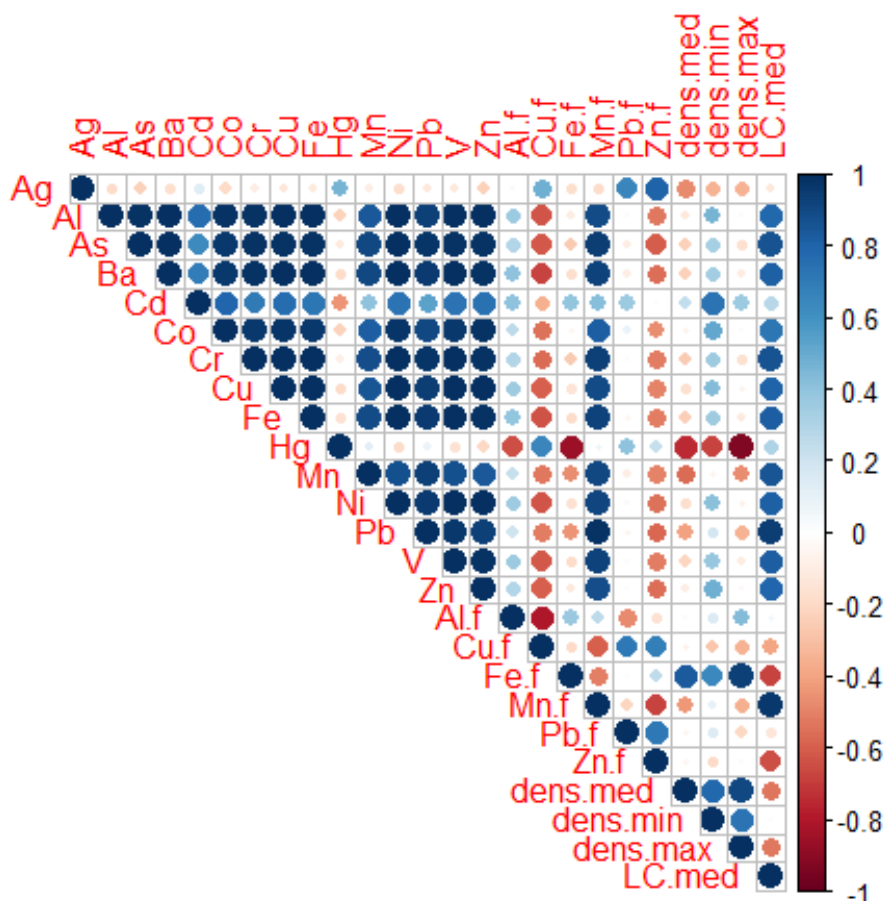
Correlações positivas e significativas foram observadas entre a densidade média de *U. cordatus* e a densidade da vegetação, área basal, índice de área foliar (IAF), amplitude de inundação (média e máxima) em Barra Nova (Figura 303). Maiores densidades médias foram observadas em bosques onde a amplitude de inundação é maior, correspondendo ao bosque de franja, e com maior cobertura do dossel. As maiores densidades (média e máxima) foram observadas em locais onde os menores valores de salinidade foram registrados. Entretanto, correlações negativas também foram detectadas entre a densidade (média e máxima) e a salinidade mínima, indicando que há um intervalo dessa variável onde as maiores densidades são observadas. O tamanho médio (LC médio) dos indivíduos aumentou significativamente com o teor de lama e CaCO₃ no sedimento. Comportamento contrário também é observado e esperado, no qual o tamanho aumenta com o decréscimo no teor de areia, e vice-versa. Esse parâmetro populacional também varia em função da matéria orgânica onde estações que apresentam maior teor são habitadas por populações com indivíduos maiores.

Figura 303: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em Barra Nova, São Mateus. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, , mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio (%), IAF – índice de área foliar, Al.med – amplitude de inundação máxima, Al.max – amplitude de inundação média, sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.



Relações positivas e significativas foram encontradas entre o tamanho médio (LC médio) dos indivíduos das populações de *U. cordatus* e as concentrações de As, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e V no sedimento das estações nos estuários do rio Mariricu, Barra Nova (Figura 304). Esses resultados evidenciam que indivíduos com os maiores tamanhos foram encontrados em bosques com maior concentração desses metais no sedimento. Resultado similar foi observado entre LC médio e Mn foliar. Em relação ao parâmetro populacional densidade média, este foi relacionado com o ferro foliar, isto é, maiores densidade registradas em bosques de vegetação com maior concentração de ferro na folha.

Figura 304: Correlações (Pearson) par a par entre as concentrações de metais (mg.kg⁻¹) no sedimento e as variáveis bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), em Barra Nova, São Mateus. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Ag – prata, Al – alumínio, As – arsênio, Ba – bário, Cd – cádmio, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Hg – mercúrio, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.



Os maiores indivíduos de *U. cordatus* foram observados em bosques com maior teor de CaCO₃ no sedimento no estuário do rio São Mateus (Figura 305), correspondendo ao observado em todas as áreas. Correlações significativas foram observadas apenas entre a densidade média e amplitude de inundação (média e máxima). Bosques com maior amplitude apresentaram as menores densidades, como demonstrado pela correlação negativa entre as duas variáveis. Na análise de correlação entre metais no sedimento, nutriente foliar e parâmetros populacionais (Figura 306) apenas o ferro foliar e a densidade (mínima) foram correlacionados significativamente. Os resultados indicam que os bosques que apresentam menor concentração de ferro foliar correspondem aquele com as menores densidades de *U. cordatus*.

Figura 305: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio (%), sal.min – salinidade mínima, sal.max – salinidade máxima, Al.média – amplitude de inundação média, Al.max – amplitude de inundação máxima, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.

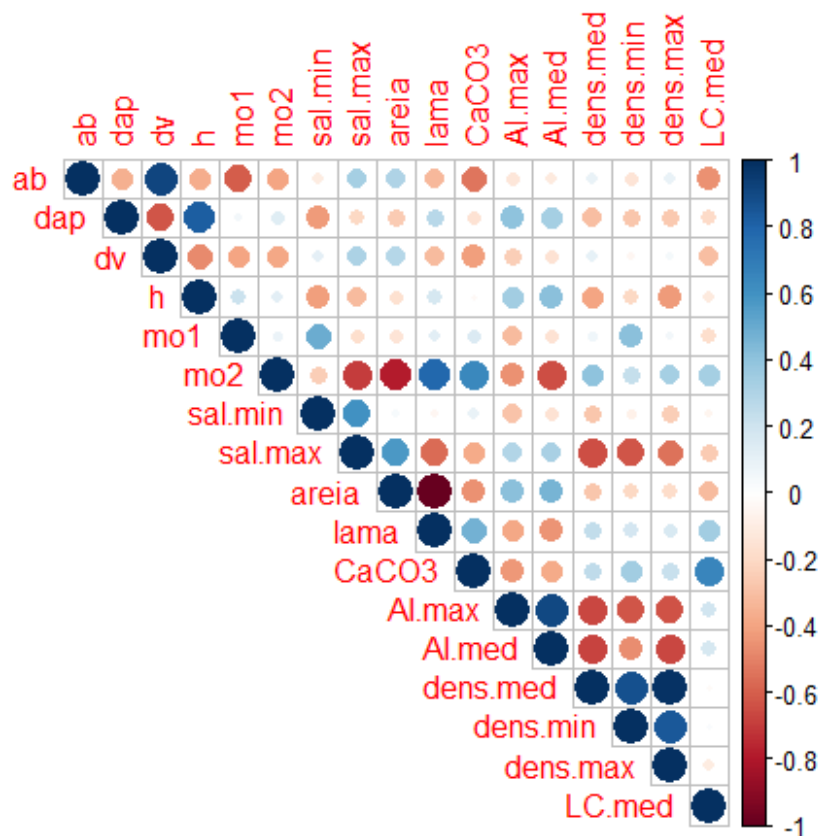
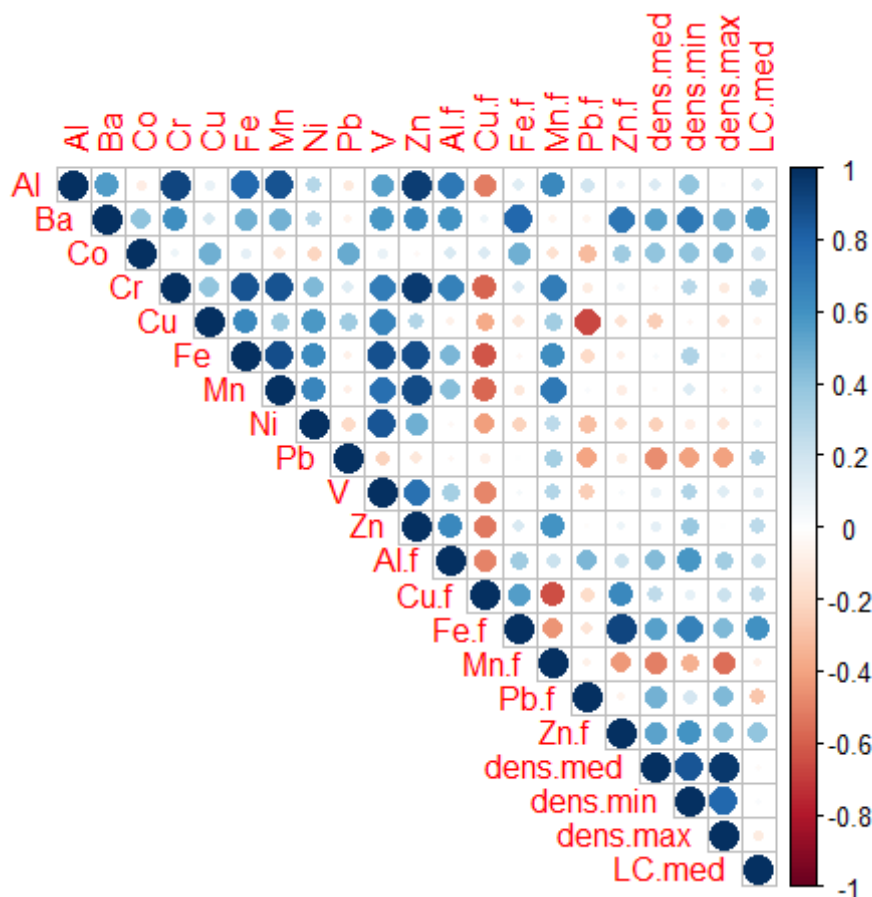


Figura 306: Correlações (Pearson) par a par entre metais no sedimento, nutrientes foliares e parâmetros da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra.

Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Al – alumínio, Ba – bário, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.



A Figura 307 ilustra as correlações verificadas entre as variáveis ambientais e os parâmetros populacionais no estuário de Caravelas. Os menores valores de densidade (mínima) foram observados em estações que apresentaram baixa densidade da vegetação. A altura e DAP médio foram significativamente associadas com o tamanho médio dos indivíduos, ou seja, indivíduos mais velhos ocorreram em bosques mais desenvolvidos estruturalmente, aspecto observado em todos os estuários, sendo o inverso observado entre a densidade da vegetação e o tamanho médio dos indivíduos. As maiores densidades (máximas) foram observadas em bosques com menores concentrações de Al foliar, numa correlação negativa, indicando que bosques que apresentam maior concentração deste nutriente, menor é a densidade de *U. cordatus* (Figura 308). Bosques com maior concentração de manganês foliar apresentam os maiores indivíduos, como demonstrado pela correlação positiva e significativa entre as duas variáveis. Nesta análise não foram inseridos os dados de salinidade, pois não foram registrados em Caravelas.

Figura 307: Correlações (Pearson) par a par entre as variáveis ambientais e bióticas da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário de Caravelas, Caravelas. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. ab – área basal, dap – diâmetro a altura do peito, dv – densidade da vegetação, h – altura, mo1 – matéria orgânica período chuvoso, mo2 – matéria orgânica período seco, CaCO₃ – carbonato de cálcio (%), Al.max – amplitude de inundação máxima, Al.med – amplitude de inundação média, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax.

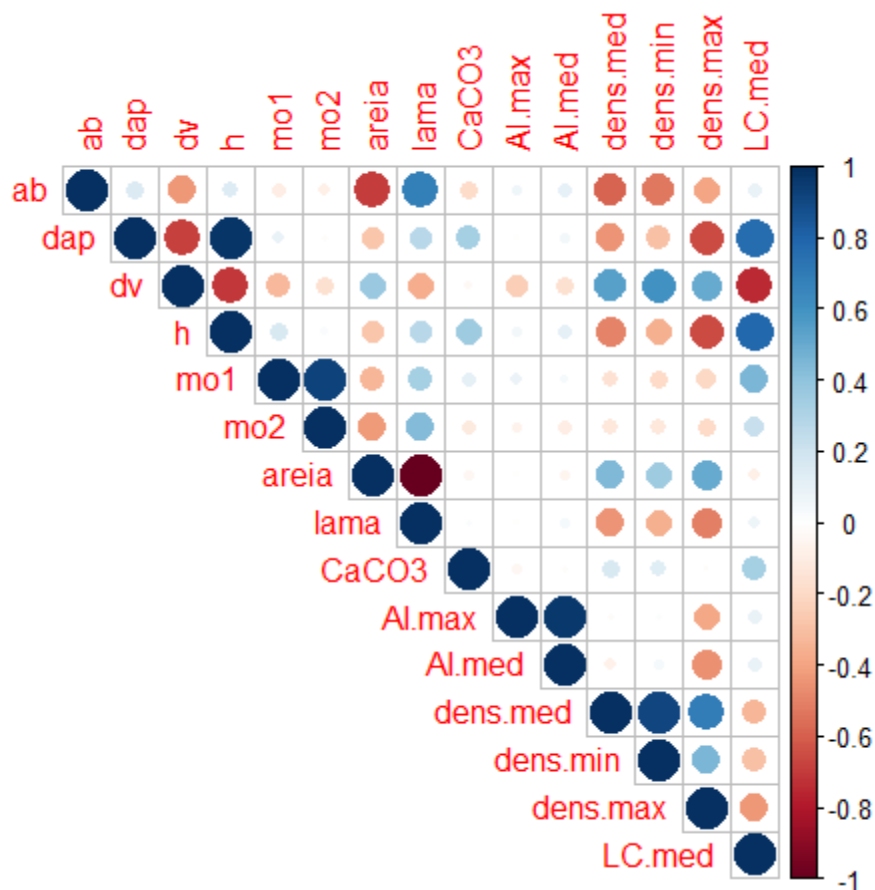
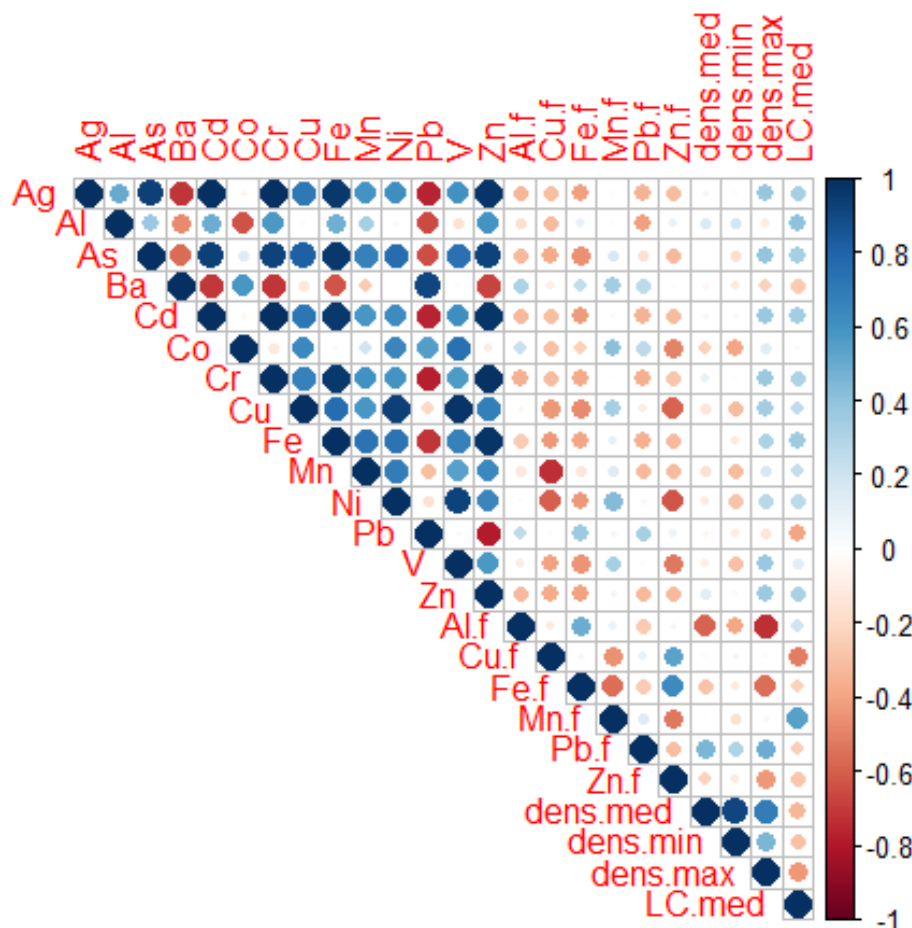


Figura 308: Correlações (Pearson) par a par entre metais no sedimento, nutrientes foliares e parâmetros da estrutura populacional de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), no estuário de Caravelas, Caravelas. Correlações positivas são exibidas na cor azul e negativas na vermelha, a sua intensidade e o tamanho do círculo são proporcionais aos coeficientes de correlação. Ag – prata, Al – alumínio, As – arsênio, Ba – bário, Cd – cádmio, Co – cobalto, Cr – cromo, Cu – cobre, Fe – ferro, Mn – manganês, Ni – níquel, Pb – chumbo, V – vanádio, Zn- zinco, dens.med – densidade média, dens.min – densidade mínima, dens.max – densidade máxima, LC.med – média da largura do cefalotórax. Os elementos seguidos da letra f correspondem aos nutrientes foliares.



As diferentes relações entre as variáveis em cada estuário evidenciam a heterogeneidade de habitats dentro da complexidade do manguezal, refletindo diretamente na distribuição e nos parâmetros populacionais de *U. cordatus* dentro dos bosques em cada estuário como observado nos gráficos desta subseção.

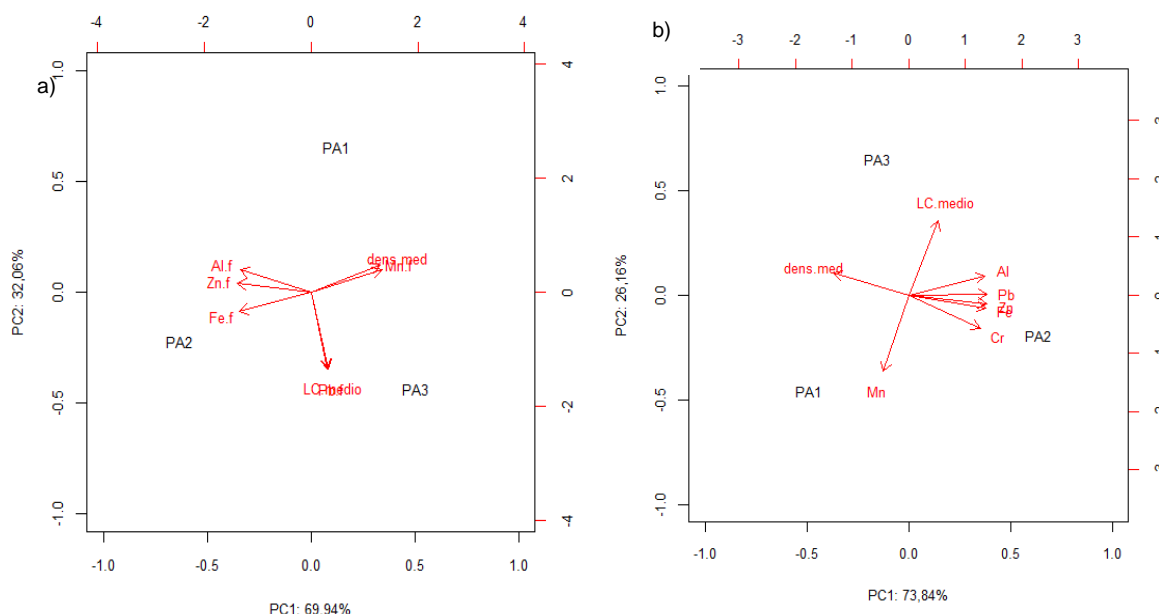
3.11.6 Análises multivariadas

A componente principal (PCA) foi utilizada para agrupar os pontos (1, 2 e 3), em cada estuário, em grupos com base na distribuição da concentração de metais pesados (mg.kg^{-1}) no sedimento (Al, Cr, Fe, Mn, Pb e Zn), nutrientes foliares (Al, Fe, Mn, Pb e Zn) e principais parâmetros que caracterizam a estrutura populacional de *U. cordados*, densidade média (dens.med) e estimativa do tamanho médio

da carapaça dos indivíduos (LC.med). Esta análise não foi realizada para Barra do Riacho devido os dados de metais no sedimento estarem em análise.

A componente 1, eixo horizontal do gráfico da Figura 309a explica 69,94% da variabilidade da densidade média, tamanho médio dos indivíduos e a concentração de nutrientes nas folhas. Os parâmetros relacionados positivamente ao eixo 1 foram Mn foliar e densidade média, e negativamente ao Al, Fe e Zn. Por outro lado, o segundo componente, eixo vertical, explica 32,06% da variabilidade dos dados e corresponde-se negativamente com o tamanho médio e Pb foliar. Os dois primeiros componentes principais somam 100% da variância. No que se refere aos parâmetros populacionais e a concentração de metais no sedimento (Figura 309b), a soma dos eixos explica 100% a variabilidade dos dados. Pode-se observar que houve clara separação entre os pontos amostrados. Destaca-se que os maiores valores de metais no sedimento, exceto Mn, foram correlacionados positivamente com o eixo 1 e estão concentrados próximos ao ponto 2, onde os vetores que correspondem a concentração de metais estão direcionados para este ponto, com a menor densidade média. Mn no sedimento foi conectado negativamente com o eixo 2 e exibiu maior concentração no ponto 1. O maior tamanho médio está relacionado ao ponto 3 e contrariamente ao 1.

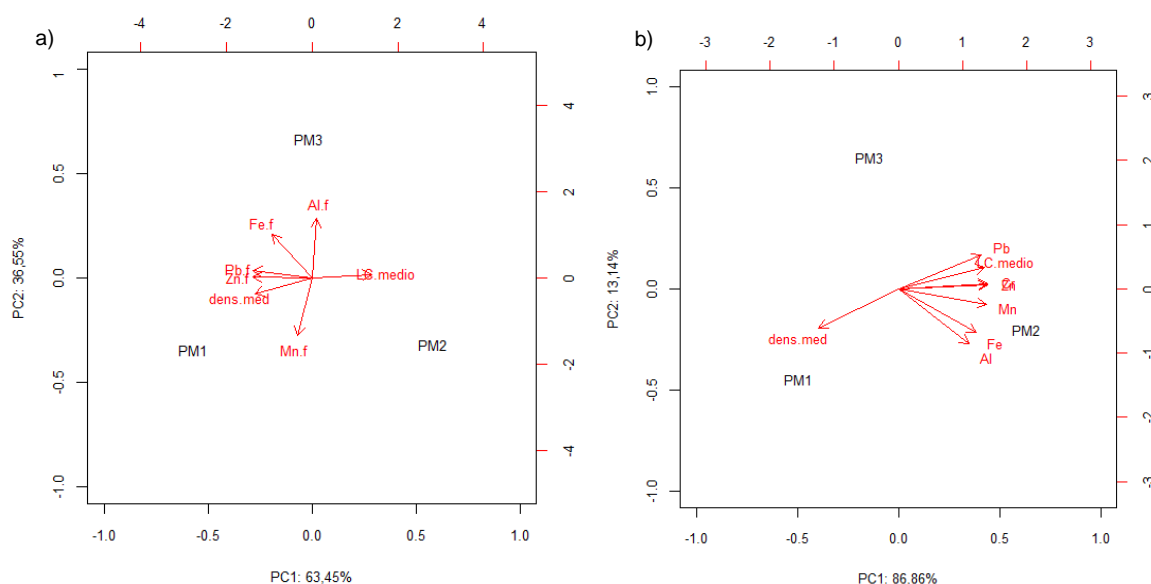
Figura 309: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.



A Figura 310 apresenta análise dos componentes principais no estuário do rio Piraquê-Mirim. A variabilidade dos dados explicada pelos eixos dos componentes 1 e 2 totalizam 100%. Pb e Zn foliar e densidade média foram equiparados negativamente com o eixo 1. Entretanto, o LC médio correspondeu positivamente ao eixo (Figura 310a). Al e Fe foliar estão interdependentes positivamente

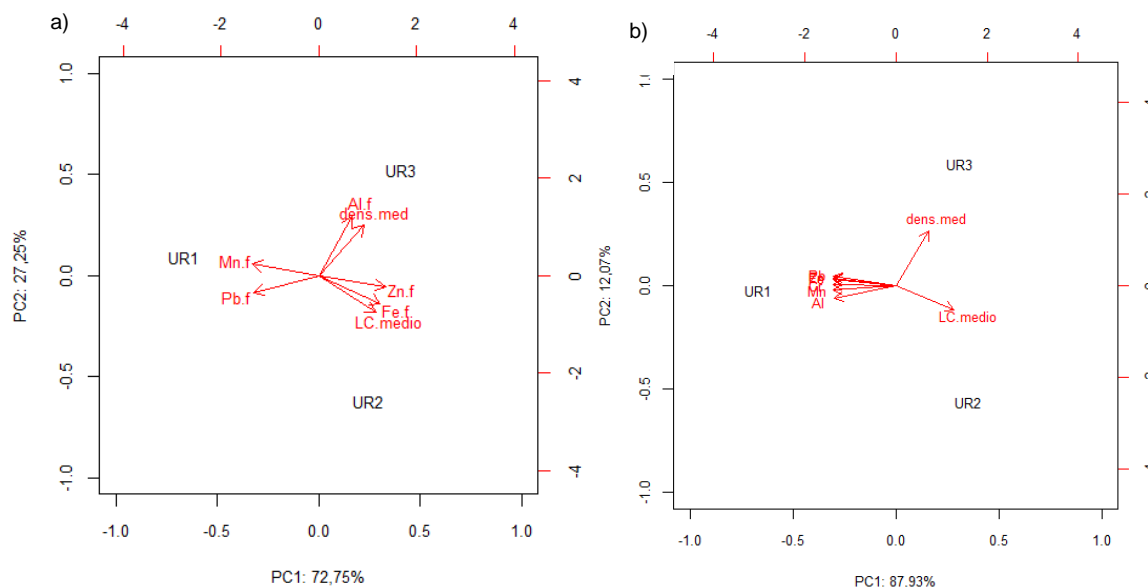
com o eixo 2 enquanto o Mn foliar, negativamente (Figura 310a). No gráfico da Figura 68b observa-se que os pontos estão distantes um do outro, onde o ponto 2 do estuário (PM2) registra relativamente os maiores indivíduos, concentrações de metais no sedimento e a menor densidade média. Cromo e zinco no sedimento apresentam os eixos sobrepostos e estão fortemente correlacionados.

Figura 310: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.



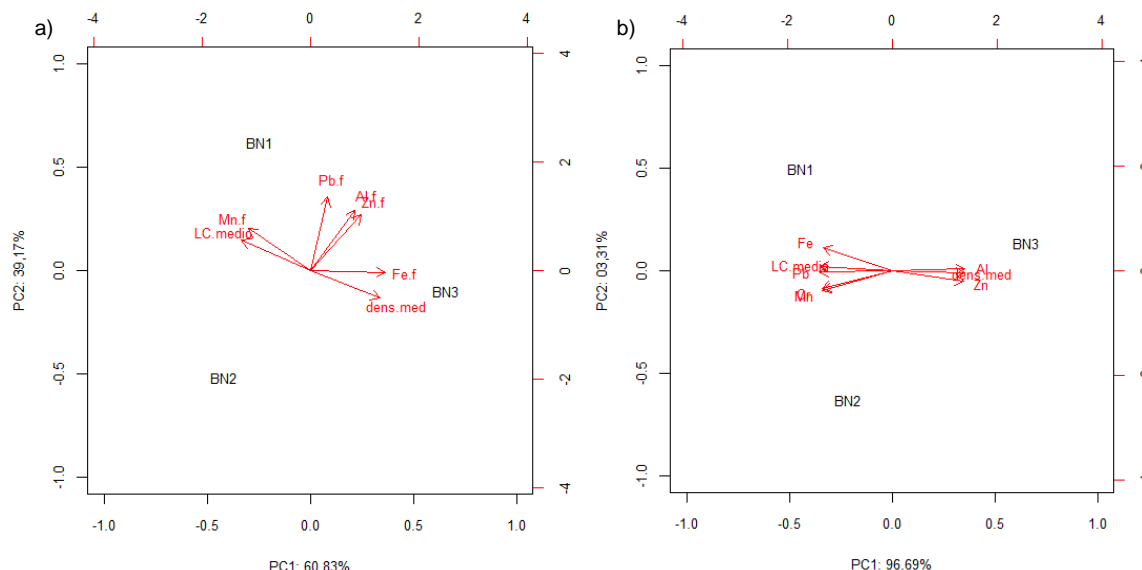
Os componentes 1 e 2 do gráfico da Figura 311a descrevem 100% da variabilidade dos dados no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara. Mn e Pb foliar estão negativamente associados ao eixo 1 e o ponto 1 foi o que mais se relacionou a esse eixo, sendo o que exibiu relativamente as maiores concentrações desses elementos na folha (Figura 311a). O Zn e Fe foliar estão correlacionados positivamente ao eixo 1 e o LC médio negativamente ao eixo 2, sendo as variáveis mais próximas ao ponto 2, indicando que este detém as menores concentrações de Zn e Fe e, por outro lado, maior LC médio. O ponto 3 destaca-se com a maior densidade média (Figura 311a). Em relação a concentração de metais no sedimento (Figura 311b), todos aqueles inseridos nesta análise correspondem negativamente ao eixo 1 e os vetores estão direcionados ao ponto 1, que registrou as maiores concentrações, menor densidade média e LC médio. Os dois componentes explicam 100% da variabilidade dos dados.

Figura 311: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.



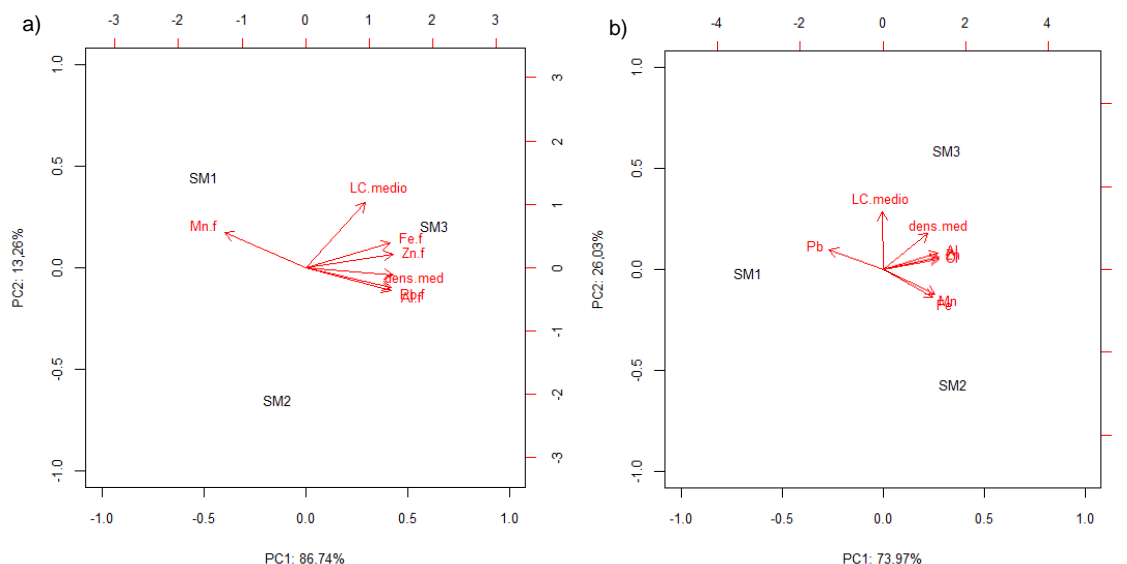
O gráfico da Figura 312 exibe os resultados da análise de componentes principais no estuário em Barra Nova. Os eixos das componentes 1 e 2 explicam 60,83% e 39,17% da variabilidade dos dados, respectivamente (soma de 100% da variância total) (Figura 312a). O Fe foliar e a densidade média estão positivamente correlacionados ao eixo 1, e o ponto que mais aproximou deste eixo foi o BN3, onde registrou-se os maiores valores dessas duas variáveis (Figura 312a). O Mn foliar e o LC médio estão negativamente recíprocos com a componente 1, sendo os vetores mais próximos do ponto 1 (BN1), local onde ocorre relativamente as maiores concentrações de Mn foliar e o maior tamanho médio dos indivíduos (Figura 312a). Nota-se no gráfico que os vetores correspondentes às concentrações de Cr e Mn no sedimento estão relacionados negativamente com a componente 2 e direcionando ao ponto 2, que demonstra as maiores concentrações (Figura 312b). O Fe está positivamente associado ao componente 2 juntamente com o ponto BN1 que tem a maior concentração desse metal, a menor densidade e maior LC médio (Figura 312b). Esta variável está positivamente correlacionada com o eixo 1, similar ao ponto BN3, onde há maior densidade e menor tamanho médio dos indivíduos. A soma dos dois eixos explica 100% da variabilidade dos dados.

Figura 312: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio Mariricu, Barra Nova. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.



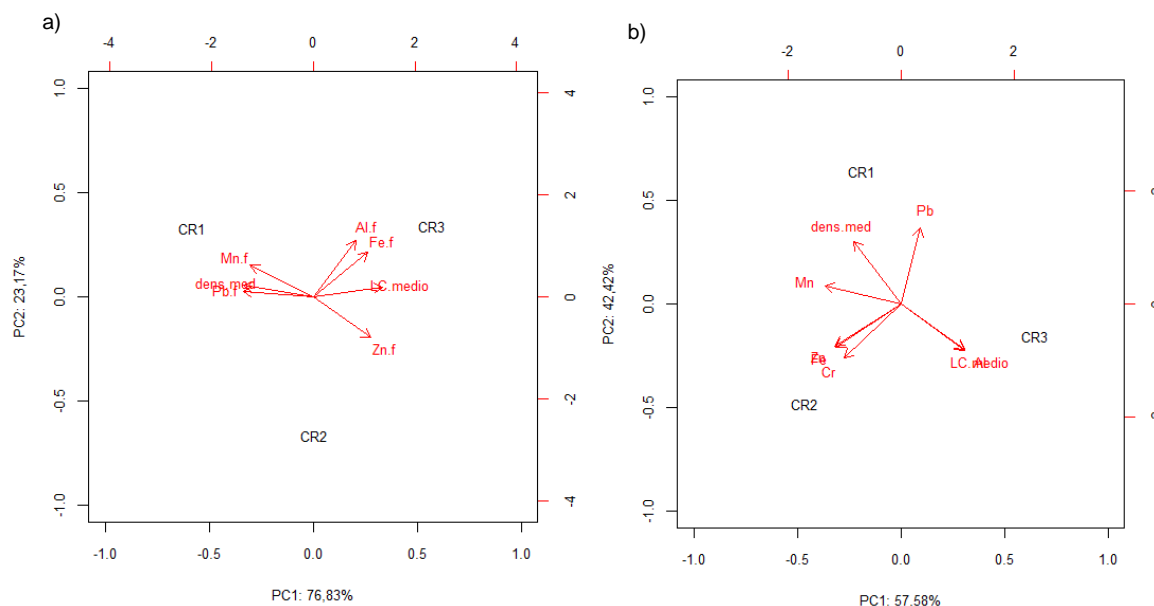
Os resultados da análise de componentes principais entre os metais e os parâmetros populacionais no estuário do rio São Mateus são apresentados na Figura 313. O ponto 3 (SM3) destaca-se quanto às maiores concentrações de Al, Fe, Pb e Zn foliar, maior LC médio e densidade (Figura 313a). Por outro lado, SM1 apresenta relativamente as menores concentrações dos nutrientes e menor densidade. LC médio está positivamente correspondente ao eixo 2 e a densidade média, ao eixo 1 (Figura 313a). Ao observar a concentração de metais no sedimento, verifica-se que Al, Cr, Fe, Mn e Zn estão correlacionando positivamente com o eixo 1 e o Pb, negativamente (Figura 313b). Destaca-se que os vetores correspondentes ao Fe e Mn direcionam para o ponto 2 (SM2), onde foi registrado a maior concentração desses metais no sedimento e menor LC médio (Figura 313b). As duas componentes descrevem 100% da variabilidade dos dados nas duas PCA's (Figura 313a, b).

Figura 313: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.



Na análise dos componentes principais para o estuário de Caravelas também se observa dispersão dos pontos (Figura 314) amostrados, similar às demais áreas de estudos. Os vetores correspondendo as concentrações de Mn e Pb foliar e densidade média estão correlacionados negativamente ao eixo 1, este explica 76,83% da variabilidade dos dados e o eixo 2, 23,17 % (a). A direção dos vetores indica que o ponto 1 apresenta a maior densidade e concentração de Mn e Pb nas folhas e menor LC médio, como indicado pela direção oposta do vetor correspondente a esta variável. O ponto 3 (CR3) destaca-se como tendo os maiores indivíduos, no qual o LC médio está equiparado positivamente ao eixo 1, e as maiores concentrações de Fe e Al foliar que correspondem ao eixo 2, como indicado pela direção dos vetores relacionados a essas variáveis. Para os resultados dos metais no sedimento e parâmetros populacionais (Figura 314b), as duas componentes principais explicam 100% da variabilidade dos dados. O ponto 2 (CR2) destaca-se por apresentar maior concentração de Fe, Cr e Zn em relação aos demais e valores intermediários de densidade média e LC médio. O Al, positivamente correlacionado ao eixo 1, está mais relacionado ao CR3, ponto com maior concentração deste metal no sedimento.

Figura 314: Análise de componente principal (PCA) com base nos parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nutrientes foliar (a) e concentração de metais pesados no sedimento (b) do manguezal no estuário de Caravelas. As variáveis bióticas foram: densidade média (dens.med) e média do tamanho do cefalotórax dos indivíduos (LC.med), e as abióticas: alumínio (Al), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os elementos seguidos por f correspondem aos nutrientes foliar.



A análise de Cluster utilizando os parâmetros populacionais de *U. cordatus*, densidade (média, mínima e máxima) e média da largura do cefalotórax dos indivíduos, considerando todos os estuários permite identificar três grupos distintos como observado na Figura 315. O primeiro formado apenas por Caravelas, que possui o maior LC médio (66,61 mm) e é a principal variável responsável pela separação do local dos demais estuários. O segundo, composto apenas por Costa das Algas, que exibiu as menores densidades (0,37, 0,30 e 0,44 indivíduos.m⁻², média, mínima e máxima respectivamente) e LC médio (31,85 mm) e o terceiro grupo, composto pelos estuários Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho, Urussuquara, Barra Nova e São Mateus. Verifica-se, portanto, uma tendência de similaridade dos estuários do norte do Espírito Santo tratando-se apenas dos parâmetros populacionais, exceto Costa das Algas.

A análise de agrupamento de Cluster foi elaborada para o manguezal do estuário do rio Piraquê-Açú (Figura 316) com base nos parâmetros populacionais (densidade média, mínima e máxima, e tamanho médio dos indivíduos) e concentração de metais no sedimento (Al, Cr, Fe, Mn, Pb e Zn). Destaca-se a estação PA2FE, não se agrupando com as demais, formando grupo isolado com características particulares. Este local apresenta relativamente elevadas concentrações de metais no sedimento, população composta por indivíduos com maior tamanho médio e a menor densidade média. Essas características distanciam a estação das demais e os grupos 2 e 3 são representados por aquelas estações com similaridades estruturais e concentração de metais.

Figura 315: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), entre os estuários monitorados, Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Costa das Algas, Barra do Riacho, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas.

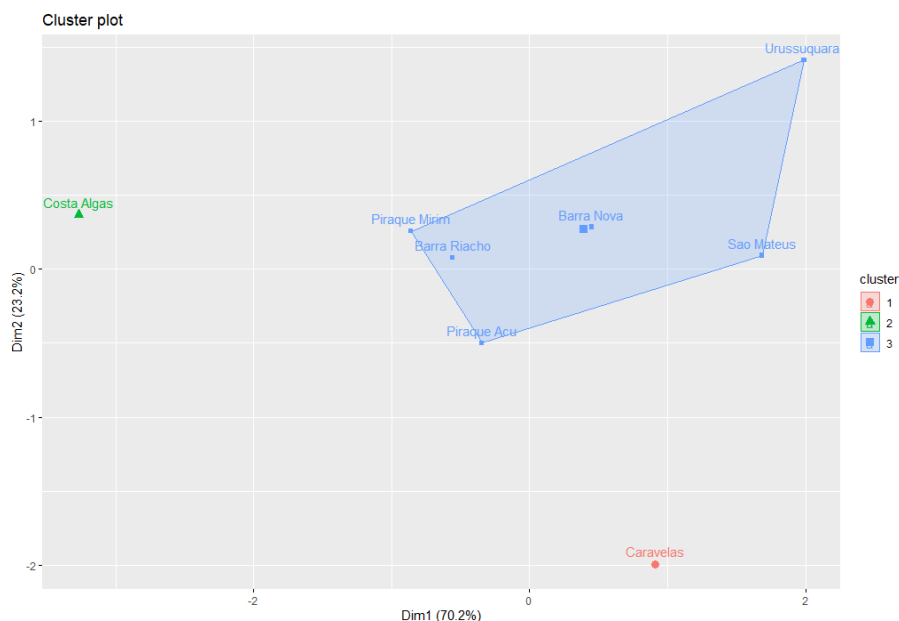
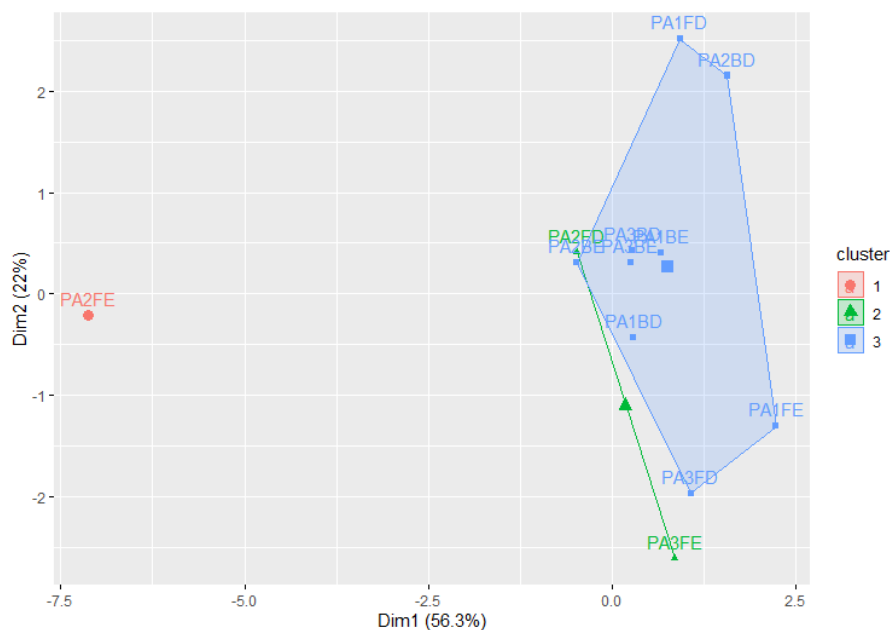


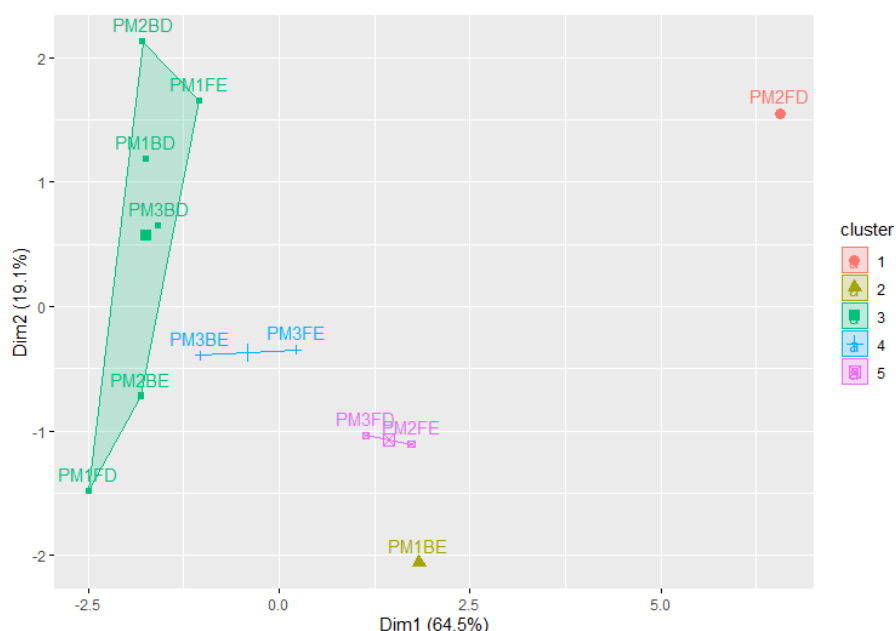
Figura 316: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade média, mínima e máxima e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e concentração de metais pesados no sedimento (alumínio, chumbo, cromo, ferro, manganês e zinco) em cada estação amostral no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz.



A análise de Cluster, envolvendo os parâmetros populacionais de *U. cordatus* e os metais no sedimento e os nutrientes foliares, revelou cinco grupos distintos no estuário do rio Piraquê-Mirim (Figura 317). Nesta avaliação, destacam-se as estações PM2FD e PM1BE que formaram grupos isolados das demais em função das maiores concentrações relativas de Fe e Al no sedimento.

Os demais grupos são compostos por estações que apresentam concentrações de metais no sedimento e/ou parâmetros populacionais similares.

Figura 317: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade média, mínima e máxima e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e concentração de metais pesados no sedimento (alumínio, chumbo, cromo, ferro, manganês e zinco) em cada estação amostral no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz.



A Figura 318 exibe o agrupamento das estações do estuário do rio Ipiranga em Urussuquara. A análise de agrupamento de Cluster revelou dois grupos distintos: o primeiro formado apenas por um local e o segundo por três estações. A parcela UR1FE apresenta a maior concentração de metais no sedimento e menor LC médio, variáveis que a distanciam das demais. O segundo grupo é formado por estações que exibem concentrações similares de metais no sedimento e estão associados aos maiores valores de densidade (mínima e máxima) e tamanho médio dos indivíduos.

As estações amostrais no estuário em Barra Nova formaram dois grupos (Figura 319). O Cluster 1 representa as estações BN1FE e BN3BD e estão distantes do grupo 2, integrado pelas demais estações. O Cluster 2 agrupou quatro estações, onde a principal característica está associada aos maiores valores de densidade mínima e as concentrações dos metais: Al, Cr, Fe e Zn no sedimento, evidenciando a dissimilaridade dos bosques com as demais. Por outro lado, este apresentou características diferentes, como os valores de extremos, mínimo e máximo, de LC médio, além da concentração de Pb e Mn no sedimento.

Figura 318: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade média, mínima e máxima e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e concentração de metais pesados no sedimento (alumínio, chumbo, cromo, ferro, manganês e zinco) em cada estação amostral no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara, São Mateus.

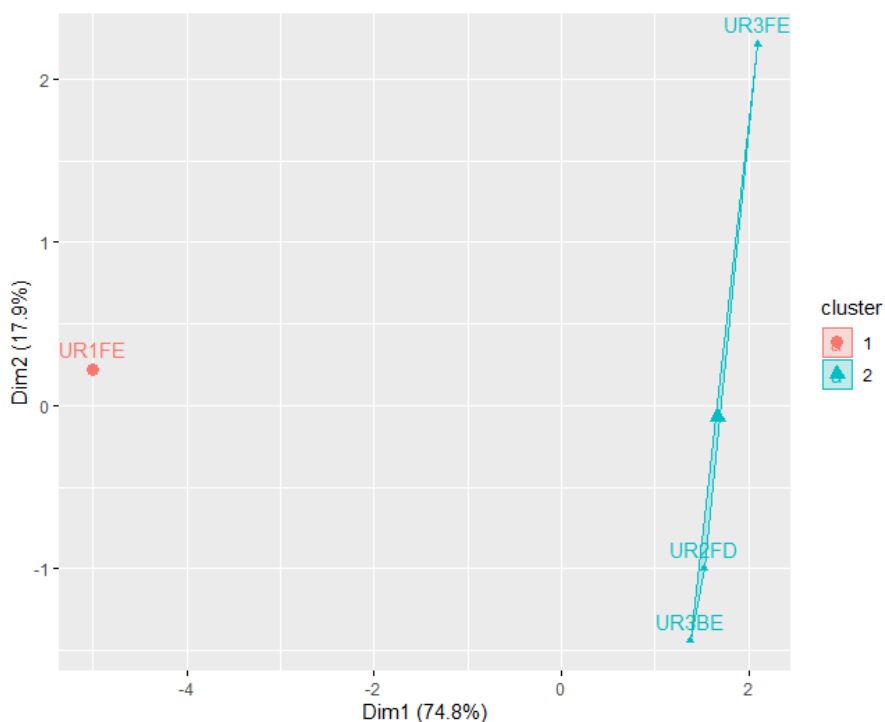
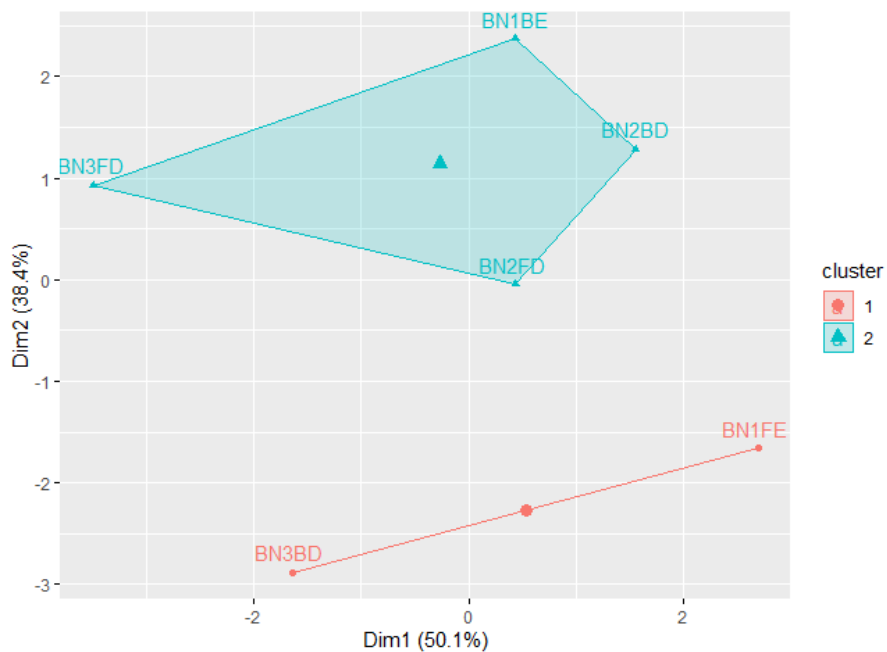
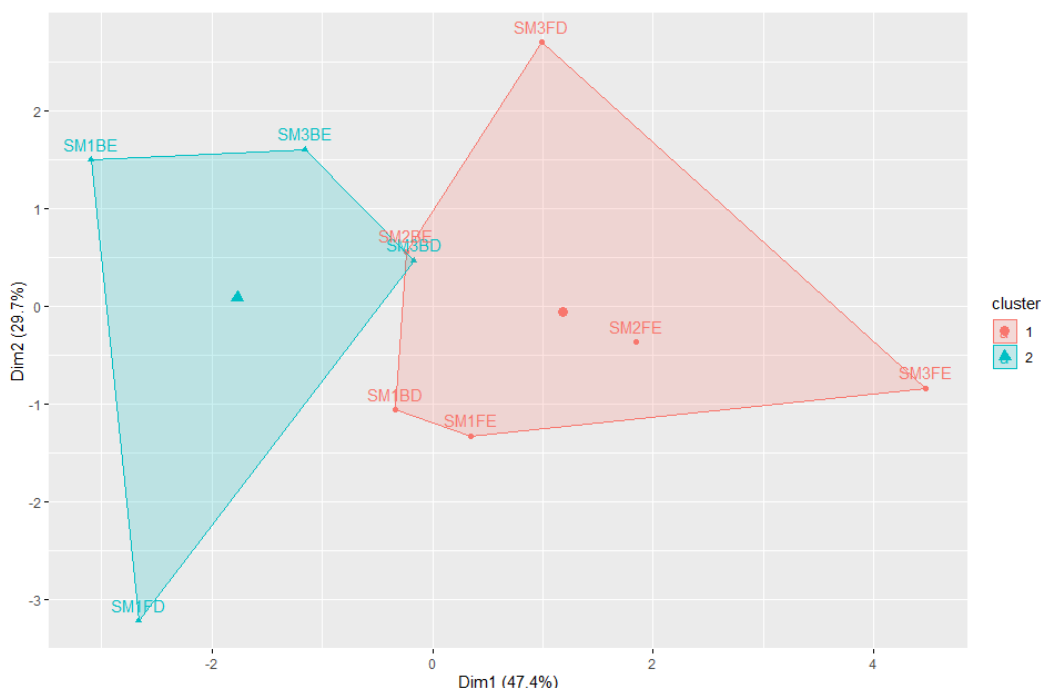


Figura 319: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade média, mínima e máxima e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e concentração de metais pesados no sedimento (alumínio, chumbo, cromo, ferro, manganês e zinco) em cada estação amostral em Barra Nova, São Mateus.



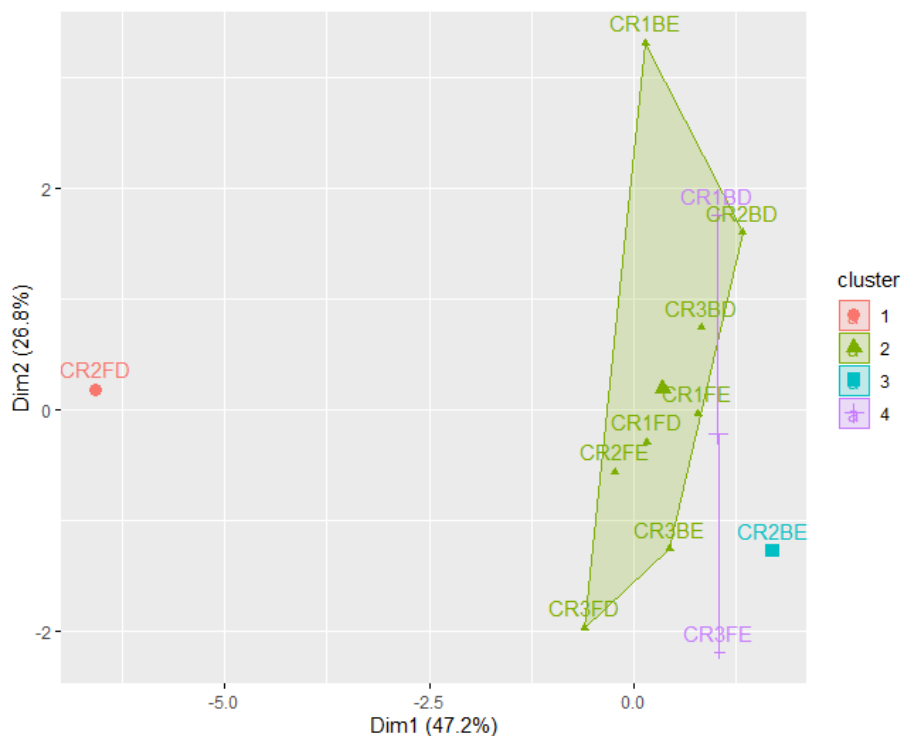
A Figura 320 descreve os resultados da análise de Cluster para o estuário do rio São Mateus e revela dois grupos. O cluster 1 é formado por seis estações, sendo suas principais características as maiores concentrações de Fe e Mn no sedimento. O cluster 2 possui quatro estações, duas pertencem ao ponto 1 e as demais ao ponto 3 que foram associadas por registrarem as menores concentrações de Cr, Fe, Mn e Zn.

Figura 320: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), concentração de metais pesados (Alumínio, Cromo, Ferro e Manganês) no sedimento e nutrientes foliares (Ferro e Manganês) em cada estação amostral no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra.



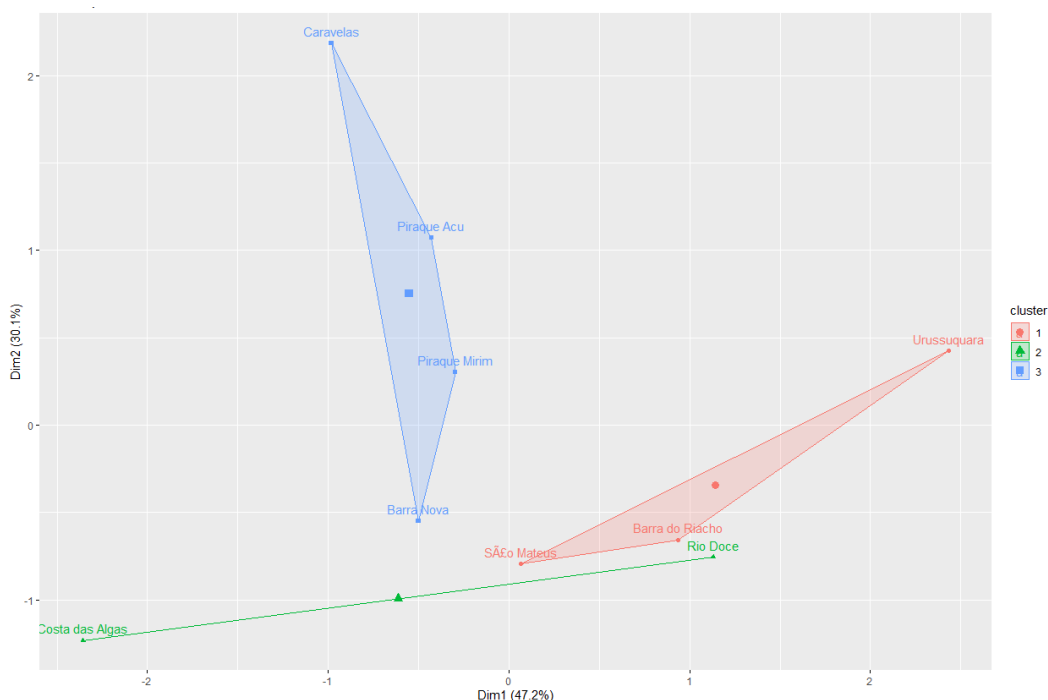
As estações no estuário de Caravelas foram divididas em quatro grupos com base na análise de Cluster (Figura 321). A estação CR2FD, identificada como o grupo 1 no gráfico, dissocia-se das demais em função das maiores concentrações de Al, Cr, Fe e Mn no sedimento apesar de possuir similaridades nos parâmetros populacionais com os demais grupos. O cluster 2 é composto pelo maior número de estações desta localidade. Observa-se similaridade e sobreposição entre os grupos 2 e 4 que revelam características em comum entre as estações. Entretanto, observa-se a distância entre as estações dentro do mesmo grupo, o que indica que apesar de terem características similares, os valores entre as variáveis são relativamente discrepantes. O cluster 3, com apenas uma estação (CR2BE), está isolado devido a menor concentração de Al, Cr, Fe e Zn no sedimento. Entretanto, possui proximidade com os grupos 2 e 4. O grupo 4 é formado pelas estações CR1BD e CR3FE, que registraram valores próximos na concentração de Fe, sugerindo igualmente a existência de similaridade quanto à concentração desse metal.

Figura 321: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais (densidade e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), concentração de metais pesados (Alumínio, Cromo, Ferro e Manganês) no sedimento e nutrientes foliares (Ferro e Manganês) em cada estação amostral no estuário de Caravelas.



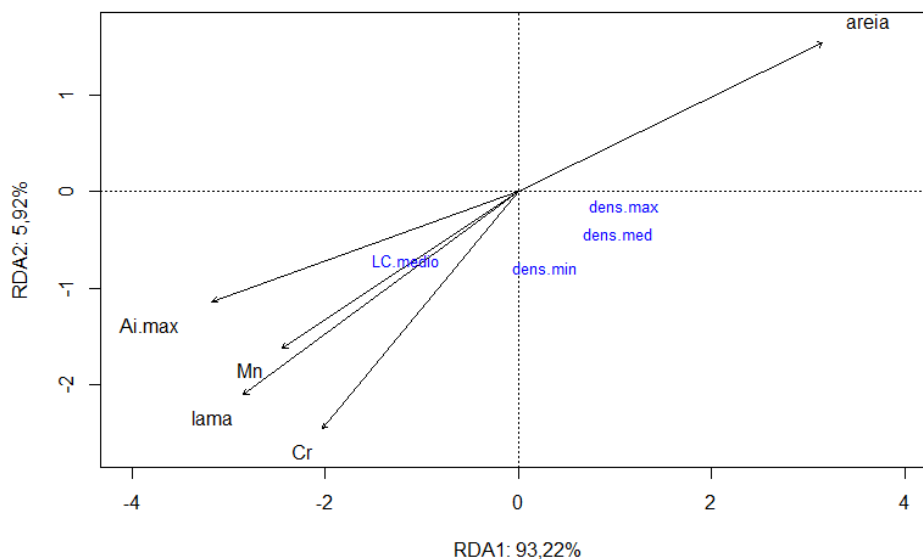
A análise de Cluster, considerando os parâmetros populacionais de densidade (mínima, média e máxima) e tamanho médio dos indivíduos (LC médio) para *C. guanhumi* em todos os estuários, alocou as populações em três diferentes grupos (Figura 322). Rio Doce e Costa das Algas estão distantes dentro do gráfico, mas estão sendo considerados como um único grupo, compondo o cluster 2. Ambos os locais registraram populações contendo indivíduos com maior tamanho médio em relação aos demais, apesar de haver discrepância entre eles no que diz respeito à densidade média. Por outro lado, o primeiro cluster associou Urussuquara, São Mateus e Barra do Riacho, sugerindo similaridades quanto ao parâmetro populacional em relação à largura média do cefalotórax (LC médio), principal característica deste agrupamento.

Figura 322: Análise de Cluster utilizando parâmetros populacionais de guaiamum, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), densidade (mínima, média e máxima) e tamanho médio do cefalotórax dos indivíduos (LC médio) entre os estuários monitorados (Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, APA Costa das Algas, Barra do Riacho, Rio Doce, Urussuquara, Barra Nova, São Mateus e Caravelas).



Por sua vez, a Figura 323 demonstra os resultados da Análise de Redundância (RDA), ponderando a média das variáveis bióticas e abióticas em cada ponto amostral (1, 2 e 3) em todos os estuários monitorados, exceto Barra do Riacho, permitindo a análise exploratória dos dados. Devido a ausência de significância entre os componentes abióticos, isto é, concentração de Fe, Al e Zn no sedimento, concentração de Al, Fe, Mn e Zn foliar, o teor de matéria orgânica e CaCO_3 no sedimento, e os aspectos estruturais, como a densidade da vegetação e o diâmetro a altura do peito (DAP), estas variáveis foram removidas do modelo. Destacam-se a amplitude de inundação máxima, teor de lama e areia (%) no sedimento, concentração de Cr e Mn no sedimento como sendo as variáveis preditoras preponderantes para explicar as diferenças observadas entre a densidade e a largura média do cefalotórax de *U. cordatus*. O gráfico resultante da RDA expressa claramente a relação existente entre as características ambientais selecionadas e os parâmetros populacionais da espécie (Anova $p < 0,05$). Juntas as dimensões 1 e 2, isto é, eixos x e y, explicam 99,14% da relação entre variáveis respostas e explicativas, ou seja, os fatores ambientais inseridos no modelo são responsáveis por explicar 99,14% das diferenças biológicas entre as áreas. Destes, 93,22% estão representados na dimensão 1 e 5,92% na dimensão 2.

Figura 323: Diagrama de ordenação da análise de redundância (RDA) relacionando as variáveis ambientais e os parâmetros populacionais de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários monitorados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019



3.11.7 Mapeamento Decápodes

3.11.7.1 Densidade populacional

O mapeamento das áreas de distribuição dos habitats das espécies *C. guanhumii* e *U. cordatus* foi realizado com sucesso e foram necessários vários campos para ajustar a metodologia junto às equipes de recrutamento dessas espécies, no Apêndice são apresentados os mapas que foram gerados.

Também foi elaborado um mapa que permitiu demonstrar de forma resumida a distribuição das espécies por estuário (Figura 324 e Figura 325).

Figura 324: Distribuição de *Ucides coradatus* (caranguejo uçá) por estuário.

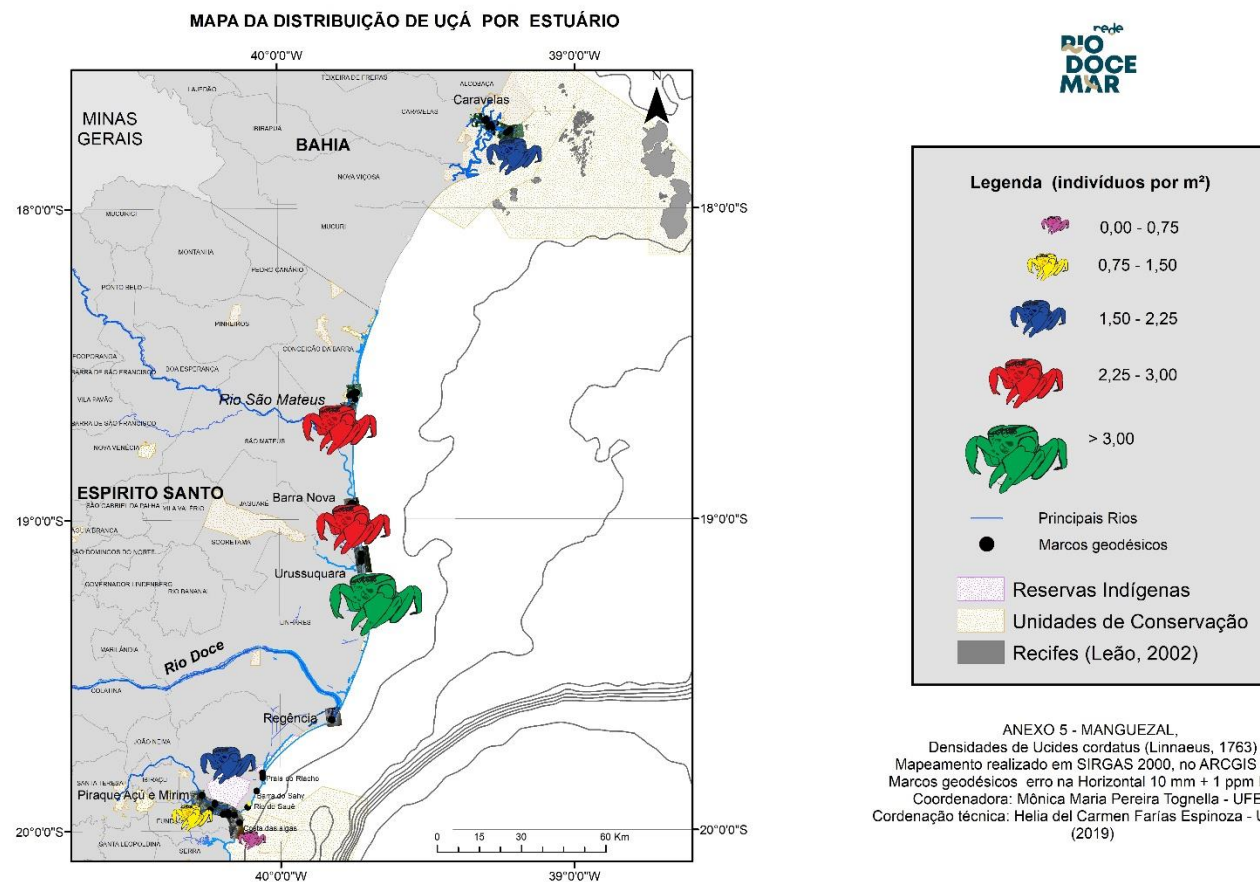
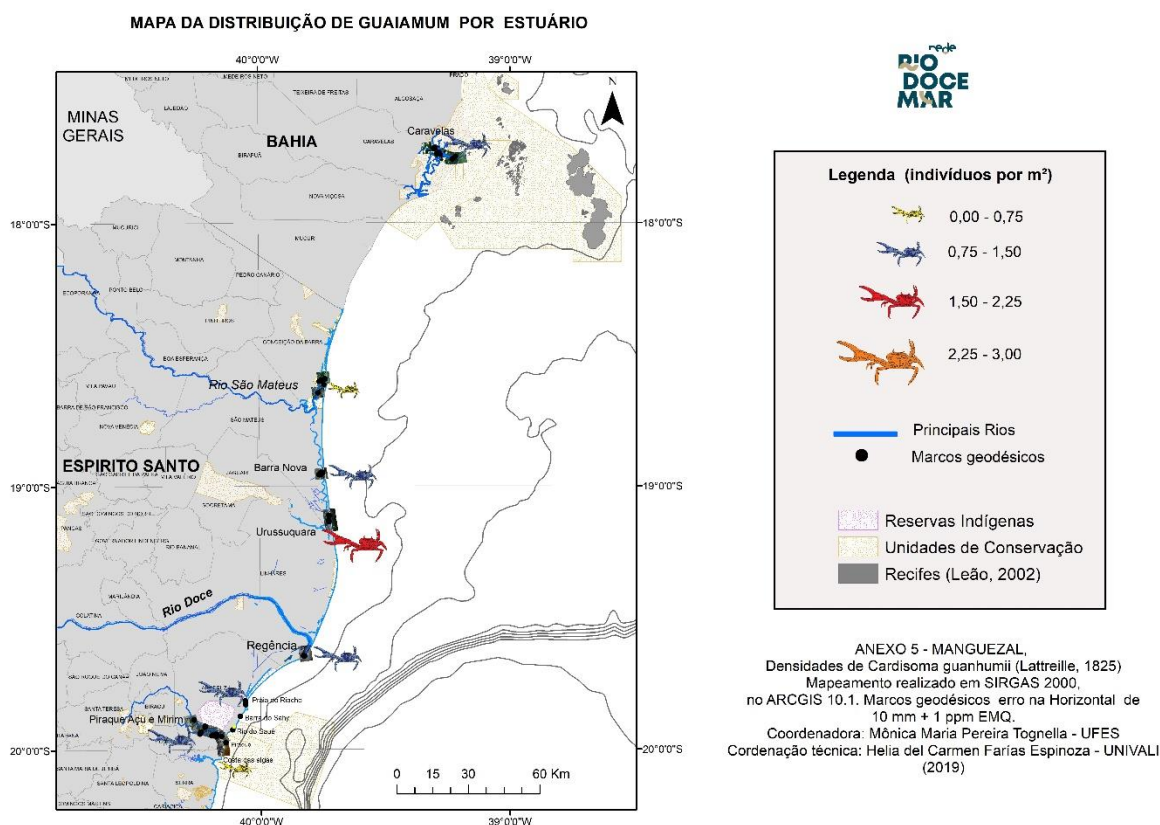


Figura 325: Distribuição de *Cardisoma guanhumi* (caranguejo guaiamum) por estuário.



O mapa com a geomorfologia das áreas em 3D está sendo desenvolvido para todas as áreas, e vão ser realizados cruzamentos de informações gerando novos mapas a partir da utilização de diversas outras variáveis (Apêndice). No mesmo apêndice são apresentadas outras tabelas geradas a pedido de outros pesquisadores.

3.11.8 Integração dos resultados – *Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumi*

Destaca-se *U. cordatus* e *C. guanhumi* representantes de interesse sócio-econômico e ecológico, como as espécies para o diagnóstico de alterações ambientais do ecossistema manguezal. Sendo assim, é fundamental a abordagem da biologia populacional das espécies para a interpretação e discussão dos resultados provenientes do PMBA no âmbito da gestão e manejo da população.

A densidade de *U. cordatus* variou entre 0,31 e 3,17 indivíduos.m⁻² nos estuários avaliados no primeiro ano do PMBA. As diferenças na densidade detectadas ao longo de um ano nos estuários, exceto Costa das Algas, não permitem inferir que houve declínio ou crescimento populacional, uma vez que essa variabilidade pode ser comportamento natural da população naquela determinada área. Este primeiro ano servirá como base para avaliar a ecologia da população e posteriormente verificar se a mesma está declinando ao averiguar a dinâmica em maior escala temporal e quais os possíveis impactos dos

rejeitos da barragem de Fundão sobre a população, uma vez que impactos agudos e crônicos a nível de indivíduo são evidentes.

A variabilidade temporal e as diferenças na densidade entre os estuários podem estar relacionadas às características das florestas de mangue, tais como estrutura e produtividade primária, variáveis ambientais característicos de cada estuário, padrões de recrutamento larval dentre outros atributos, além disto, destaca-se a sobreexploração da população (CONTI; NALESSO, 2010). Dados pretéritos, anteriores a chegada da pluma de rejeitos de minérios no estuário do Rio Doce e região costeira, para o estuário do rio Piraquê-Açú mostram que a densidade média registrada no PMBA (1,58 indivíduos.m⁻²) é inferior à encontrada em 2004/2005 (2,5 indivíduos.m⁻²) por Conti e Nalesso (2010) e superior à registrada em 2015, correspondendo a 0,67 indivíduos.m⁻² (SPINASSÉ, 2016). Não há resultados conclusivos para inferir se este aumento na densidade entre 2015 – PMBA possa ser atribuído a recuperação da população após possíveis impactos no ecossistema, sendo necessárias avaliações em maior escala temporal dos parâmetros populacionais. Comportamento similar pode ser observado no estuário do rio São Mateus. Com base em estudos realizados por Porto (2016), a densidade média aumentou durante o PMBA, sendo observadas 0,74 indivíduos.m⁻² e 0,55 indivíduos.m⁻² em 2015 e 2016, respectivamente. Em geral, as densidades registradas nos estuários do PMBA estão próximas as encontradas em outras regiões do Brasil Tabela 96

Tabela 96: Densidade média de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos estuários avaliados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 e em diferentes áreas no Brasil.

Área de estudo	Densidade média (indivíduos.m ⁻²)	Referência Bibliográfica
rio Piraquê Mirim, Aracruz	1,40	Presente estudo
rio Piraquê Açú, Aracruz	1,58	
rio Barra Seca, São Mateus	3,17	
rio Mariricu, São Mateus	2,32	
rio São Mateus, Conceição da Barra	2,78	
rio Caravelas, Caravelas	1,74	
rio São Mateus, Conceição da Barra (2015)	0,77	Porto (2016)
rio São Mateus, Conceição da Barra (2016)	0,54	Porto (2016)
rio Piraquê Açú e Mirim, Aracruz	0,74	Spinassé (2016); Spinassé; Tognella (em submissão)
Pará	1,87	Maia (2016)
Amapá	1,09	Amaral et al. (2014)
rio Mucuri, Mucuri	2,41	Firmo (2012)
Pará	2,30	Melo (2010)
Maranhão	3,00	De Lima et al. (2010)
rio Piraquê Açú, Aracruz, Espírito Santo	2,50	Conti; Nalesso (2010)
Baía de Vitória, Espírito Santo	3,70	Goes et al. (2010)
Mamuna, Maranhão (2008)	3,20	Castro et al. (2008)
Ilha do Carrapatal, Maranhão (2007)	3,50	
Ilha do Carrapatal, Maranhão (2008)	4,20	
Baía de Tubarão (2007)	2,90	
Baía de Tubarão (2008)	5,20	
Baía da Babitonga, Santa Catarina	2,05	Wunderlich et al. (2008)
Amapá, Ilha de Maracá	4,95	Fernandes; Carvalho (2007)
Amapá, Vila do Sucuriju	6,51	
Caravelas, Bahia	1,31	Schimidt (2006)
Iguapé, São Paulo	6,90	Hatori (2006)
Ilha do Cardoso, São Paulo (2003)	5,13	Jankowsky et al. (2006)
Ilha do Cardoso, São Paulo (2004)	5,97	
Ilha de Cananéia, São Paulo (2003)	3,05	
Ilha de Cananéia, São Paulo (2004)	4,30	
Santa Catarina	1,10	Branco (1993)

O tamanho médio dos indivíduos das populações de *U. cordatus* em todos os estuários, exceto Caravelas, é inferior ao tamanho comercial como estabelecido pela legislação, largura da carapaça < 60 mm (IBAMA, 2003). Comportamento observado para o estuário do Piraquê-Açú em 2004/2005, onde os indivíduos juvenis (largura da carapaça < 4,5 mm) foram mais frequentes (CONTI; NALESSO, 2010). Estes autores sugeriram que a pressão da captura está além da capacidade de reposição da população, colocação importante a ser considerada ao se tratar de impactos ambientais. Os resultados preliminares do presente estudo juntamente com os de Conti e Nalesso (2010) evidenciam a vulnerabilidade da população frente a impactos no ecossistema, uma vez que a espécie é considerada ameaçada (ALVES; NISHIDA, 2004) e o seu nicho ecológico é diretamente interligado com a água estuarina. É notável a sensibilidade desta espécie, dado que foi a única que sofreu mortalidade em massa no litoral brasileiro por causa da chamada “doença do caranguejo letárgico” (SCHMIDT et al., 2008a).

Os metais não são biodegradáveis e são considerados os principais poluentes ambientais, causando efeitos citotóxicos, carcinogênicos e mutagênicos em animais (MORE et al., 2003). Estão entre os poluentes conhecidos com alto grau de toxicidade e persistência (AHEARN et al., 2004), e apresentam interesse a nível global, devido aos impactos e potenciais riscos a biota (DUARTE et al., 2017). Os metais traços são bioacumuladores nos organismos (PINHEIRO et al., 2012) através de diferentes vias, incluindo respiração, adsorção e ingestão (ZHOU et al., 2001). Cobre, cromo e manganês estão entre os metais considerados essenciais para o metabolismo animal, embora podem ser tóxicos se apresentarem em altas concentrações (DUARTE et al., 2017). O cromo e o manganês interferem na regulação hormonal de *U. cordatus*, e em altas concentrações são tóxicos para esta espécie (CORRÊA JR. et al., 2005). Cobre e chumbo afetam a integridade das membranas lisossômicas, sendo associados à citotoxicidade e genotoxicidade na espécie (DUARTE et al., 2017). Elevadas concentrações de ferro nos tecidos dos organismos podem ocasionar a formação de espécies reativas de oxigênio (ERO), e consequentemente levar ao estresse oxidativo (HALLIWELL, 2009). E o cádmio se torna prejudicial em altas concentrações por atuar diretamente no sistema fisiológico dos invertebrados, especialmente os caranguejos (CARR et al., 1985).

Alumínio e ferro destacam-se entre os metais traços presentes na pluma de rejeitos de minério na foz do Rio Doce (GOMES et al., 2017) alcançando a região costeira e, consequentemente, as demais áreas de estudos, e ainda presente em elevadas concentrações no sedimento dos manguezais como apresentado na seção 3.3, especialmente na estação chuvosa. Sendo assim, considerando esta característica dos metais e com potenciais efeitos deletérios, em longo prazo, para *U. cordatus*, como registrado na literatura (PINHEIRO et al., 2012; BANCÍ et al., 2017), os impactos a nível de indivíduo podem refletir diretamente na população, especialmente na estrutura e densidade, parâmetros já susceptíveis a sobreexploração que ocorrem nos manguezais monitorados, uma vez que trata-se de um importante recurso econômico para as comunidades ribeirinhas.

U. cordatus é considerada espécie sentinela dos manguezais (DUARTE et al., 2017; PINHEIRO et al., 2017) estudada como bioindicadora de ambientes contaminados por metais pesados (JESUS et al.,

2003; PINHEIRO et al., 2012; PINHEIRO et al., 2013; DUARTE et al., 2016; ORTEGA et al., 2016) e adequada para estudos de monitoramento ambiental (BOSCO-SANTOS et al., 2016). É uma das espécies mais pesquisadas para quantificar a contaminação por metais pesados (PINHEIRO et al., 2012; BOSCO-SANTOS et al., 2016) por apresentar longo ciclo de vida, taxa de crescimento lento, podendo viver pelo menos 10 anos (PINHEIRO et al., 2005), alimentar-se principalmente da serapilheira das áreas de manguezais, destacando-se as folhas de *R. mangle* e do sedimento (NORDHAUS; WOLF, 2007) e pela suscetibilidade à acumulação de metais (PINHEIRO et al., 2012; ORTEGA et al., 2016). Além das características citadas também é responsável pela biomagnificação de metais na cadeia trófica dos manguezais (DUARTE et al., 2017). As características do nicho ecológico da espécie e do seu habitat torna a população suscetível a impactos antrópicos e naturais, uma vez que as florestas de mangue estão sob ameaça de acúmulo de poluentes, os quais podem ser importados para este ecossistema por meio dos rios e das correntes de marés (KRUITWAGEM et al., 2008).

Os resultados encontrados pelo Anexo 1, Ecotoxicologia, mostram que a concentração de ferro e manganês nos tecidos dos indivíduos de *U. cordatus* estão acima daquela encontrada por Pinheiro et al. (2012) nos manguezais de Cubatão, região considerada fortemente poluída. Não há limites recomendados para alimentação de acordo com a legislação da ANVISA e FAO (Food and Agriculture Organization) para ferro e manganês, portanto, utilizou-se como valores de referência os registrados por Pinheiro et al. (2012). O monitoramento contínuo das áreas de manguezais afetadas pelos rejeitos permitirá averiguar possíveis alterações na biologia da população como resposta às alterações biogeoquímicas locais e regionais.

Os caranguejos absorvem os metais tóxicos através da alimentação (PINHEIRO et al., 2012), do tegumento ou das brânquias (AHEARN et al., 2004). Nesse sentido, a assimilação direta de metais de fases prontamente dissolvidas ou formas mais lábeis no solo aumentaria o conteúdo de metais em tecidos de caranguejo (BELTRAME et al., 2011; HEIDARIEH et al., 2013). Apesar da fraca relação entre a concentração de cromo, ferro e manganês na biota e folhas e sedimentos, o coeficiente de correlação não foi significativo ($p > 0,05$), mas ressalta-se que os indivíduos da espécie mantêm estreita relação com os componentes do manguezal (DUARTE et al., 2017). Destaca-se como os componentes: 1) água, através do contato e ingestão participando de processos fisiológicos e metabólicos (PINHEIRO et al., 2012); 2) sedimentos, através da ingestão de parte deste durante a alimentação e contato devido ao processo de escavação das galerias (NORDHAUS et al., 2009) e locomoção; e 3) folhas de mangue, através da ingestão, considerada principal alimento para *U. cordatus*, principalmente folhas de *R. mangle* (CHRISTOFOLETTI et al., 2013; PINHEIRO et al., 2013). Um dos pontos a serem considerados ao discutir a ausência de correlação da concentração de metais entre biota, folhas e sedimento são os locais de coleta das amostras de indivíduos, sendo pontuais dentro do estuário.

Elevadas concentrações de alumínio e ferro em sedimentos estuarinos podem alterar a biogeoquímica e a assembleia da macrofauna, aumentando a abundância de espécies oportunistas tolerantes, facilitando espécies invasoras e impactando populações naturais (FLEWELLING et al., 2005), destacando-se a dinâmica populacional de *U. cordatus*. Esta espécie é classificada como espécie

exclusiva do manguezal (MELO, 1996; CASTILHO-WESTPHAL et al., 2008; PINHEIRO et al., 2017). Não há registros de ocorrência desta espécie na foz do rio Doce antes do rompimento da barragem de Fundão, mas durante o PMBA houve relatos da população sobre a ocorrência de indivíduos na região, os quais foram registrados e aqueles quando capturados foram medidos, congelados e levados para o Laboratório de Ecologia de Manguezal (CEUNES/UFES). Destaca-se que o tamanho relativamente pequeno dos indivíduos encontrados (média da largura do cefalotórax $36,88 \pm 0,89$ mm), isto é, anterior a idade reprodutiva, e a baixa densidade populacional registrada implicam em ingresso da espécie no sistema fluvial do Rio Doce, provavelmente, respondendo as alterações provocadas em sua hidrodinâmica resultantes do efeito provocado pela chegada dos rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão. Estudos de crescimento de *U. cordatus* (DIELE; KOCK, 2010) permitem estimar que os indivíduos registrados apresentam aproximadamente entre 3 e 4 anos de idade, tamanho compatível com um recrutamento logo após o desastre.

Cardisoma guanhumi é considerada uma espécie com elevada importância socioeconômica e em 2014 foi indicada pelo Ministério do Meio Ambiente para fazer parte da “Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de extinção” como espécie “Criticamente em Perigo de extinção” (RESOLUÇÃO 445 MMA, 2014). Encontra-se no período de defeso por tempo indeterminado no Espírito Santo – DECRETO Nº1499-R/2008. A ausência de dados da biologia populacional (estrutura e densidade) da espécie para no Espírito Santo não permite inferir se houve declínio ou decréscimo na população e os resultados do PMBA não indicaram mudanças significativas na densidade média entre os períodos amostrados para todos os estuários avaliados. A população se mantém estável apesar da pressão de captura observada pela equipe em alguns estuários. Os possíveis impactos dos rejeitos de minério potencializa a suscetibilidade da população frente às alterações biogeoquímicas do ambiente, além da própria pressão de captura.

As correlações entre as variáveis ambientais e os parâmetros populacionais apresentados nos resultados (subseção 3.11.1) permitem verificar as relações entre o ambiente e a população de *U. cordatus*. É possível observar que em cada estuário diferentes variáveis apresentam relações peculiares com a população, onde diferem espacialmente e são particulares de cada sistema avaliado em função da complexidade e heterogeneidade de habitats em cada bosque dentro do ecossistema, reflexo da dinâmica ambiental de cada estuário. No geral, indivíduos maiores de *U. cordatus* habitam bosques com maior concentração de metais no sedimento e nas folhas e com menor densidade populacional, característicos de bosques do tipo franja, que apresentaram-se mais desenvolvidos estruturalmente e com maior teor de matéria orgânica no sedimento, e onde ocorre maior amplitude e frequência de inundação, possibilitando maior contato dos indivíduos com a coluna d’água, onde as variações nas concentrações de metais são evidentes.

Valores de diretrizes foram propostos para categorizar os níveis de impactos nas duas espécies de decápodes nos estuários avaliados durante o PMBA. Os pontos amostrados ao longo do gradiente estuarino (1, 2 e 3) em cada estuário foram classificados em: (1) menos suscetível, (2) suscetível e (3) muito suscetível com base nos parâmetros populacionais (densidade e tamanho médio dos indivíduos),

e concentração de ferro e manganês nos tecidos. O somatório da classificação dos pontos gerou um valor de ponderação, ou seja, a porcentagem dos pontos impactados dentro do estuário, e partir disto foi possível estimar a probabilidade de impactos esperados para cada estuário, todos apresentaram valores superior a 75%. Para todos os casos acrescenta-se os danos ligados à concentração de metais nos diferentes compartimentos, folha e sedimento.

Os poucos estudos disponíveis para *U. cordatus* nos estuários do Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim (CONTI; NALESSO, 2010; SPINASSÉ, 2016) e São Mateus (AFFONSO, 2014; PORTO, 2016) e a escassez de informações da estrutura populacional de *U. cordatus* para os demais estuários não permitem realizar avaliação temporal detalhada da estrutura e dinâmica populacional da espécie antes e após o rompimento da barragem. As questões discutidas até o momento em relação a composição e a concentração de metais traço nos indivíduos, folhas da vegetação e sedimento do manguezal alerta sobre a importância das avaliações dos potenciais impactos, crônicos ou agudos, sobre os indivíduos de *U. cordatus* e consequentemente sobre a população, a curto e longo prazo. Considerando que os metais são bioacumuladores em organismos bentônicos (ALMEIDA et al., 2016) e os efeitos são deletérios a longo prazo. A continuidade do monitoramento nestas áreas torna-se crucial para detectar os reais impactos, espaciais e temporais, associados ao rompimento da barragem de Fundão sobre as populações de *U. cordatus* e *C. guanhumi* e irá direcionar ao diagnóstico ecológico dessas espécies gerando o conhecimento para estabelecer ações adequadas para o manejo.

Razão sexual

Nota-se diferença na proporção de macho e fêmea nas áreas analisadas, onde o número de machos é superior ao de fêmeas. Dados pretéritos mostram que a razão sexual de *U. cordatus* no Piraquê-Açú era de 1,0:1,2 (CONTI; NALESSO, 2010), resultados diferentes do presente estudo. No entanto, Spinassé (2016) encontrou razão sexual de 2,0:3,0. Essa variação é considerada normal para a espécie onde os machos sobressaem às fêmeas em alguns meses do ano, seguido por fêmeas que predominam durante outros meses podendo estar relacionado ao ciclo reprodutivo, crescimento, mortalidade, nutrição e migração dos indivíduos (DIELE, 2000).

Diferenças significativas na proporção sexual foram observadas no Piraquê-Açú (8,0:1,0), Urussuquara (4,9:1,0) e São Mateus (5,0:1,0) nas estações primavera/verão, entretanto, Urussuquara (1,7:1,0) e Barra Nova (2,7:1,0) apresentaram maior proporção M:F no outono/inverno. Espera-se que a proporção de machos e fêmea na natureza seja de 1,0:1,0, mas os machos sobressaem as fêmeas em alguns meses do ano, seguido por fêmeas que predominam durante outros meses (WENNER, 1972; DIELE, 2000). Essa variação na proporção sexual em função dos meses pode estar relacionada com o período reprodutivo, crescimento, mortalidade, nutrição, migração (WUNDERLICH et al., 2008), disponibilidade de alimento, sobreexploração (CASTRO et al., 2008), composição arbórea e nível de inundação das marés (WUNDERLICH; PINHEIRO, 2013). Além dessas variáveis, diferentes tensores no ambiente, tais como desmatamento, esgoto doméstico e industrial, podem afetar negativamente a população local, em especial a sobrevivência das fêmeas (ARAÚJO; CALADO, 2008).

Fecundidade

Fecundidade é o número de ovos ou descendentes produzidos em cada ciclo reprodutivo. Em crustáceos, deve ser entendida como o número de ovos exteriorizados por desova, que se encontram aderidos aos pleópodes da fêmea (BRANCO; AVILAR, 1992). A estimativa da fecundidade de *U. cordatus* e *C. guanhumi* nos estuários identifica a capacidade reprodutiva e o potencial de renovação populacional (FONTELES-FILHO, 1989) e sua associação com as condições ambientais, uma vez que salinidade, temperatura e fotoperíodo podem afetar a reprodução (BEMBE et al., 2017) e diferença entre florestas de mangue. Outro aspecto que determina variações locais ou regionais na fecundidade é a contaminação ambiental (ALMEIDA et al., 2016). Acompanhar o potencial reprodutivo da espécie nos processos de monitoramento traz informações para determinar a fecundidade e correlacionar a sua variabilidade com os efeitos dos metais traço.

Houve diferenças significativas na fecundidade entre os estuários, onde a média do Piraquê-Açú (147173 ± 6214 ovos.fêmea⁻¹) é superior à do Urussuquara (64737 ± 9441 ovos.fêmea⁻¹) e São Mateus (110868 ± 10179 ovos.fêmea⁻¹). Essas diferenças podem ser explicadas pelas condições reprodutivas das fêmeas e pelas diferentes configurações ambientais dos manguezais de cada estuário e futuramente poderão ser avaliadas em conjunto com as variáveis bióticas e abióticas que influenciam o ecossistema.

A menor fecundidade registrada em Urussuquara (64737 ± 29853 ovos.fêmea⁻¹) em relação aos demais estuários pode estar relacionada com o intervalo das classes de tamanho reprodutivo das fêmeas ovígeras que foram capturas para o presente estudo e não necessariamente apresentaram menor fecundidade. A variabilidade significativa da fecundidade em função da largura do cefalotórax, em Urussuquara, permite estimar que indivíduos maiores produziram maior número de ovos.

Considerando estudos pretéritos, o menor tamanho de fêmeas ovígeras registrado para o estuário do rio Piraquê-Açú foi 31,3 mm em 2005 (CONTI; NALESSO, 2010) e em São Mateus 44,47 mm em 2015 (PORTO, 2016). Não há dados para a espécie nas outras áreas monitoradas, tanto para tamanho mínimo de fêmeas ovígeras quanto para fecundidade. O estudo realizado por Porto (2016) é o único para o Espírito Santo precedente ao rompimento da barragem de Fundão. Sendo assim, assume-se que os valores de fecundidade para o estuário do rio São Mateus (2015 e 2016) são valores de referência para o estado.

Não houve correlação e relação de causa-efeito entre fecundidade e largura do cefalotórax das fêmeas ovígeras no Piraquê-Açú ($R_p = 0,14$; $p > 0,05$) e São Mateus ($R_p = 0,54$; $p > 0,05$). Essa relação também não foi significativa para a espécie em manguezais do Rio de Janeiro como reportado por Almeida et al. (2016). Sendo assim, uma fêmea com maior tamanho não terá obrigatoriamente elevada quantidade de ovos em relação àquela com menor tamanho. A ausência dessa relação pode ser explicada pelo atrito causado entre o abdome das fêmeas e o sedimento durante a sua locomoção e movimento dos pleópodes ocasionando a perda de ovos, como registrado por Balasundaran e Pandian (1982) em estudos com o crustáceo *Macrobrachium nobili*, e a perda de ovos em decápodes, cuja característica

é carregar os ovos presos aos pleópodos, em torno de 43%. Fêmeas de *U. cordatus* que pertencem a mesma classe de tamanho podem apresentar variabilidade no número de ovos incubados (LINHARES, 2010). Esta variabilidade pode ser causada por desovas múltiplas, ataque de parasitas ou perda de ovos durante a incubação (HINES, 1982; HARTNOLL, 1969). Além da variabilidade na produção de ovos em uma mesma classe de tamanho, nos braquiúros é observada uma grande variação interespecífica na quantidade de ovos produzidos por uma espécie.

Os resultados apresentados no PMBA para o estuário do rio Piraquê-Açú e São Mateus são diferentes daqueles reportados por Pinheiro et al. (2003), em Iguape (SP), onde o número de ovos foi correlacionado positivo e significativamente com o tamanho da fêmea parental, sendo considerado uma regra para o *U. cordatus*. Diferente dos resultados no Piraquê-Açú e São Mateus, as duas variáveis (fecundidade e largura do cefalotórax) apresentaram correlação positiva significativa no Piraquê-Mirim ($R_p = 0,98$; $p < 0,01$) e Urussuquara ($R_p = 0,71$; $p < 0,05$). Resultado similar observado para *C. guanhumi* (SILVA; OSHIRO, 2002) e *G. cruentata* (MOURA; COELHO, 2003) na Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro e no rio Paripe, em Pernambuco, respectivamente.

A Tabela 97 apresenta a fecundidade estimada de *U. cordatus* para outras regiões do Brasil, com o intuito de comparar os valores do presente estudo, nas áreas onde ocorreram elevadas concentrações de Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Manganês (Mn) no sedimento com os demais manguezais da costa brasileira, não impactados e/ou com diferentes níveis de impactos. Os manguezais da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro) e Cubatão (São Paulo) apresentam elevadas concentrações de metais no sedimento e são consideradas áreas potencialmente impactadas (ALMEIDA et al., 2016; JOÃO et al, 2018, respectivamente).

Tabela 97: Fecundidade (média e desvio padrão) de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos manguezais brasileiros. LC: Largura do cefalotórax (mm). F: fecundidade (número de ovos fêmea⁻¹).

Área de estudo	Fecundidade	LC (mm)	Referência
Rio Piraquê Mirim, Aracruz	97736 ± 42887	49,86 ± 5,55	Presente estudo
Rio Piraquê Açú, Aracruz	147173 ± 19650	67,45 ± 3,80	Presente estudo
Rio Barra Seca, São Mateus	64738 ± 29854	46,05 ± 3,27	Presente estudo
Rio São Mateus, Conceição da Barra	110868 ± 32190	58,23 ± 9,61	Presente estudo
Jureia, São Paulo	129503 ± 21134	57,73 ± 6,01	João et al. (2018)
Cubatão, São Paulo	152368 ± 31148	65,09 ± 5,32	João et al. (2018)
Rio São Mateus, Conceição da Barra (2015)	150809 ± 36264	60,58 ± 7,89	Porto (2016)
Rio São Mateus, Conceição da Barra (2016)	167367 ± 35234	59,17 ± 8,69	Porto (2016)
Iguape, São Paulo	107891 ± 46399	50,90 ± 8,70	Pinheiro et al., (2003)
Parnaíba Piauí	131979 ± 48033*	60,30 ± 8,80	Linhares (2010)
Passo de Camaragibe, Alagoas	86756 ± 50453	44,91 ± 4,99	Fernandes et al. (2010)
Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro	84804 ± 36097	60,00-70,00	Almeida et al. (2016)
Baía de Guanabara, Rio de Janeiro	39297 ± 18783	60,00-70,00	Almeida et al. (2016)

A ausência de estudos pretéritos, ou pós-rompimento da barragem de Fundão, sobre a fecundidade da espécie para o estado do Espírito Santo, exceto para o estuário do rio São Mateus (PORTO, 2016) não permite averiguar se houve ou não declínio nesta variável. O presente estudo apresenta dados inéditos para os estuários da região e o monitoramento em longo prazo irá contribuir para as análises do impacto. O monitoramento permitirá verificar se há alterações significativas na fecundidade entre os anos, em cada estuário, e quais os possíveis fatores que explicam essa variabilidade, associado a isto se faz necessário estudos sobre os impactos dos metais sobre o processo reprodutivo que poderá ser avaliado por marcadores moleculares. No contexto da restauração de ambientes impactados, é importante entender quais fatores determinam e condicionam o potencial reprodutivo de uma espécie visto que influenciam diretamente na estrutura e dinâmica populacional em uma dada área. Vale ressaltar que o número de ovos produzidos pelos crustáceos decápodes pode variar amplamente de acordo com a filogênese, nicho e habitat (DU PREEZ; MACLACHLAN, 1984) e os diferentes padrões reprodutivos são resultado da interação entre os processos endógenos e padrões exógenos (PINHEIRO et al., 2003).

A análise da fecundidade de *U. cordatus* em maior escala temporal torna-se necessária uma vez que os eventos reprodutivos ocorrem entre janeiro e abril, meses de maior fotoperíodo, temperatura e precipitação (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001), para avaliar se o declínio observado no estuário do rio São Mateus é consequência dos impactos da pluma de rejeitos de minério, uma vez que análises ecotoxicológicas realizadas pelo Anexo 1 mostraram contaminação de cromo, ferro, e manganês nas brânquias, hepatopâncreas e músculos de indivíduos da espécie.

O acúmulo de metais pesados, presentes na pluma de rejeitos de minério provenientes do rompimento da barragem de Fundão, em longo prazo pode acarretar alterações na taxa de produção dos ovos e, consequentemente, na estrutura populacional. Em braquiúros é possível que ocorra a redução da fecundidade pela perda prematura dos ovos quando expostos a contaminantes (DECOURSEY; VERNBERG, 1972). Indivíduos da espécie *Uca pugnax* que habitam marismas contaminadas (por excesso de matéria orgânica e metais pesados) em Nova Jersey, Estados Unidos, diminuíram a estação reprodutiva e os estágios iniciais larvais apresentaram menor sobrevivência (BERGEY; WEIS, 2008). Entretanto, avaliações da fecundidade de *U. annulipes* em manguezais de Moçambique indicaram aumento na produção de ovos em ambientes com altas concentrações de matéria orgânica e metais (PENHA-LOPES et al., 2009).

O alumínio está entre os detectados na pluma de rejeitos, além do ferro, manganês e cromo (GOMES et al., 2017), mas quais os efeitos desses metais sobre os indivíduos e a fecundidade de *U. cordatus*, das populações estudadas, ainda são desconhecidos. Sabe-se que as condições químicas da água e as concentrações de materiais em suspensão foram alteradas após o rompimento da barragem, como descrito em relatórios anteriores (UFES, 2016) e houve aumento significativo na concentração de diferentes metais, dissolvidos e totais, na água. Experimentos realizados com fêmeas ovígeras de *Cancer anthonyi*, caranguejo nativo da costa do Pacífico da América do Norte, expostas a metais-traço Fe (Ferro), Ba (Bário), Al (Alumínio), Ni (Níquel), Cu (Cobre), Pb (Chumbo), Cd (Cádmio), Cr (Cromo),

Mn (Mangânes) e Hg (Mercúrio) mostram que a absorção desses elementos químicos pelos ovos afetam o desenvolvimento embrionário, provocando atrasos neste processo e aumento parcial ou total da mortalidade de ovos (MACDONALD et al., 1988). Os metais nos ovos de caranguejo merecem mais atenção, porque a contaminação dos embriões pode afetar o ciclo reprodutivo, interferindo na taxa de mortalidade natural durante cada fase do desenvolvimento larval e, conseqüentemente, a conservação da espécie. Água e sedimentos de mangue contaminados podem estar interferindo na sobrevivência e desenvolvimento de embriões de *U. cordatus* de manguezal (ALMEIDA et al., 2016).

Cardisoma guanhumi

A escassez de dados no que se refere ao potencial reprodutivo desta espécie para o Brasil e para estado do Espírito Santo, inclusive as áreas de estudo, não permite inferir se houve declínio da fecundidade da espécie na foz do Rio Doce. Análises ecotoxicológicas apresentadas pelo Anexo 1 também evidenciam a contaminação de tecidos de *C. guanhumi* pelo Fe, Mn e Cr, demonstrando que após o rompimento da barragem de Fundão o ambiente manguezal e a sua biota foram impactados, classificando-o como sendo de segundo grau (dados biológicos em nível de organismo).

A fecundidade estimada para espécie em manguezais de Sepetiba no Rio de Janeiro variou de 103350, para ovos no estágio de desenvolvimento II, a 366450 no estágio I, com média de 197100 ovos fêmea⁻¹ e o tamanho das fêmeas variou entre 56,60 a 83,50 mm (SILVA; OSHIRO, 2002). Em manguezais de Ubatuba, São Paulo, a fecundidade 182163 ovos fêmea⁻¹ e o tamanho das fêmeas variou entre 59,17 a 91,85 mm (GIL, 2009). O presente estudo apresentou valor superior em relação aos citados anteriormente. Essa variabilidade observada nas diferentes áreas pode ser atribuída às variações intraespecíficas (por exemplo, tamanho), à diferentes metodologias de estudo além das condições de habitat ocupado pela espécie nos diferentes locais.

4 DISCUSSÃO INTEGRADA

A discussão dos resultados do anexo será realizada em dois momentos. Uma discussão por metas e, posteriormente, uma discussão abordando todos os aspectos envolvidos considerando as premissas definidas na introdução.

4.1 DINÂMICA ESTUARINA E SENSORES.

A circulação nos estuários e nos manguezais é controlada por uma série de processos oceanográficos que são regidos pelo sistema hidrológico, isto é, escoamento de água superficial, vazão dos rios e condições de temperatura e evaporação, além das forçantes que atuam sobre a maré propriamente dita (WOLANSKI, 1995). Nas regiões estuarinas com micromarés, o volume de água do mar que entra

no estuário durante a maré enchente (prisma de maré) é pequeno e a capacidade de renovação da massa de água durante um ciclo completo de maré é bem menor que nos estuários dominados por regimes de macro e hipermarés (MIRANDA, 1995).

A linha de costa atual no norte do litoral capixaba tem se desenvolvido nos últimos 7000 a 5000 anos em função das mudanças no nível médio relativo do mar e possibilitou a formação de extensa planície costeira, a partir da desembocadura do Rio Doce, originando os estuários do rio Ipiranga e São Mateus (SUGUIO, MARTIN e DOMINGUEZ, 1982). O estuário do rio Mariricu em Barra Nova é fruto de intervenção humana ocorrido no início do século passado (informação pessoal de moradores da região). A região litorânea, ao longo das áreas de estudos, está sob regime de micromarés, sendo que em Caravelas ocorrem maiores amplitudes que as demais localidades.

Os manguezais estão situados em costas ativas que são influenciadas pelos movimentos das marés, atuação de ondas e fluxos de água, além da ação das tempestades. Estas forçantes estão diretamente relacionadas ao balanço de sedimento direto nos manguezais e também por influências indiretas como o aporte de sedimentos do rio, pela praia/costeira e marinha. Localmente, isto é, em pequena escala, os sedimentos nos manguezais são influenciados pelas correntes de marés (ELLISON, 2009).

Dentro dos Segmentos Ambientais propostos por THOM (1982), pode-se enquadrar os estuários nos seguintes conjuntos ambientais atualizados por WOODROFFE (1992): II – domínio de maré (estuário dos rios Piraquê-Açú e Mirim); III – domínio de ondas (rios Riacho, Sahy, Sauê, Ipiranga e Mariricu), IV – domínio rio e ondas (rio São Mateus) e VI – Plataforma carbonática (Manguezais dos Lateritos).

Manguezais dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim possuem extensas planícies de maré com zona de baixo gradiente intertidal onde ocorre os manguezais. O sistema tem fortes velocidade de correntes de maré bidirecionais, além da forma afunilada como observado por WOODROFFE (1992) na descrição do conjunto II. Os dois rios possuem baixa vazão (SOUZA et al., 2014), sendo de $2,59 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para o Piraquê-Mirim e $13,69 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no rio Piraquê-Açú (MONTEIRO, SÁ e NETO, 2017). As marés vazantes neste sistema possuem maior velocidade de correntes do que aquelas de enchente, principalmente nos canais principais, uma característica desta classificação de segmentos (WOODROFFE, 1992), entretanto, a fricção causada pela vegetação permite o aprisionamento dos sedimentos finos no ambiente (ELLISON, 2009). Os estuários regidos por marés que apresentam diferenças entre as velocidades de enchente e vazante, sendo esta maior, vão manter os canais principais livres de sedimentos, uma vez que no interior do manguezal a força de atração da água provocada pela vegetação tende a aumentar a velocidade de saída desta corrente no corpo hídrico caracterizando um menor período para as marés vazantes. Por outro lado, os manguezais nos rios Piraquê-Açú e Mirim apresentaram taxa de mortalidade em suas florestas bastante elevada, aspecto preocupante uma vez que a baixa densidade de indivíduos na floresta pode acarretar modificações no amortecimento das marés, diminuindo a resistência da água e, conseqüentemente, ampliando a sedimentação nos canais principais (ALONGI, 2009). Em todos os estuários, a maré vazante foi mais curta que a maré enchente, padrão esperado para os locais onde ocorrem manguezais (WOLANSKI, MAZDA e RIDD, 1992,

WOLANSKI, 1995), uma vez que o porte arbóreo da floresta causa maior atrito para a saída de água quando comparado com outros ecossistemas estuarinos (ELLISON, 2009).

Os demais estuários apresentam similaridade no comportamento durante as marés de quadratura com maiores velocidades nas marés vazantes, mas sem grandes diferenças entre elas, apesar do rio Mariricu estar fortemente influenciado pela maré no rio São Mateus. Estas distinções e maior velocidade de enchente durante a sizígia levou a classificá-los como domínio de correntes de enchentes. Isto pode explicar os problemas observados em duas ocasiões no rio Mariricu quando houve intensa mortandade de peixes, uma vez que a baixa vazão de água doce, associada a baixa precipitação não permite a eliminação total da matéria orgânica particulada do sistema, ficando para ser decomposta *in situ*, gerando, conseqüentemente, consumo de oxigênio e diminuindo a quantidade deste elemento na forma dissolvida na água. WOLANSKI et al. (1992) associam este comportamento aqueles estuários onde há estratificação de salinidade, o aumento desta variável na superfície acarretaria a depleção do O₂ nos fundos dos canais e, conseqüentemente, a mortalidade de organismos sem intervenção humana. Na ocasião da campanha realizada em 24/04/2019, a temperatura da água na foz do rio Mariricu estava próxima a 36° C tendo o local profundidades de aproximadamente 1,2 m e no ponto a montante, a temperatura estava em 32° C ao longo dos 3,5 metros de profundidade.

Os sensores instalados nas florestas de manguezais permitem visualizar que as florestas de bacia são menos inundadas que aquelas consideradas como de franja (WOLANSKI, MAZDA e RIDD, 1992, WOODROFFE, 1992; THOM, 1982). Outro aspecto relevante, foi corroborar o comportamento de que ocorre maior velocidade na vazão do que na enchente e o atrito provocado pela presença da floresta é o observado pelo pico que se forma durante a entrada da água, descrevendo os componentes básicos descritos para a maré, isto é, resistência inicial, empilhamento de água e, então, aumento acelerado de velocidade pelo estreitamento dos canais de drenagem, pelos gradientes de nível e por efeitos friccionais (WOLANSKI, MAZDA e RIDD, 1992), sendo neste caso negligenciável o efeito de inércia.

Na análise dos resultados dos sensores para os rios Piraquê-Açú e São Mateus é claramente visível o efeito da fricção e do gradiente de superfície sobre o comportamento da maré no interior das florestas de manguezal. Ainda que haja pequena amplitude de maré nas florestas de franja na sizígia, aquelas de bacia são inundadas e quanto maior a distância entre elas em extensão, mais similar será o volume de água recebido (WOLANSKI, MAZDA e RIDD, 1992). A retenção de água na floresta, principalmente nas bacias, observadas em algumas estações de coleta no rio Piraquê-Açú, é um comportamento normal do manguezal em situações de baixa precipitação. O aprisionamento da água doce proveniente do rio é uma forma de manter o estoque necessário para a floresta (ALONGI, 2009). Entretanto, considera-se a possibilidade deste aprisionamento também ser consequência do evento meteorológico, o ciclone IPA, em atuação no oceano próximo nas datas das coletas de inundação destas florestas.

Os processos de circulação baroclínica no estuário levam a floculação do material e, em relação aos sedimentos finos, os tornam aprisionados por maior tempo no ambiente (WOLANSKI, 1995). Desta forma, os metais diluídos na coluna d'água são transportados para os estuários que ao entrarem em

contato com a matéria orgânica dos rios são adsorvidos. Este processo ocorre porque as partículas em suspensão na água doce, ao entrarem em contato com a água salgada, floculam e ao aumentarem sua superfície de contato ficam em suspensão, decantando durante a estofa da maré e depositando-se próximo ao fundo dos canais, podendo passar longos períodos neste processo de associação/dissociação e decantação. Este processo físico é bastante caracterizado para os estuários que apresentam estratificação horizontal, como foi o caso dos rios Piraquê, Marricu e São Mateus. Estes apresentaram na maioria das vezes homogeneidade na coluna d'água em termos de distribuição vertical da salinidade. Este material floculado, coesivo e extremamente poroso, permanecem em suspensão em velocidades de correntes inferiores a $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ (WOLANSKI, 1995), o que significa que as áreas no sistema estuarino de menor energia serão bastante receptivas a estes materiais, depositando-os. A baixa estratificação da salinidade observada nos estuários avaliados justifica a maior deposição de metais nas florestas de franja uma vez que as correntes de superfície vão estar com maior carga sedimentar.

4.2 SEDIMENTOS.

O transporte de partículas finas em suspensão e de materiais não flutuantes é pobremente entendido no que diz respeito aos estuários e aos manguezais e como isto se dá por meio da circulação da maré (WOLANSKI, 1995). Os metais são adsorvidos nos sedimentos por meio de ligações químicas fracas e, desta forma, os ambientes sedimentares são considerados como temporários e após esta fase estes elementos serão transportados para outro meio, biótico ou não (AHMAD, MUSHRIFAH e SHUHAIMI-OTHMAN, 2009).

Estudos desenvolvidos por FUKUKAMA et al. (1997) mostram que os sedimentos uma vez que adentrem nos manguezais dificilmente eles serão novamente retirados com a maré vazante. A floculação tem um papel importante nisto, pois permite a sedimentação e fixação destes sedimentos, ocorrendo preferencialmente a manutenção de argila em relação ao silte. Além disto, os estudos, que foram realizados em marés de sizígia, comprovaram que a taxa de sedimentação decai rapidamente conforme a maré vai entrando no interior da floresta, isto é, da franja para a bacia, sendo que a maior concentração deste depósito ocorre logo após o pico de maré enchente. Isto pode explicar as maiores concentrações de metais e de sais observadas nas florestas de franja em quase todos os estuários amostrados. As áreas com as maiores concentrações de Fe ocorreram nos locais onde há maior teor de argila, que são agregadas mais facilmente em flocos, em relação as demais estações de coleta no mesmo estuário.

O manguezal pode ser um sumidouro importante de sedimentos e, conseqüentemente, de metais pesados, cujo funcionamento vai além da decantação dos finos em suspensão, principalmente argilas, mas também na diminuição da turbidez na zona costeira (FUKUKAMA, WOLANSKI e MULLER, 1997). Por outro lado, quando a deriva litorânea não ocorre em grande intensidade, este material pode ficar nas porções adjacentes aos bosques de mangue e ao estuário persistindo por longo prazo (ELLISON,

2009). A concentração de metais no sedimento sempre irá exceder aquela observada no corpo hídrico numa ordem de magnitude de 3 a 5 vezes e estas altas concentrações os tornam biodisponíveis (SING et al. 2005).

Obviamente, o tamanho dos estuários e dos manguezais no seu interior vão colaborar com a taxa de decantação dos sedimentos finos e de outros elementos, como os metais pesados. Estuários como aqueles dos rios Riacho e Urussuquara, com pequenas extensões de planícies de inundação vão inviabilizar a deposição de grande parte dos sedimentos em suspensão provenientes da zona costeira. As áreas com manguezais mais extensos vão funcionar como um sumidouro de sedimentos, tanto da bacia de drenagem quanto do litoral. Alguns processos são considerados chaves, pois controlam o destino dos sedimentos nos manguezais e entre eles estão a circulação secundária nos meandros; floculação, aprisionamento, sedimentação de partículas em suspensão; partículas fluídas carregadas pelas ondas; formação de prismas de marés nos manguezais e por efeitos biológicos. A circulação secundária seleciona os sedimentos por tamanho, principalmente quando há estratificação de salinidade, ficando os finos (argila e silte) depositados nas planícies e o material mais grosseiro nos canais (WOLANSKI, 1995). Quando se avalia nos estuários do Piraquê e do São Mateus, os pontos mais concentrados em Fe estão nas áreas de meandros deposicionais (ver figuras e mapas destas localidades).

O silte e argila são sedimentos bastante coesivos e seu comportamento é controlado pelo processo de floculação que vai depender das características das partículas metálicas e orgânicas em suspensão (WOLANSKI, 1995). Desta forma, explica-se os diferentes locais no estuário, considerando os pontos 1, 2 e 3, como locais com maior deposição dos metais entre os diferentes rios avaliados. Como as estações de coleta foram selecionadas antes de se conhecer a dinâmica do rio em relação a circulação de maré e padrões de salinidade, a zona de maior turbidez ou sua extensão não era conhecida, a particularidade de cada estuário provocou concentração dos metais em locais distintos.

São reduzidos os estudos que caracterizam a concentração de metais nos sedimentos dos manguezais em situações sem intervenção humana. Para o Brasil, SEMENSATU Jr. et al. (2007) estimaram os teores de metais Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, S, V e Zn nos manguezais situados na Ilha do Cardoso em Cananéia (São Paulo), local com baixo índice de poluição. Os valores observados pelos autores para o Fe variaram de 0,15 % a 2,26% e de 11 ppm a 320 ppm para o manganês. Em relação ao ferro, somente quatro estações das 72 amostradas neste estudo, todas localizadas em bosques de bacia e nos rios Piraquê-Mirim (ponto 3) e São Mateus (ponto 1), apresentaram concentrações abaixo do valor máximo reportado no estudo. Por sua vez, o Mn registrou valores acima e no intervalo encontrado para Cananéia. Em relação aos metais considerados tóxicos, o zinco exibiu concentrações bastante elevada em algumas parcelas do monitoramento em relação ao intervalo da área conservada (5 – 50 ppm), mas não ultrapassaram o valor estimado para o Nível de Efeito Provável (NEP) de 271 ppm utilizado como referência pelos autores. Em relação ao Cr, somente uma estação em Caravelas teve valor acima de 88 ppm registrado para o elemento em Cananéia, por outro lado, o Cd não registrou valores alarmantes para os rios do monitoramento e, na sua maioria,

abaixo daquele observado no conservado manguezal paulista. Desta forma, conclui-se que os sedimentos dos manguezais monitorados no que diz respeito aos metais considerados como tóxicos apresenta poucos locais com maiores concentrações.

Entretanto, em relação ao Fe e Mn, os manguezais monitorados encontram-se bastante alterados. Para análise disto, serão tomados como base os estudos pretéritos desenvolvidos na região do Piraquê-Açú e Mirim. Ressalta-se ainda, que salvo melhor juízo, se fez um levantamento na base de dados do IEMA para avaliar a existência de indústrias ou de processamentos ambientais que pudessem indicar a contaminação terrestre destes estuários e não se obteve confirmação de aporte destes elementos via terrestre.

Dados de 2013/14 para os rios Piraquê-Açú e Mirim, levantados no período de inverno e verão, obtidos para avaliar o material particulado em suspensão (MPS), identificam que há maior aporte durante as marés vazantes do que nas enchentes com maior retenção ocorrendo no inverno para ambos os rios (MONTEIRO, SÁ E NETO, 2017). Os metais com maior variação entre as estações inverno e verão avaliados pelos autores foram o Ni, Zn e As ($13,08 \text{ mg.kg}^{-1}$, $103,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $31,35 \text{ mg.kg}^{-1}$, respectivamente) com os teores duas vezes mais elevados durante as coletas de inverno. Numa análise comparativa, os dados do monitoramento também registraram variações sazonais e somente para os elementos Zn e As avaliados nos sedimentos, as concentrações foram aproximadamente similares na mesma estação, sendo o Ni não detectável nas amostras de inverno deste monitoramento. Cabe ressaltar que o Zn foi um elemento avaliado no rio Piraquê-Açú em valores elevados para as amostras de verão do sedimento (Ponto 2, margem esquerda, franja [$128,17 \text{ mg.kg}^{-1}$]), efeito contrário aquele observado antes do evento. Já em relação ao Fe, os valores máximos pretéritos estão próximos aos mínimos observados para todas as estações de coleta nos períodos de inverno e verão, o que corrobora a confirmação de fonte alóctone ao estuário e decorrente do rompimento da Barragem de Fundão, uma vez que as variações observadas entre os valores de inverno e verão estão fortemente correlacionadas com os eventos meteorológicos em escala temporal que atuam sobre as correntes superficiais costeiras e, conseqüentemente, sobre o transporte de materiais ao longo da linha de costa, variando o sentido sul para o norte por ocasião do inverno.

Estudos pretéritos de análise de sedimento no rios Piraquê-Açú e Mirim demonstram claramente o efeito do uso da bacia como uma fonte de aporte de metais para o sistema, entretanto, as maiores concentrações observadas, principalmente no que diz respeito ao Fe, estão fortemente associadas a eventos drásticos, como aqueles que ocorreram na década de 50 de século passado quando se iniciou os processos de desflorestamento da região para a produção de carvão vegetal (COSTA et al. 2016). COSTA (2014) descreve os maiores valores de Fe para a década (6 %) e em superfície (4 %) para o rio Piraquê-Açú e os dados recentes para o Piraquê-Mirim descreve valores na ordem de 12%. Comportamento distinto entre os dois rios foi observado no presente monitoramento, com maiores contaminações e na ordem de 12% para o Piraquê-Açú. Por sua vez, COSTA (2014) descarta a possibilidade de impactos humanos na região e aventa a relação entre os demais metais com as concentrações maiores dos elementos Fe e Mn de contribuição pedológica e precipitação na forma de

óxi-hidróxidos. Ressalta-se o efeito observado neste monitoramento de incremento de metais em maiores concentrações que aquelas pretéritas.

4.3 FLORA

Para as plantas os elementos traços essenciais são molibdênio, níquel, cobre, zinco e boro, cuja deficiência vai alterar a segunda ou terceira geração de sementes por menor acúmulo de reservas (SALISBURY, 1996). Em relação as espécies de mangue, ALONGI (2010) define como necessários os seguintes elementos: molibdênio, ferro, manganês, sódio e cobre, que vão sintetizar moléculas chaves como clorofila e outras enzimas. Algumas espécies de mangue para suprir a deficiência ambiental de elementos traço desenvolveram estratégias para o uso eficiente de água e de nutrientes, sendo esta última vinculada a reabsorção de nutrientes pelas plantas senescentes (ALONGI, 2010, FELLER et al. 2003, BALL, 1988). Em relação aos metais as plantas são classificadas em excludentes, excretoras e acumuladoras (SRUTHI et al. 2017), sendo *R. mangle* e *L. racemosa* classificadas como acumuladoras (MEJIAS et al. 2013).

O balanço do Fe disponível para as plantas no manguezal vai estar fortemente vinculado aos processos de inundação pelas marés e, conseqüentemente, as variações do pH como resposta aos períodos de emersão/submersão (TWILLEY e RIVIERA-MOROY, 2009). Para a absorção de NO_3^+ ocorre também a absorção de H^+ ou liberação de OH^+ para manter o balanço de cargas, em valores elevados de pH, o ferro e outros elementos essenciais se precipitam como hidróxidos e se tornam indisponíveis para as raízes (SALISBURY, 1996). Este seria o papel dos manguezais onde com pH mais elevado, haveria reação do Fe tornando-o inerte no sedimento e com pH mais baixo, o Fe coligado com outros elementos seria dissociado e passível de ser assimilado pelas plantas. Por outro lado, essa dissociação do Fe até então imobilizado nos sedimentos desprovidos de oxigênio no manguezal, por remobilização do depósito, processos de bioturbação ou por oxigenação local via raízes vai tornar o Fe assimilável pelas plantas e gerar como subproduto desta reação sulfatos (TWILLEY e RIVIERA-MOROY, 2009), composto que pode reduzir o pH dos sedimentos nos manguezais abaixo de 4 inviabilizando a diversidade da comunidade de microorganismos nestas camadas (inferiores a 20 cm de profundidade), reduzindo a produtividade bacteriana e dos decompositores (ALONGI e SASEKUMAR, 1992). Além disso, estas zonas redutoras ácidas vão fazer com que as comunidades decompositoras gerem metano como produto final. Conseqüentemente, o desbalanço entre as relações proporcionais de assimilação dos elementos essenciais pelas plantas podem provocar indisponibilidade ou dificuldade das plantas em incorporar nutrientes com as mesmas cargas e solubilidade similares.

Este processo de concentração adequada representa o consumo extra do elemento em excesso e ele é armazenado no vacúolo, esta zona de concentração adequada é mais ampla para os macronutrientes e um incremento contínuo, principalmente dos elementos traços, de qualquer elemento produzirá toxicidade e, conseqüentemente, diminuição no crescimento (SALISBURY, 1996). Obviamente as particularidades entre as espécies as tornam mais susceptíveis a este incremento, haja vista que as

espécies de mangue apresentam comportamentos fisiológicos bastante distintos para lidar com os excessos de sódio e cloro, assim como, para colonizar regiões com diferentes concentrações dos nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento, sendo classificadas como excludentes de sal e/ou armazenadoras de nutrientes.

Os dados de nutrientes nas folhas descrevem estas dificuldades, as áreas onde houve maior concentração de ferro no sedimento e, conseqüentemente, maior concentração deste elemento no tecido foliar também apresentaram maior proporção de N:P, sugerindo que o Fe pode induzir uma deficiência na assimilação do fósforo. Estas estações de coleta comprometidas com excesso de Fe no sedimento e na folha são preferencialmente colonizadas pela espécie *Rhizophora mangle*, aquela que auxilia na maior retenção de sedimentos nas florestas de manguezal por induzir maior atrito durante os processos de inundação (FUKUKAMA, WOLANSKI e MULLER, 1997). Por sua vez, esta espécie é aquela que possui maior resistência ao ingresso de NaCl no interior da planta e, por se localizar em áreas mais frequentemente inundadas apresenta menor translocação de nutrientes para as partes novas das plantas quando há escassez do mesmo no sedimento. Características que as tornam desfavoráveis para expelirem os excessos de minerais e até mesmo de compartimentá-los no vacúolo ou armazenarem nas partes não produtivas como fonte de reserva futura. Mesmos aquelas que apresentam capacidade de remover os nutrientes excedentes nas partes mais velhas, alguns elementos e entre eles o Fe são menos móveis. O mesmo não acontece para o Zn e o Mn que possuem mobilidade intermediária (SALISBURY, 1996).

As áreas com excesso de Fe descreveram alterações no processo funcional da fotossíntese, ou com alterações na fluorescência da clorofila a ou na assimilação de carbono. No primeiro caso, as alterações na fluorescência para o ponto 2 do Piraquê-Açú já demonstram haver comprometimento na assimilação do carbono por esta floresta devido ao teor elevado deste elemento no sedimento. Para os demais pontos, o excesso de Fe levou a um ajuste na concentração dos pigmentos acessórios que vão funcionar como agentes de dispersão de calor evitando desperdício de energia luminosa pela planta na forma de calor. Em relação ao Mn, as áreas mais concentradas com este elemento comprometeu diretamente a produção de clorofila a e nos locais com menor concentração nos pigmentos acessórios.

O íon Fe^{2+} participa na formação da clorofila e de duas a três enzimas que catalisam as reações de síntese da clorofila e do FSII, FSI, citocromo b_6 e citocromo f. Aumento de fitoferritina no vegetal pode ser um indicativo de comprometimento ao aumento de Fe (SALISBURY, 1996). As análises em HPLC dos pigmentos nas áreas com maior contaminação estão ocorrendo picos de molécula ainda não identificadas que podem sugerir uma resposta ao excesso de ferro. Nas próximas etapas de análise, será adquirido o padrão de fitoferritina para avaliar se este composto está aparecendo no extrato de pigmentos.

Presença de alumínio solúvel nos sedimentos ácidos podem inibir a absorção de Fe pelas plantas. As regiões com maiores concentrações de Fe no sedimento registraram também maiores teores nas folhas, aspecto que foi acompanhado pelo elemento Al. A menor proporção de Al e Mn em relação ao

Fe foi nos tecidos da espécie *Laguncularia racemosa*. Esta espécie é descrita como apresentando o melhor crescimento em locais com abundância de nutrientes sob condições de alto e baixo estresse (MCKEE, 1995). A avaliação realizada pela autora para a espécie *R. mangle* identifica que esta espécie está mais sujeita a diminuir seu crescimento em excesso de nutrientes. Cabe ainda destacar que o Fe reativo pode sorver o fósforo inorgânico e, desta forma, alterar a disponibilidade do fósforo para a água intersticial (ALONGI, 2010).

Em relação, a produção de espécies reativas ao oxigênio (EROs) ocorre por causa do estresse oxidativo pela presença de metais na célula e que vão alterar o metabolismo redox. Estas alterações causam danos aos componentes celulares e resulta na formação de uma mistura complexa de produtos de degradação de lipídeos que ativa o sistema antioxidante de enzimas (catalase, peroxidase entre outras) e outros lipídeos não enzimáticos como os carotenoides e ascorbato que são mais eficientes nos processos de desintoxicação das EROs (SRUTHI et al. 2017). A espécie *A. schaueriana* nos manguezais no laterito da Costa das Algas apresentam maior estresse oxidativo e isto seria esperado em função das características abióticas e oceanográficas do local, entretanto, a espécie não aparenta estar sob estresse nutricional e salino conforme é possível avaliar pelos dados de nutrientes das folhas. Não foi possível coletar amostras para análises químicas no local onde se encontra a espécie devido ao tipo de substrato (laterito e não sedimentos), entretanto, a região costeira foi bastante atingida pelo evento conforme demonstrado nos relatórios realizados pela Golder Associates (2016).

Experimentos desenvolvidos com cultivo *ex situ* e em diferentes concentrações de Fe em solução, cabe salientar que são menores que as observadas no monitoramento, descreve aumento da clorofila a para a espécie *Avicennia marina* (ALONGI, 2010). A espécie *A. schaueriana* monitorada na Costa das Algas apresentou baixos níveis de clorofila a e elevada presença de carotenoides, isto reforça o cuidado que se deve ter em relação à esta localidade. O autor identifica declínio no crescimento de *R. apiculata* nas concentrações empregadas no cultivo. O experimento desenvolvido neste monitoramento empregou concentrações de Fe próximos aos de ALONGI (2010), os resultados apresentados descrevem declínio do crescimento de acordo com as doses dos tratamentos e também com o período de exposição. Além disto, os dados de fotossíntese e de fluorescência já indicam estresse fisiológico e bioquímico para os tratamentos e isto aumenta com o acréscimo na concentração de Fe na solução do cultivo. Os dados de anatomia parecem indicar alterações em nível foliar (número de estômatos) e na espessura dos vasos xilemáticos. O material vegetal está sendo armazenado (folhas em queda) para ser analisado ao término do experimento a concentração de Fe incorporado pelos organismos por compartimento (raiz, caule e folhas). Os dados do experimento (ALONGI, 2010) descrevem limitações no crescimento de algumas das espécies amostradas e considerando os limites mínimos e máximos empregados pode ocorrer co-limitação do Fe em situações naturais nos manguezais e ainda mais acentuadas naqueles com limitações de N e P.

É notório que o gênero *Avicennia* pode ocorrer naturalmente em locais com alta concentração de Fe e que inclusive contribui para sua imobilização na forma de pirita, infelizmente, os locais onde este gênero se encontra não estão nas áreas de maior disponibilidade de depósito.

A persistência de contaminação nos mesmos pontos nos estuários bem como a ocorrência de maiores concentrações nas amostras de superfície é confirmada pelas variáveis oceanográficas, físicas e químicas de transporte e deposição de sedimentos e material particulado.

Em relação ao manganês, houve um número menor de florestas com concentrações elevadas e este elemento esteve associado a fração arenosa. As concentrações de Mn no manguezal variam espacial, temporal e sazonalmente por questões relacionadas a sua especiação, atividade biológica, sedimentologia e hidrologia local, potencial redox e condições físico-químicas e, em região costeira, está intimamente associada a matéria orgânica colorida dissolvida (CDOM – Colored dissolved organic matter), associada as menores amplitudes de marés (Holloway,). Os locais mais arenosos com menor densidade de tocas limitam a disponibilidade do Mn. No monitoramento os maiores teores deste elemento ocorreram nas florestas com maior porcentagem de areia. No caso do Rio Doce, o Mn foi o elemento comprometedor das atividades de incorporação do carbono de *Talipariti*. Esta espécie é uma halófita facultativa, germinando em água doce e que possui poucos estudos relacionados a sua produção primária e anatomia vegetal, ficando difícil quaisquer diagnósticos de contaminação.

A tabela a seguir descreve os dados levantados na literatura e os resultados das análises de metais nas folhas para as espécies de mangue considerando os limites mínimos e máximos entre todos os estuários.

4.4 FAUNA

O sedimento que adentra o manguezal na forma floculada é imediatamente dissociado pela microfauna, por algas e por mucilagem dos animais. Uma outra porção é dispersada por reações com os taninos presentes no sedimento ficando, desta forma, aprisionado no manguezal por efeito biológico (WOLANSKI, 1995).

A fauna bentônica tem papel relevante nos processos ecológicos do manguezal, especialmente os crustáceos, considerados como espécies engenheiras. Eles são responsáveis pela bioturbação do sedimento promovendo trocas entre as camadas anóxicas, subanóxicas e óxicas, sendo que em muitas localidades ao longo da planície intertidal a oxigenação do sedimento não ultrapassa os primeiros dois centímetros o que torna o papel destes organismos relevantes (MARCHAND et al. 2011). Todas as áreas de monitoramento apresentam maior densidade da espécie *Ucides cordatus* nas florestas de franja do que na bacia, exceto em Caravelas, ou densidades similares, e suas tocas promovem a oxigenação das camadas mais profundas do sedimento, auxiliando na oxigenação e promovendo a disponibilização de nutrientes, entre eles os metais tóxicos e aqueles em concentração mais elevadas, auxiliando a rizosfera na assimilação. Por sua vez, a baixa densidade destes organismos nas florestas de bacia pode manter inerte o Fe e Mn depositado nelas, já que a baixa densidade de galerias não favorece a troca gasosa, elevação do pH e oxidação do Fe, tornando-o dissolvido.

Este papel de engenheiro do ecossistema não cabe somente as espécies de decápodos envolvidas neste monitoramento, outros decápodos, como os *Uca* sp., *Minuca* sp. e *Leptuca* sp. são espécies fundamentais neste papel e não estão sendo avaliadas, inclusive dificultando as avaliações de perda de biodiversidade. Cabe lembrar que são escassos os estudos ao longo do litoral para levantamento destas espécies e menos ainda para o monitoramento em longo prazo.

Os manguezais capixabas estão com acentuado declínio na densidade da espécie *U. cordatus* e *Cardisoma guanhumi* já está em risco de extinção, sendo proibido sua captura no estado. A baixa densidade de tocas tanto na franja e, principalmente, na bacia podem agravar as consequências que o Estado do Espírito Santo já vem enfrentado que é a escassez de chuvas devido a variabilidade climática desta região. O papel das galerias na retenção da água doce, no funcionamento como uma força de fricção na maré vazante, conforme já relatado acima, que contribui para a manutenção de um certo volume de água no sistema, ampliará os efeitos de evaporação podendo agravar ainda mais a situação dos manguezais, principalmente nas regiões de Aracruz e em Caravelas.

C. guanhumi possui baixa densidade e distribuição bastante restrita nos manguezais capixaba, se sobressaindo na região de Caravelas. Suas áreas são limítrofes com as ocupações humanas sejam moradias ou sistemas agrícolas o que agrava sua situação. Esta espécie requer cuidados constantes no processo de monitoramento dada sua importância ecológica. A área reportada por diversos agentes de fiscalização no estado, tanto de âmbito federal quanto estadual e municipal como sendo aquela com maior densidade é aquela localizada na foz do Rio Doce. Entretanto, quando comparada com a densidade de outras localidades capixabas, o rio Doce apresenta densidade média. Este fato é preocupante uma vez que as mudanças ambientais impostas pela modificação da calha do rio pelos depósitos e que se refletiram na sua foz, permitiram o ingresso de outras espécies, não invasoras, uma vez que ambas são típicas da zona intertidal e representativas do ecossistema manguezal, isto é, *Goniopsis cruentata* e *U. cordatus*. Estes organismos no espaço intertidal vão competir por território e por alimentos, portanto, por condições e recursos que vão interferir no desenvolvimento do indivíduo por meio de aquisição de biomassa e que trarão consequências no futuro em termos de estrutura populacional, traduzida em número e tamanho dos indivíduos, bem como em natalidade e taxa de sobrevivência. Desta forma, destaca-se que a introdução destas duas espécies no rio Doce estimula a competição entre elas por nicho, podendo comprometer ainda mais a espécie em risco de extinção, inclusive porque a *G. cruentata* tem uma dieta diversificada e é bastante agressiva.

Os dados reportados pelo Anexo 1 de toxicologia descrevem aumento da concentração de Fe, Mn, Zn e Pb nas brânquias, hepatopâncreas e músculos dos caranguejos *U. cordatus*, *G. cruentata* (somente rio Doce) e *C. guanhumi* em todas as áreas. Apesar de dificuldade reportada em avaliar a contaminação destes organismos é bastante claro o comprometimento das espécies e sua associação com os manguezais onde ocorrem as maiores concentrações destes elementos. Da mesma forma que a vegetação, os dados indicam concentrações variadas entre as estações de inverno e verão, comprovando a mesma relação obtida para o sedimento e para a flora. Consequentemente, já é possível visualizar a transferência dos metais pela cadeia trófica. A contaminação em brânquias é

explicável, inclusive pelo papel de bioturbação destes organismos, tornando-os mais susceptíveis aos metais dissolvidos na água intersticial. Nem todas as áreas possuem uma contaminação crescente entre os órgãos e isto leva a interpretação que os caranguejos nas diferentes áreas estão sujeitos aos efeitos agudos em pequenas escalas, isto é, quando começam a regular seu metabolismo para a eliminação dos contaminantes há novo aporte. Entretanto, naqueles organismos onde a concentração foi crescente, isto é, músculo > hepatopâncreas > brânquias, a contaminação pode ser considerada como crônica.

A espécie *U. cordatus* é descrita como uma sentinela para a contaminação por elementos tóxicos, por sua comercialização, entretanto, as demais espécies de decápodos avaliadas neste monitoramento pode ser enquadradas como sentinelas, uma vez que também são alvo de captura como fonte de alimento humano, ainda que proibidas ou que não seja culturalmente aceita como o caso do *G. cruentata* no Espírito Santo. Dados de contaminação de Cr e Mn em experimentos com *U. cordatus* (CORREA Jr. et al. 2005) reportam que houve mortalidade em todos os indivíduos utilizados nos cultivos com Cr e com Mn nas seguintes concentrações: 0,02 mM, 0,2 mM e 2,0 mM. Para o Cr, as brânquias foram a que apresentaram o maior incremento (1000 vezes na última concentração comparada com o controle). Em relação ao Mn a maior concentração nas doses mais baixas foi para o hepatopâncreas e para as brânquias em doses mais elevadas. Os resultados encontrados pelos autores sugerem alterações na regulação hormonal com aumento da glicemia, ressaltam que nas doses mais baixas não foi possível observar quais as rotas bioquímicas o Cr e Mn atuam. Consequentemente, os resultados obtidos nos organismos deste monitoramento devem ser ampliados e avaliados quanto ao tamanho do indivíduo e sexo para melhor acompanhamento da contaminação.

As análises da estrutura populacional para as espécies alvo indicam que não há forte distinção da população de Caravelas com aquelas áreas no estado capixaba, o que leva a interpretar que as conexões entre essas populações são mínimas e que não podem ser pensadas como fonte de recrutamento entre elas.

4.5 INTEGRAÇÃO ECOSSISTÊMICA

O manguezal por sua alta produtividade pode contribuir com elevados teores de Fe e Mn para a água costeira e estes valores podem ser superiores aqueles observados para o aporte fluvial (COSTA et al., 2017, HOLLOWAY et al. 1998). Entretanto, este aporte para o estuário vai depender de processos que irão regular a disponibilidade ou não destes elementos para a água costeira, além dos citados anteriormente, as transformações dos metais na água intersticial e sua infiltração no manguezal é que vão determinar os fluxos para o oceano (HOLLOWAY et al. 1998). Uma vez incorporado ao sistema manguezal, tem-se uma longa escala temporal e espacial para ser disponibilizado, sendo o meio mais rápido pela bioacumulação na biota.

Ainda que o Fe contribua, em nível de população e de comunidades, com o aumento da produtividade primária nos manguezais e que atenua os efeitos drásticos dos sulfetos nos sedimentos e com isto diversifique a meiofauna, há que se considerar que em curto prazo ocorrem efeitos indiretos negativos e que serão ampliados com a reincidência do contaminante amplificando os danos em longo prazo em escala temporal não previsível. Ressalta-se ainda as variabilidades climáticas e oceanográficas em escala regional que estão se intensificando e que uma vez que o ecossistema se encontra próximo ao seu limite de maximizar a eficiência ecológica por sua qualidade ambiental, a ruptura poderá ser grave com todos os fatores em sinergia.

Dentre as inúmeras questões a serem pontuadas, existem aspectos que não poderão sequer serem respondidos para uma das localidades onde havia dados pretéritos destes elementos químicos, que foram liberados no meio costeiro pelos rejeitos da Barragem de Fundão, o que se dirá para os demais estuários. No que diz respeito ao papel de sumidouro de contaminantes dos manguezais, muito pouco se é conhecido para que se possam tratar de predições. Para isto seria necessário ter informações sobre o nível de dependência do suprimento de ferro solúvel compatível com a flora bacteriana redutora deste elemento na rizosfera e nos sedimentos próximos e evidências de que as formas solúveis do Fe estão limitadas nos manguezais. O segundo passo é mais exequível de ser atendido, entretanto, a primeira premissa é mais difícil de ser solucionada.

Há que se ter em mente que os processos de emersão/submersão, bioturbação pela fauna, perturbação pela maré, modificações nas taxas de sedimentação/erosão são processos que disponibilizam o Fe e outros contaminantes em longo prazo. Uma fonte crônica como está a bacia do Rio Doce, este problema será persistente. O Fe dissolvido pode ser resultado do intemperismo dos minerais assim como por redução microbiana sob condições anaeróbicas. Este ferro reduzido pode ser novamente precipitado como óxido ou hidróxido em condições aeróbicas na superfície do solo ou induzido por bioturbação e aeração da rizosfera, ou permanecer em solução como complexos organometálicos estáveis, reciclando-se rapidamente entre as interfaces aeróbicas/anaeróbicas do sedimento (TWILLEY e RIVEIRA-MONROY, 2009; ALONGI, 2010). O excesso de Fe no solo pode inibir a assimilação do nitrogênio e é mais drástico com salinidades mais elevadas (SINGH et. al., 2005).

Ainda que o Fe seja incorporado pela vegetação e que permaneça estocado nas raízes e caule principalmente, os resultados de massa foliar já reforça a contaminação deste material. Consequentemente, a fauna bentônica e a meiofauna serão fontes de acúmulo e de transferência destes contaminantes para os diferentes níveis da cadeia alimentar, o que pode por meio da teia alimentar extrapolar os limites de dispersão dos contaminantes.

Os manguezais possuem importantes funções ecológicas e sociais que estão sendo sustentadas pela vegetação e pela fauna de crustáceos e moluscos associados a este ecossistema. O aporte de Fe e Mn em condições elevadas altera a integridade biológica e a qualidade ambiental deste sistema, o que pode resultar em perdas econômicas e culturais de grande vulto. Os manguezais nas mais diferentes localidades deste monitoramento têm comportamentos diferenciados que podem ser vistos na

descrição dos ambientes e na particularidade de contaminação observada em cada local. Estes ambientes vão ter respostas distintas dependendo do sinergismo de outros tensores que atuam em cada um deles. Esta região costeira está sobre constante pressão para a ocupação tendo em vista sua beleza cênica e riqueza de recursos naturais que exacerba a potencialidade de áreas desocupadas por urbanização ou substituição por empreendimentos econômicos. Além das diversas comunidades tradicionais, com seus costumes e ritos que regem estes recursos hídricos por longas gerações, vide cultura indígena na região de Aracruz. São perdas não definidas com alterações no tipo de vida e marginalização social em função da depleção dos recursos naturais.

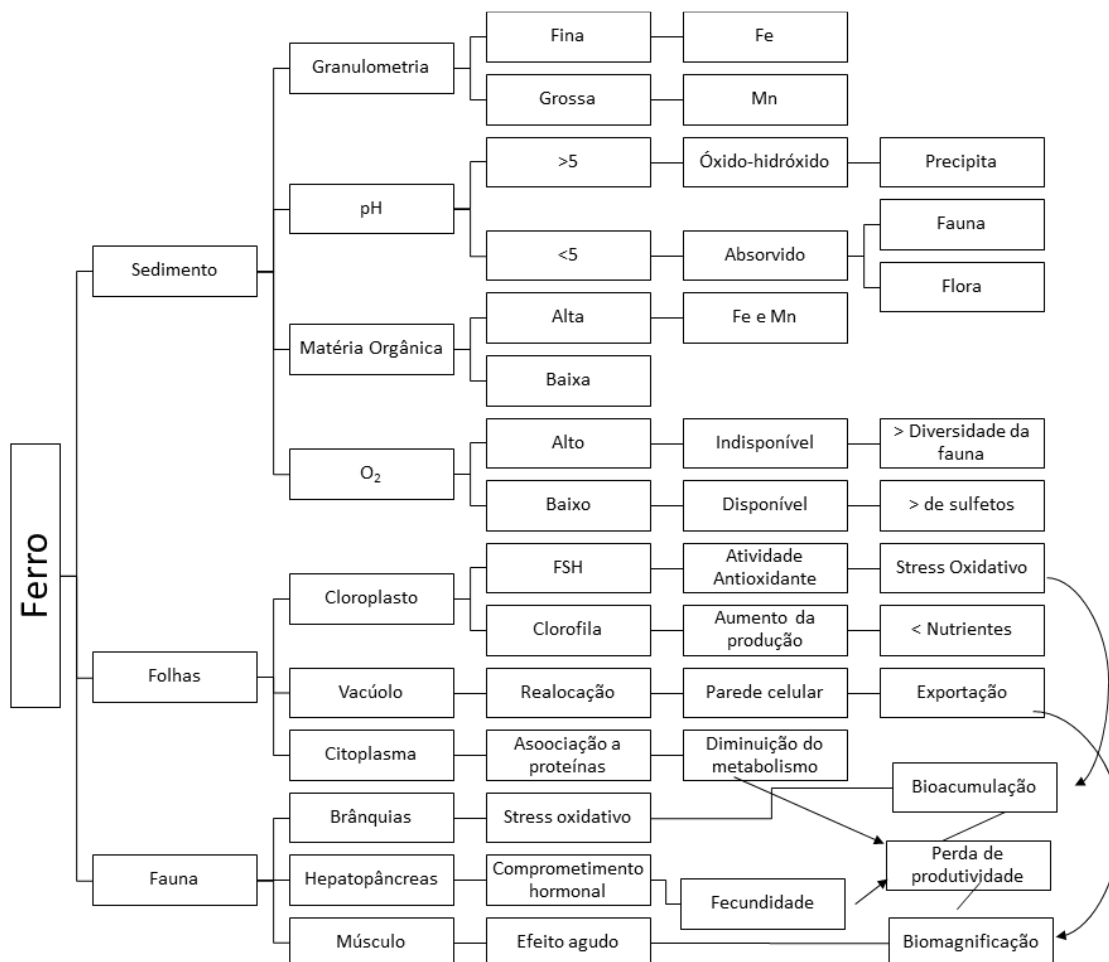
Outro aspecto relevante é a conectividade desta área, ainda mais pela ocorrência de metais em Caravelas, com o Banco de Abrolhos e com a Cadeia Vitória-Trindade. Dois importantes biomas marinhos que possuem nos manguezais permeabilidade biológica, quer na eliminação destes poluentes quer na retenção de sedimentos ou ainda na integridade biológica quando mantem as áreas naturais de inúmeras espécies de interesse comercial (peixes e afins) e de conservação (tartarugas marinhas e cetáceos).

A alta mortalidade observada em algumas florestas de mangue, principalmente nos rios Piraquê-Açú e Mirim são decorrentes da variabilidade climática do Estado, onde a escassez de chuvas diminui a vazão dos rios comprometendo a inundação das florestas em maior afluência e aquelas de bacia. Este aspecto associado ao comprometimento da região com o aporte de metais pode dificultar a recuperação das áreas degradadas, viabilizar o ingresso de outras formas de ocupação e manejo do ecossistema, agravando a qualidade ecológica da área e alterando a integridade biológica, levando inclusive a perda de área para a espécie *C. guanhumi*.

Essa região monitorada é importante área de manguezais e de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção ou sobre forte pressão de exploração aumentando sua vulnerabilidade ambiental com a exposição aos contaminantes e aos sedimentos particulados provenientes dos rejeitos da Barragem de Fundão.

O Fluxograma abaixo (Figura 326) representa um modelo preliminar para descrever a trajetória dos metais nos manguezais monitorados durante o PMBA.

Figura 326: Fluxograma das interações do Ferro no Manguezal.



5 RESUMO DO ANEXO

Em termos de avaliação:

A área mais comprometida dada sua importância ecológica de conservação da espécie em risco de extinção *C. guanhumi* foi o Rio Doce.

O Fe e o Mn comprometem a produtividade primária e há resposta diferenciada que pode indicar processo de contaminação crônica, isto é, onde está ocorrendo comprometimento bioquímico na assimilação do carbono, aumento de metabólitos secundários e modificações em nível de pigmentos.

A presença de contaminantes em alguns locais com informações pretéritas sugerem que está sendo comprometido os processos reprodutivos da espécie *U. cordatus*.

Reconhece-se que houve eliminação da biodiversidade nos locais de forma não mensurada por desconhecimento prévio.

Os rios Riacho, Sauê, Sahy e Ipiranga são áreas sob alta pressão dada a particularidade de trocas com o meio costeiro, pequena extensão das planícies e consequentemente dos manguezais o que pode causar ruptura da integridade biológica do sistema de difícil recuperação, por menor mecanismo de trocas com o meio externo ao sistema.

O rio Ipiranga sofre forte pressão do uso dos seus recursos hídricos a montante, tornando-o importante no processo de acompanhamento e monitoramento ecológico.

Os rios São Mateus, Piraquê-Açú e Mirim são fontes de pressão externa pelo uso da bacia hidrológica à montante.

O quadro abaixo descreve os principais pontos de comprometimento causado pelo rompimento da barragem nos manguezais capixabas e em Caravelas.

Quadro 7: Integração dos principais resultados do Anexo 5 – Manguezal

Estuário	Domínio de maré	Estação	Inundação (m) Dados sensores	Largura do canal (m)	Distância foz do estuário-rio doce (km)	Distância ponto crítico-foz (km)		Espécie dominante
						Fe	Mn	
PA	Maior velocidade maré Vazante	PA1FD			57	5		Mista
	Maior velocidade maré Vazante 510m³s	PA2FE	0.35, com baixa inundação no ciclo de sizígia	200	61.46	16.13		<i>R. mangle</i>
PM	Maior velocidade maré Vazante 506m³s	PM1FE	0.15	600	55	5	5	<i>R. mangle</i>
	Maior velocidade maré Vazante 506m³s	PM2FD	0.25	267	57	7.4	7.4	Mista
CA	SD	CA3F	SD	SD s	SD	SD	SD	
BR	SD	BRF1D						<i>R. mangle</i>
RD	SE	RD2 (ilha)	SA		0	0	0	<i>Talipariti</i>
						NA	NA	
						NA	NA	
UR	Sem dados	UR1FE	SD	SD	60.49	NA	NA	<i>R. mangle</i>
BN	Bem misturado com influências das vazões do rio São Mateus	BN1FE	15 cm (sizígia)	155	85.5	NA	NA	<i>R. mangle</i>
SM	Maré enchente com maior velocidade. Estuário com domínio de maré	SM3FE	0.10 (quadratura)	300	116.24	NA		
CR	SD	CR2FD	0.10 (sizígia)	SD	235	SD		<i>R. mangle</i>
		CR3FD	0.25 (sizígia)	SD	235	SD		<i>A. schaueriana</i>

PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; RD: Rio Doce; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; CR: Caravelas; SD: sem dados; SA: sem análise; SE: sem estuário; NA: não se aplica; FD: franja direita; FE: franja esquerda.

Quadro 7: Integração dos principais resultados do Anexo 5 – Manguezal (continuação).

Estuário	Profundidade 0 - 5 cm				Ponto crítico Fe sedimento (mg/kg)	Ponto crítico Mn sedimento (mg/kg)	Ponto crítico Cr sedimento (mg/kg)
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Matéria orgânica (%)			
PA	73	18.5	7	8.4	-	301.62	
	32	37	28	54	130.000	224.56	
PM	67	15	6	50	128.374	544	
	66	21	8	36	99.100	392	
CA							
BR							
RD	18	62.4	19	12.46	26076 (média)	539.62 (média)	38.67 (média)
UR	85	12	3	23	22.717	SP	22
BN	57	34	10	18	20.113	SP	SP
SM	81	12	3	17	27.275	SP	48
CR	38	42	21	17	65188	445	212
	13	60	28	15	25.467	363	56

PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; RD: Rio Doce; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; CR: Caravelas.

Quadro 7: Integração dos principais resultados do Anexo 5 – Manguezal (continuação).

Estuário	Ponto crítico Fe folhas (mg/kg)	Ponto crítico Mn folhas (mg/kg)	Fotossíntese	Fluorescência
PA	-	-	-	-
	278.2	-	Influência do Ferro na parte bioquímica (Ci)	-
PM	75.2*	466.2*	-	-
	70.6*	257.6*	-	-
CA	152.4	-	-	-
BR	136.6	-	Decréscimo da assimilação com relação aos demais pontos do estuário	-
RD	<i>Talipariti</i> apresentou comportamento fisiológico, em termos de rendimento, inferior à <i>Rhizophora</i> . Nesse sentido, assumiu-se que as concentrações de Fe observadas como letais para <i>Rhizophora</i> também são tóxicas para <i>Talipariti</i> .			
	Ponto 2: maior concentração de Fe foliar (108.6 mg/kg)	Ponto 3: Maior concentração de Mn (164.2 mg/kg)		
UR	Diferença significativa na concentração entre as áreas, mas sem alcançar os limites previstos na literatura	Concentração abaixo do preconizado na literatura.	SP	SP
BN	140	SP	Menor relação A/E.	SP
SM	169.4	SP	Menor assimilação de carbono, maior evaporação e menor relação assimilação carbono/água.	SP
CR	SP	SP, exceto Zn e Cu	SP	Problemas na transferência de elétrons (<i>Rhizophora</i>)
	SP	SP	-	-

Quadro7: Integração dos principais resultados do Anexo 5 -Manguezal (continuação).

Estuário	Pigmentos	Atividade antioxidante	Outros elementos críticos
PA	Menor concentração Clorofila <i>a</i>	Maior atividade nos pontos com Manganês e Carotenoides	Cu, Pb,Al e Zn (Concentrações acima das encontradas por Costa et al. 2016)
	Menor concentração Clorofila <i>a</i> e maior de Carotenoides	Maior atividade nos pontos com Manganês e Carotenoides	
PM	Menor concentração de Clorofila <i>a</i> e Carotenoides	Maior atividade	Zn, Cr, Pb
	Menor concentração de Carotenoides	Maior atividade	Zn, Cr, Pb
CA	-	-	-
BR	Menor concentração Clorofila <i>a</i> e Clorofila <i>b</i> no ponto 2	-	-
RD	Menor concentração de Carotenoides no ponto 2 (Ilha)	Maior concentração de DPPH no ponto 2 (Ilha)	Pb, Zn, Al
UR	Menor concentração Clorofila <i>a</i> e Clorofila <i>b</i> no ponto 3	SP	Zn foliar
BN	Menor concentração Clorofila <i>a</i> e Clorofila <i>b</i>	SP	Pb no sedimento, Zn foliar
SM	Menores concentrações das Clorofilas <i>a</i> e <i>b</i> no SM1BD, SM3FD e SM3BD. Menor concentração de Carotenoides na SM3FD.	SR	Zn e Al no sedimento, Al e Pb foliar
CR	SP	SP	Zn no sedimento
	Menor concentração e Clorofila <i>a</i> e Carotenoides	Maior concentração de DPPH	Pb no sedimento, Zn foliar

PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; RD: Rio Doce; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; CR: Caravelas. SP: sem problemas; SR: sem resultado. FD: franja direita; BD: bacia direita.

Quadro7: Integração dos principais resultados do Anexo 5 -Manguezal (continuação).

Estuário	Observações	
PA		
PM	Valores estão abaixo dos valores de referência para <i>R. mangle</i> , porém são mais elevados dentro do estuário	
CA		
BR		
RD		
UR		
BN		
SM	As estações SM3FD (517.6 mg/kg), SM3BD (617.6 mg/kg) e SM2FE (115,2) apresentam maiores concentrações de Fe. SM1BD apresenta maior concentração de Mn (159.8 mg/kg)	As Estações SM3FD (3.77 mg/kg) e SM3BD (3.62) apresentam relativamente maiores concentrações de Al foliar. SM3BE destaca-se na concentração de Pb foliar (9 mg/k). Observação importante: elevadas concentrações de alumínio restringem a absorção de ferro pelas plantas.
CR		

PA: Piraquê-Açú; PM: Piraquê-Mirim; CA: Costa das Algas; BR: Barra do Riacho; RD: Rio Doce; UR: Urussuquara; BN: Barra Nova; SM: São Mateus; CR: Caravelas. SP: sem problemas; SR: sem resultado. FD: franja direita; FE: franja esquerda; BD: bacia direita; BE: bacia esquerda.

6 REFERENCIAS

- AFFONSO, J. C. M. **Estoque de captura comercial de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ocypodidae)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014.
- AGUIAR NETO, A. B.; GOMES, D. F.; FREIRE, G. S. S. Níveis e origem do carbonato de cálcio em sedimentos dos manguezais de Icapuí – CE. **Revista de Geologia**, v. 21, n. 2, p. 135-146, 2008.
- AHEARN, G. A.; MANDAL, P. K.; MANDAL, A. Mechanisms of heavy-metal sequestration and detoxification in crustaceans: a review. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 174, n. 6, p. 439-452, 2004
- ALMEIDA, E. V.; KUTTER, V. T.; MARQUES, E. D.; SILVA-FILHO, E. V. First assessment of trace metal concentration in mangrove crab eggs and other tissues, SE Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 7, p. 421, 2016.
- ALONGI, D. M., SASEKUMAR, A. 1992. Benthic Communities. In: Robertson A. I. e Alongi, D. M. (eds). **Tropical Mangrove Ecosystems**. Chapt 6: 137-171. Washington, DC; American Geophysical Union. Coastal And Estuarine Studies, v. 41, 1992.
- ALONGI, D.M **The energetics of mangrove forests**. Springer Science & Business Media, 2009.
- ALONGI, D.M. Dissolved iron supply limits early growth of estuarine mangroves. **Ecology**, v. 91, n. 11, p. 3229-3241, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVAREZ V. V. H.; SCHAEFER, G. R., eds. **Tópicos em ciência do solo**, v. 1. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 1-54.
- ALVES, R. R.N.; NISHIDA, A. K.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Environmental perception of gatherers of the crab 'caranguejo-uçá' (*Ucides cordatus*, Decapoda, Brachyura) affecting their collection attitudes. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 1, n. 1, p. 10, 2005.
- AMADO, T. J. C.; PONTELLI, C. B.; SANTI, A. L.; VIANA, J. H. M.; SULZBACH, L. A. S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1101-1110, 2007.
- AMARAL, K. D. S.; VIEIRA, I. M.; OSÓRIO, F. M.; ROCHA, J. D. M.; LIMA, J. F. Bioecology of the crab *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda) in mangroves influenced by the Amazon River, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 2, p. 213-222, 2014.

AMORIM, Kamyla da Silva Pereira. **Cultivo ex situ de Propágulos de *Rhizophora mangle* L. em diferentes concentrações salinas**. 2016. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Tropical.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Usos da água do rio São Mateus (ES/MG) estão suspensos**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/noticias>. Acesso em: 2019.

ANGERMEIER, P L.; KARR, J R. Biological integrity versus biological diversity as policy directives: protecting biotic resources. In: **Ecosystem management**. Springer, New York, NY, 1994. p. 264-275.

ARAÚJO, Marina SLC; CALADO, Tereza CS. Bioecologia do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus) no complexo estuarino lagunar Mundáu/Manguaba (CELMM), Alagoas, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 8, n. 2, p. 169-181, 2008.

ARNHOLD, E. Pacote em ambiente R para automatizar estatísticas descritivas. **Sigmae**, v. 3, n. 1, p. 36-42, 2014.

ARUOMA, O. I. Methodological characterizations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods. **Mutation Research**, v. 9, n. 20, p. 523-524, 2003.

AYENI, O.; NDAKIDEMI, P.; SNYMAN, R.; ODENDAALI, J. Assessment of Metal Concentrations, Chlorophyll Content and Photosynthesis in *Phragmites australis* along the Lower Diep River, CapeTown, South Africa. **Energy and Environment Research**; v. 2, n. 1, 2012.

BAIRD,C., **Environmental Chemistry**. New York: W. H. Freeman Editor,2002.

BALASUNDARAM, C.; PANDIAN, T. J. Egg loss during incubation in *Macrobrachium nobilii* (Henderson & Mathai). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 59, n. 2-3, p. 289-299, 1982.

BALBARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014

BALL, M. C. Ecophysiology of mangroves. **Trees**, v. 2, n. 3, p. 129-142, 1988.

BALL, MARILYN C. Interactive effects of salinity and irradiance on growth: implications for mangrove forest structure along salinity gradients. **Trees**, v. 16, n. 2-3, p. 126-139, 2002.

BALL, Marilyn C. Interactive effects of salinity and irradiance on growth: implications for mangrove forest structure along salinity gradients. **Trees**, v. 16, n. 2-3, p. 126-139, 2002.

BARCELOS, U. **Estrutura do Manguezal do Rio São Mateus sob a Perspectiva de Vulnerabilidade Ambiental**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.

- BARROSO, G. F. **Development of an evaluation framework for sustainable bivalve aquaculture: a strategic plan approach in Espírito Santo, Brazil.** 2004. 229 f. Tese (Doutorado em Geografia) – University of Victoria, Canadá, 2004.
- BAYEN, S. Occurrence, bioavailability and toxic effects of trace metals and organic contaminants in mangrove ecosystems: a review. **Environment international**, v. 48, p. 84-101, 2012.
- BECANA, M.; MORAN, J. F.; ITURBE-ORMAETXE, I. Iron-dependent oxygen free radical generation in plants subjected to environmental stress: toxicity and antioxidant protection. *Plant and Soil*, v. 201, n. 1, p. 137-147, 1998.
- BELO, A.; QUINÁIA, S. P.; PLETSCHE, A. L. Avaliação da contaminação de metais em sedimentos superficiais das praias do lago de Itaipu. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 613-617, 2010.
- BELTRAME, M. O.; DE MARCO, S. G.; MARCOVECCHIO, J. E. The burrowing crab *Neohelice granulata* as potential bioindicator of heavy metals in estuarine systems of the Atlantic coast of Argentina. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 172, p. 379–389, 2011.
- BEMBE, S.; LIANG, D.; CHUNG, J. S. Optimal temperature and photoperiod for the spawning of blue crab, *Callinectes sapidus*, in captivity. **Aquaculture research**, v. 48, n. 11, p. 5498-5505, 2017,
- BERGEY, L. L.; WEIS, J. S. Aspects of population ecology in two populations of fiddler crabs, *Uca pugnax*. **Marine Biology**, v. 154, n. 3, p. 435-442, 2008.
- BOSCO-SANTOS, A.; LUIZ-SILVA, W.; DA SILVA-FILHO, E. V.; DE SOUZA, M. D. C.; DANTAS, E. L., NAVARRO, M. S. Fractionation of rare earth and other trace elements in crabs, *Ucides cordatus*, from a subtropical mangrove affected by fertilizer industry. **Journal of Environmental Sciences**, v. 54, p. 69-76, 2017.
- BRANCO J. O.; AVILAR, M. G. 1992. Fecundidade em *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 9, p. 167-173.
- BRANCO, J. O. Aspectos bioecológicos do caranguejo *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda) do manguezal do Itacorubi, Santa Catarina, BR. **Arquivos de biologia e tecnologia**, v. 36, n. 1, p. 133-148, 1993.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BUCHMAN, M. F. NOAA screening quick reference tables, NOAA Hazmat Report 99-1. Coastal Protection and Restoration Division, Seattle. 1999.
- BUKATSCH, F. Bemerkungen zum Doppelfärbung Austrblau-Safranin. *Mikrokosmos*, v.61, 255p.,1972.

CAGNIN, R. C. **Geoquímica do Arsênio, dos elementos terras raras e dos metais pesados Cr, Zn, Ni e Pb nas plataformas continentais do Rio Doce (ES) e de Abrolhos (BA)**. 2018. 175 f. Tese (Doutorado em Oceanografia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; CASANOVA, M.A.; QUEIROZ, G.R. (Eds.) **Banco de Dados Geográficos**. Curitiba : Editora MundoGEO, 2005.

Câmara, G.; Davis, C.; Casanova, M.A.; Queiroz, G.R. (Eds.) **Banco de Dados Geográficos**. Curitiba : Editora MundoGEO, 2005.

Câmara, G.; Medeiros J.S. Geoprocessamento para projetos ambientais. São José dos Campos, SP: INPE, 1996.

CARR, R. S., WILLIAMS, J. W., SAKSA, F. I., BUHL, R. L.; NEFF, J. M. Bioenergetic alterations correlated with growth, fecundity and body burden of cadmium for mysids (*Mysidopsis bahia*). **Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal**, v. 4, n. 2, p. 181-188, 1985.

CASTILHO-WESTPHAL, G. G.; OSTRENSKY, A.; PIE, M. R.; BOEGER, W. A. The state of the art of the research on the mangrove land crab, *Ucides cordatus*. **Archives of Veterinary Science**, v. 13, p. 151-166, 2008.

CASTRO, A. C. L.; CORREIA, M. M. F.; NASCIMENTO, A. R.; PIEDADE-JÚNIOR, R. N.; GAMA, L. R. M.; Sousa, M. M.; Sousa, R. C. C. Aspectos bioecológicos do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus cordatus*, L. 1763) (Decapoda, Brachyura) nos manguezais da ilha de São Luís e litoral oriental do Estado do Maranhão, Brasil. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 3, n. 6, p. 17-36, 2008.

CAVALCANTI V. R., SOARES M. L. G., CHAVES F. O., Evaluating mangrove conservation through the analysis of forest structure data. *Journal of Coastal Research* 56: 390-394. 2009.

CAValcanti V. R., Soares M. L. G., Chaves F. O., Evaluating mangrove conservation through the analysis of forest structure data. *Journal of Coastal Research* 56: 390-394. 2009.

CAValcanti V. R., Soares M. L. G., Chaves F. O., Evaluating mangrove conservation through the analysis of forest structure data. *Journal of Coastal Research* 56: 390-394. 2009.

CESAR, R.; COLONESE, J.; SILVA, M.; EGLER, S.; BIDONE, E.; CASTILHOS, Z.; POLIVANOV, H. Distribuição de mercúrio, cobre, chumbo, zinco e níquel em sedimentos de corrente da bacia do rio Piabanha, Estado do Rio de Janeiro. **Geochimica Brasiliensis**, v. 25, n. 1, p. 35-45, 2011.

CHRISTOFOLETTI, R. A. **Ecologia trófica do caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Ocypodidae) e o fluxo de nutrientes em bosques de mangue, na região de Iguape (SP)**. 2005. Tese de Doutorado (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-S, 2005.

CHRISTOFOLETTI, R. A.; HATTORI, G. Y.; PINHEIRO, M. A. A. Food selection by a mangrove crab: temporal changes in fasted animals. **Hydrobiologia**, v. 702, p. 63–72, 2013.

CINTRON, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la ecología des mangar**. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y Caribe, Montevideo, 1983. 109 p.

CINTRON, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Methods for studying mangrove structure. In: Snedaker, S.C. (Ed.), *the Mangrove Ecosystem: Research Methods*. UNESCO, Bungay, England, p. 91–113. 1984.

CLOUGH, B. F. et al. Primary productivity and growth of mangrove forests. **Tropical mangrove ecosystems**. American Geophysical Union, Washington DC, 1992.

COELHO, P. R. **Parâmetros Populacionais do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) em manguezais de áreas urbanizadas**. 2018. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Oceanografia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (BRASIL). Resolução nº 344 de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, n. 87, 2004.

CONTI, R. C.; NALESSO, R. Cunha. Status of the population structure of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Decapoda: Ocypodidae) on the Piraquê-açu River estuary, Espírito Santo, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, n. 2, p. 81-92, 2010.

CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1013-1021, 2004.

CORRÊA Jr, J. D., DA SILVA, M. R.; DA SILVA, A. C. B.; DE LIMA, S. M. A.; MALM, O.; ALLODI, S. Tissue distribution, subcellular localization and endocrine disruption patterns induced by Cr and Mn in the crab *Ucides cordatus*. **Aquatic Toxicology**, v. 73, n. 2, 139-154, 2005.

COSTA, E. S. **Geoquímica deposicional de metais e hidrocarbonetos no estuário do Canal da Passagem (Vitória-ES) e no sistema estuarino dos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim (Aracruz-ES)**. Tese de Doutorado (Doutorado em Oceanografia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

COSTA, E. S.; GRILO, C. F.; WOLFF, G. A.; THOMPSON, A.; FIGUEIRA, R. C. L.; SÁ, F.; R. NETO, R. Geochemical records in sediments of a tropical estuary (Southeastern coast of Brazil). **Regional Studies in Marine Science**, v. 6, p. 49-61, 2016.

CRUZ, M. A. S.; SANTOS, L. T. O.; LIMA, L. G. L. M.; JESUS, T. B. Caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos como suporte para análise de contaminação ambiental em nascentes do rio Subaé, Feira de Santana (BA). **Geochimica Brasiliensis**, v. 27, n.1, p. 49-62, 2013.

- CUZZUOL, G. R. F.; CAMPOS, A. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 227-234, 2001.
- DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A.; BOYD, R. Estuarine fácies models: conceptual basis e stratigraphic implications. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 62, p. 1130-1146, 1992.
- DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed, 2006.
- DE LIMA, M. N. B.; MOCHEL, F. R.; DE CASTRO, A. C. L. Bioecologia do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) na área de proteção ambiental das reentrâncias maranhenses, Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 23, n. 1, 2010.
- DE OLIVEIRA, C. C. F.; DE ARRUDA LEME, M. H. Desenvolvimento embrionário e fecundidade do caranguejo *Armases rubripes* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) de uma região estuarina de Ubatuba-SP. **Revista Biociências**, v. 10, n. 3, p. 129-137, 2004.
- DECOURSEY, P. J.; VERNBERG, W. B. Efeito do mercúrio na sobrevivência, metabolismo e comportamento do *pugilador* larval *Uca* (Brachyura). **Oikos**, v. 23, p. 241 - 247, 1972.
- DIAS, J. A. Análise textural. In: DIAS, J. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. Ed. preliminar. Algarve, 2004.
- DIELE, K.. **Life History and Population Structure of the Exploited Mangrove Crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North Brazil**. Tese de Doutorado, Universidade de Bremen, Bremen, 116 p. 2000
- DIELE, K.; KOCH, V. Growth and mortality of the exploited mangrove crab *Ucides cordatus* (Ucididae) in N-Brazil. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 395, n. 1-2, p. 171-180, 2010.
- DRAGULESCU, A. A.; ARENDT, C. **xlsx: Read, Write, Format Excel 2007 and Excel 97/2000/XP/2003 Files**. R package version 0.6.1., 2018. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=xlsx>.
- DU PREEZ, H. H.; MCLACHLAN, A. 1984. Biology of the three spot swimming crab *Ovalipes punctatus* (De Haan) III. Reproduction, fecundity and egg development. **Crustaceana**, v. 47, p. 285-297.
- DUARTE, L. F. A.; SOUZA, C. A.; PEREIRA, C. D. S.; PINHEIRO, M. A. A. Metal toxicity assessment by sentinel species of mangroves: In situ case study integrating chemical and biomarkers analyses. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 145, p. 367-376, 2017.
- ELLISON, J. C. Geomorphology and sedimentology of mangroves. 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979.

ESPINOZA, H.C.F. Evolução Temporal da Cobertura Vegetal do Maguezal do rio Tavares (Florianópolis-SC) empregando Sensoriamento Remoto e SIG. 2. Dissertação do curso de Mestrado de Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI): Itajaí, 2008, 124p.

ESTRADA, G. C. D. **Análise da variabilidade estrutural de florestas de mangue de Guaratiba, Rio de Janeiro – RJ.** 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas-Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em ecologia, universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

FARIAS, C. O.; HAMACHER, C.; WAGENER, A. de L. R.; CAMPOS, C. D. R.; GODOY, J. M.; Trace metal contamination in mangrove sediments, Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 18, n. 6, p. 1194-1206, 2007.

FELLER, I. C. et al. Nitrogen limitation of growth and nutrient dynamics in a disturbed mangrove forest, Indian River Lagoon, Florida. **Oecologia**, v. 134, n. 3, p. 405-414, 2003.

FERNANDES, L. M. G.; DE OLIVEIRA BOTELHO, E. R.; DO VALE BARRETO, A. Fecundidade do Caranguejo *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda, Brachyura) em Passo de Camaragibe, Alagoas, Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, v. 18, n. 1, p. 9, 2010.

FERNANDES, M. E. B.; CARVALHO, M. L. Bioecologia de *Ucides cordatus* Linnaeus, 1763 (Decapoda: Brachyura) na costa do estado do Amapá. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 20, n. 1, 2007.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Package ‘ExpDes’**. Experimental Designs (Portuguese), 2018.

FIRMO, A. M. S. **Etnoecologia da Comunidade de Catadores de Caranguejo de Mucuri, Bahia’**. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Biodiversidade Tropical). Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

FLEWELLING, L. J.; NAAR, J. P.; ABBOTT, J. P.; BADEN, D. G.; BARROS, N. B.; BOSSART, G. D.; BOTTEIN, M. Y. D.; HAMMOND, D. G.; HAUBOLD, E.M.; HEIL, C. A.; HENRY, M.S.; JACOCKS, H. M.; LEIGHFIELD, T. A.; PIERCE, R. H.; PITCHFORD, T. D.; ROMMEL, S. A.; SCOTT, P.S.; STEIDINGER, K. A.; TRUBY, E. W.; DOLAH, F. M. V.; LANDSBERG, J.H. 2005. Brevetoxicosis: red tides and marine mammal mortalities. *Nature*, v. 435, p. 755.

FONTELES-FILHO, A. A. Recursos Pesqueiros: Biologia e Dinâmica Populacional, Imprensa Oficial do Ceara, Fortaleza, 1979.

FRANKEL, E. N.; MEYER, A. S. The problem of using one- dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1925-1941, 2000.

FRANKLIN, R. L.; FÁVARO, D. I. T.; DAMATTO, S. R. Trace metal and rare earth elements in a sediment profile from the Rio Grande Reservoir, Sao Paulo, Brazil: determination of anthropogenic

contamination, dating, and sedimentation rates. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 307, n. 1, p. 99-110, 2016.

FROEHNER, S.; MARTINS, R. F. Avaliação da Composição Química de Sedimentos do rio Barigui na Região Metropolitana de Curitiba. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2020-2026, 2008.

FUKUKAMA, K., WOLANSKI, E. e MUELLER, H. 1997. Currents and Sediment Transport in Mangrove Forest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44: 301-310.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. Geostatistics for the environmental sciences. Version 7.0. Michigan, CD-ROM. 2004

GIL, L. S. **Aspectos biológicos do caranguejo *Cardisoma guanhumi* – (latreille, 1825) (decapoda, brachyura, gecarcinidae) no núcleo de picinguaba do parque estadual da serra do mar, litoral do estado de são paulo, brasil**. Dissertação de Mestrado. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios Instituto de Pesca, 2009.

GOES, P.; BRANCO, J. O.; PINHEIRO, M. A. A.; BARBIERI, E.; COSTA, D.; FERNANDES, L. L. Bioecology of the uçá-crab, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), in Vitória Bay, Espírito Santo State, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, n. 2, p. 153-163, 2010.

GOLDER ASSOCIATES. Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima a Foz do Rio Doce e na Apa Costa das Algas – Atualização de Agosto de 2016. Rio de Janeiro. RT_022-159-515-2282_00-B, 2016.

GOLDER, Definição de níveis de referência e avaliação de potenciais impactos sobre os manguezais próximos à foz do Rio Doce. RT_026-159-515-2282_00-B, 2016.

GOMES, L. E. O.; CORREA, L. B.; SÁ, F.; NETO, R. R.; BERNARDINO, A. F. 2017. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 120, n. 1-2, p. 28-36.

HALLIWELL, B. The wanderings of a free radical. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 46 n. 5, p. 531-542, 2009.

HARTNOLL, R. G. Mating in the Brachyura. **Crustaceana**, v. 16, n. 2, p. 161-181, 1969.

HATTORI, G. Y. **Densidade populacional do caranguejo-Uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustaceam Brachyura, Ocypodidae), na região de Iguape, (SP)**. Tese de Doutorado (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2006.

HEIDARIEH, M.; MARAGHEH, M. G.; SHAMAMI, M. A.; BEHGAR, M.; ZIAEI, F.; AKBARI, Z. 2013. Evaluate of heavy metal concentration in shrimp (*Penaeus semisulcatus*) and crab (*Portunus pelagicus*) with INAA method. **Springer Plus**, v. 2, n. 1, p. 72, 2013.

HINES, A. H. Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. **Marine Biology**, v. 69, n.3, p. 309-320, 1982.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950.

HOLLING, C., S. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. **Ecosystems**, v. 4, n. 5, p. 390-405, 2001.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria Nº. 52, de 30 de setembro de 2003 - Defeso pesqueiro do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*).

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (2018). Disponível em: <http://www.incaper.es.gov.br/>. Acesso em: 1 ago. 2019.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 5 ago. 2019.

ISBN:9788572693813, 2011. 422p.

JANKOWSKY, M.; PIRES, J. S. R.; NORDI, N. The capture of crab-uçá in Cananéia, State of São Paulo–Brazil. In: **International Conference on Costal Conservation and the Management in the Atlantic and Mediterranean**. p. 325-332, 2006.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. **Química Nova**, v. 27, p. 378-386, 2004.

JESUS, H. C.; FERNANDES, L. F. L.; ZANDONADE, E.; ANJOS-JR, E. E.; GONÇALVES, R. F.; MARQUES, F. C.; REIS, L. A.; ROMANO, C. T.; TEIXEIRA, R. D.; SANTOS-SAD, C. M. **Avaliação da contaminação por metais pesados em caranguejos e sedimentos de áreas de manguezal do sistema estuarino de Vitória-ES**. Relatório Técnico-Projeto Facitec/Prefeitura Municipal de Vitória, Vitória, Brasil, 40p, 2003.

JIMENEZ, J. A.; LUGO, A. E.; CINTRON, G. Tree mortality in mangrove forests. **Biotropica**, p. 177-185, 1985.

JOÃO, M. C. A.; PINHEIRO, M. A. A. Reproductive potential of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura: Ocypodidae) from two mangrove areas subject to different levels of contaminants. **Journal of Crustacean Biology**, v. 39, n. 1, p. 74-81, 2018.

JOHANSEN, D. A. Plant Microtechnique. Mc Graw- Hill, New York. 1940.

KARR, J. H.; KERANS, Billie L. Components of Biological Integrity: Their Definition and. **Assessment Endpoints**, p. 1, 1991.

KARR, J. R.; CHU, Ellen W. Biological monitoring: essential foundation for ecological risk assessment. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 3, n. 6, p. 993-1004, 1997.

KARR, J., R. Biological integrity and the goal of environmental legislation: lessons for conservation biology. **Conservation biology**, v. 4, n. 3, p. 244-250, 1990.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. factoextra: Extract and visualize the Results of Multivariate Data Analyses. **R package version 1.0.5 (WWW Document)**. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>, 2017.

KENSHI, K. 2001. Biochemistry of iron in seawater. **Research Gate**

KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, v. 66, p. 1003-1010, 1994.

KRUITWAGEN, G.; PRATAP, H. B.; COVACI, A.; WENDELAAR BONGA, S. E. Status of pollution in mangrove ecosystems along the coast of Tanzania. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, p. 1022-1031, 2008.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LE, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. **Journal of statistical software**, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. Numerical Ecology. 2 nd., Elsevier Science, 1998.

LEMOES, R. C.; SANTOS, R. D. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3. ed, Campinas-SP, 1996. 83 p.

LEWIS, M.; PRYOR, Rachel; WILKING, Lynn. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: a review. **Environmental pollution**, v. 159, n. 10, p. 2328-2346, 2011.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. **Revista Árvore**, v. 34, p. 127-136, 2010.

LIMA, K.O.O., TOGNELLA, M.M.P., CUNHA, S.R. ANDRADE, H.A. Growth models of *Rhizophora mangle* L. seedlings in tropical southwestern Atlantic. **Estuar.Coast. Shelf Sci.** 207, 154-163, 2018

Lima, K.O.O., Tognella, M.M.P., Cunha, S.R. Andrade, H.A. Growth models of *Rhizophora mangle* L. seedlings in tropical southwestern Atlantic. **Estuar.Coast. Shelf Sci.** 207, 154-163, 2018

LINHARES, J. C. S. **Estratégias reprodutivas do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* Crustacea: Brachyura: Ucididae**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, 2010.

LINHARES, J. C. S.; SILVA, J. R. F. Reproductive behavior of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea; Brachyura; Ucididae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, n. 6, p. 903-910, 2012.

LOBO, A. C. P. **Prospecção fitoquímica e atividades biológicas, caule, cascas do tronco e do óleo essencial de *Eucalyptus elata*, Myrtaceae**. 2014. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LOPES, D. M. S. Análise da Mortalidade do Manguezal de Barra Nova, São Mateus, ES, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo. Orientador: Filipe de Oliveira Chaves. 2011.

Lopes, D. M. S. Análise da Mortalidade do Manguezal de Barra Nova, São Mateus, ES, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo. Orientador: Filipe de Oliveira Chaves. 2011.

MACDONALD, J.; SHIELDS, J. D.; ZIMMER-FAUST, R. K. Acute toxicities of eleven metals to early life-history stages of the yellow crab *Cancer anthonyi*. **Marine Biology**, v. 98, n. 2, 201-207, 1988.

MACFARLANE, G. R.; BOOTH, D. J.; BROWN, K. R. The semaphore crab, *Heloecius cordiformis*: bio-indication potential for heavy metals in estuarine systems. **Aquatic Toxicology**, v. 50, n. 3, p. 153-166, 2000.

MADI, A. P. L. M.; BOEGER, M. R. T.; REISSMANN, C. B. Composição química do solo e das folhas e eficiência do uso de nutrientes por espécies de manguezal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p. 433-438, 2015.

MAECHLER, M.; ROUSSEUW, P.; STRUYF, A.; HUBERT, M.; HORNIK, K. cluster: Cluster analysis basics and extensions, **R package version 2.1.0** – For new features, see the 'Changelog' file (in the package source), 2019.

MAIA, C.; LIMA, M. C. P.; SILVA, M. M. T.; PAIVA, R. S. Densidade e estrutura populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) na Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua, Pará, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 6, n. 2, p. 86-92, 2016.

MARCHAND, C LALLIER-VERGÈS, E.; ALLENBACH, M. Redox conditions and heavy metals distribution in mangrove forests receiving effluents from shrimp farms (Teremba Bay, New Caledonia). **Journal of Soils and Sediments**, v. 11, n. 3, p. 529-541, 2011.

MARQUES, J. S. J.; RANGEL, T. P.; BRITO, F. P.; ALMEIDA, M. G.; SALOMÃO, M. S. M. B.; GOBO, A. A. R.; SOUZA-SANTOS, L. P.; ARAÚJO CASTRO, C. M. V.; COSTA, M. F.; REZENDE, C. E. Geoquímica de Metais em Sedimentos da Zona Estuarina do Complexo Industrial Porto de Suape, PE - Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v. 11, n. 4, p. 379-387, 2011.

MCKEE, K. 1995. Interspecific variation in growth, biomass partitioning, and defensive characteristics of Neotropical Mangrove Seedlings: response to light and nutrient availability. *American Journal of Botany* 82(3): 299-307.

MEJÍAS, C.L.; MUSA, J.C.; OTERO, J. Exploratory evaluation of retranslocation and bioconcentration of heavy metals in three species of Mangrove at Las Cucharillas Marsh, Puerto Rico. **Journal of Tropical Life Science**, v. 3, n. 1, p. 14-22, 2013.

MELO, E. S. **Estrutura populacional dos bosques de mangue e do Caranguejo-uçá (*Ucides cordatus* Linnaeus, 1763) nos manguezais da reserva extrativista marinha de Tracuateua-Pará**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará/UFPA, Bragança-PA, 2010.

MELO, G. A. S. **Manual de Identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do Litoral Brasileiro**. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil 1996.

MELO, G. A. S. **Manual de Identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do Litoral Brasileiro**. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1996.

MILLERO, F. J. et al. Effect of ocean acidification on the speciation of metals in seawater. **Oceanography**, v. 22, n. 4, p. 72-85, 2009.

MIRANDA, LB de; MESQUITA, AR de; FRANÇA, CA de S. Estudo da circulação e dos processos de mistura no extremo sul do mar de Cananéia: condições de dezembro de 1991. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 43, n. 2, p. 153-164, 1995.

MONTEIRO, S. de M.; SÁ, Fabian; RODRIGUES NETO, Renato. Geochemistry of suspended particulate matter in a tropical estuarine system, southeastern Brazil. **Química Nova**, v. 40, n. 8, p. 871-879, 2017.

MORE, T. G., RAJPUT, R. A.; BANDELA, N. N. Impact of heavy metals on DNA content in the whole body of freshwater bivalve, *Lamelleiden marginalis*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 605-616, 2003.

MOREIRA, MAURICIO ALVES, **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**, 4 edição.atual e ampl. -Viçosa, MG: Editora UFV

Moreira, Mauricio Alves, **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**, 4 edição.atual e ampl. -Viçosa, MG: Editora UFV
ISBN:9788572693813, 2011. 422p.

MOURA, N. F. O.; COELHO, P. A. Fecundidade de *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Crustacea: Brachyura: Grapsidae) no manguezal do rio Paripe–Pernambuco–Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 31, n. 2, p. 127-133, 2003.

NAGELKERKEN, I. S. J. M. et al. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: a review. **Aquatic botany**, v. 89, n. 2, p. 155-185, 2008.

NEVES, L. C. L. **Dinâmica sedimentar de uma porção do banco arenoso na desembocadura do sistema estuarino dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, Aracruz – ES**. 2013. Monografia. (Graduação em oceanografia), Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 1999. NOAA Screening Quick Reference Tables. Hazmat Report 99-1, 12p.

NORDHAUS, I.; DIELE, K.; WOLFF, M. Activity patterns, feeding and burrowing of the crab *Ucides cordatus* (Ucididae) in a high intertidal mangrove forest in North Brazil. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 379, 104–112, 2009.

NORDHAUS, I.; WOLFF, M. 2007. Feeding ecology of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Ocypodidae): food choice, food quality and assimilation efficiency. **Marine Biology**, v. 151, n. 5, 1665-1681.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 927 p, 2001.

Odum, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 927 p, 2001.

ODUM, W E.; J, R. E.. The Response of Mangroves to Man-Induced Environmental Stress. In: Elsevier Oceanography Series. Elsevier, 1975. p. 52-62.

ODUM, W E.; J, R. E.. The Response of Mangroves to Man-Induced Environmental Stress. In: **Elsevier Oceanography Series**. Elsevier, 1975. p. 52-62.

OGAWA, E. F; ROCHA, C. A. S. Sobre a fecundidade de crustáceos decápodos marinhos do Estado do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 16, n. 2, p. 101-104, 1976.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.5-5, 2017. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OLIVEIRA, L. F. C. de.; FREITAS, J. S.; GENEROSO, C. M.; FIA, R. Sorção de elementos traços em solos de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 2, p. 288-301, 2014.

OLIVEIRA, M. S. R. **Estudo da Especificação de Metais Traço em Sedimentos de um Tanque de Cultivo de Camarão Marinho do Município de Santa Rita-PB**. 2006. 83f. Dissertação (Mestrado em

Química) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

ORTEGA, P.; VITORINO, H. A.; MOREIRA, R. G.; PINHEIRO, M. A. A.; ALMEIDA, A. A.; CUSTÓDIO, M. R.; ZANOTTO, F. P. Physiological differences in the crab *Ucides cordatus* from two populations inhabiting mangroves with different levels of cadmium contamination. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 9999, 1 - 11, 2016

OUTEIRO, L.; ÁSPERO, F.; ÚBEDA, X. Geostatistical methods to study spatial variability of soil cations after a prescribed fire and rainfall. **Catena**, v. 74, p. 310-320, 2008.

PATIL, I. **Ggstatsplot: ggplot2** Based Plots with Statistical Details. 0.1.2. [S. l.]: CRAN, 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggstatsplot/index.html>.

PENHA-LOPES, G.; TORRES, P.; NARCISO, L.; CANNICCI, S.; PAULA, J. Comparison of fecundity, embryo loss and fatty acid composition of mangrove crab species in sewage contaminated and pristine mangrove habitats in Mozambique. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 381, n.1, 25-32, 2009.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v. 39, p. 791-800, 2006.

PINHEIRO, M. A. A.; BAVELONI, M. A.; TERCEIRO, O. S. L. Fecundity of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ocypodidae). **Invertebrate reproduction & development**, v. 43, n. 1, p. 19-26, 2003.

PINHEIRO, M. A. A.; FISCARELLI, A. G. 2001. Manual de apoio à fiscalização do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). Unesp/Cepsul/Ibama.

PINHEIRO, M. A. A.; SOUZA, C. A.; ZANOTTO, F. P.; TORRES, R. A.; PEREIRA, C. D. S. 2017. **The crab *Ucides cordatus* (Malacostraca, Decapoda, Brachyura) and other related taxa as environmental sentinels for assessment and monitoring of tropical mangroves from South America**. In Ecotoxicology and Genotoxicology, pp. 212-242.

PINHEIRO, M.A.A., Duarte, L.F.A.; TOLEDO, T.R.; ADAMS, M.A., TORRES, R.A. Habitat monitoring and genotoxicity in *Ucides cordatus* (Crustacea: Ocypodidae), as tools to manage a mangrove reserve in southeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, n. 10, p. 8273–8285, 2013.

Pinheiro, M.A.A.; Silva, P.P.G.; Duarte, L.F.A.; Almeida, A.A.; Zanoto, F. F. Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: ocypodidae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: rhizophoraceae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 81, p. 114–121, 2012.

POLIDORO, B. A. et al. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PloS one**, v. 5, n. 4, p. e10095, 2010.

- PORTO, L. A. **Estrutura Populacional do *Ucides Cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea: Decapoda: Brachyura):** Subsídios para a gestão da espécie. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2016.
- PRITCHARD, D. W. Estuarine circulation patterns. **Proceedings of the American Society of Civil Engineers**, v. 81, n. 717, p. 1-11, 1955.
- QUEIROZ, A. F. de S.; CELINO, J. J. Manguezais e ecossistemas estuarinos na Baía de Todos os Santos. In: Queiroz, A. F. de S.; Celino, J. J. **Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos**. 1. ed. Salvador: EDUFBA, v. 1, p. 37-39; p. 101-115, 2008.
- R Core Team. **R: a Language and an Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2015. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 Jun. 2019.
- RAMOS, S. V. C. **Avaliação da concentração de metais traço em ostra de mangue (*Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828), Sururu (*Mytella charruana* D'orbigny, 1846) e sedimentos superficiais no estuário do Rio Formoso, Pernambuco**. 2011. 182 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- RAU, M.; BATAGLION, G. A.; MADUREIRA, L. A. S. Avaliação de Biomarcadores Geoquímicos e Salinidade em Perfis Sedimentares na Lagoa do Ribeirão em Paulo Lopes, SC. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 2, p. 201-221, 2013.
- RESENDE, J. S. da S.; CRAVEIRO, N. J. D. A.; PEREIRA, R. Análise granulométrica e do teor de matéria orgânica em sedimentos do estuário do Rio Capibaribe – PE. **Estudos Geológicos**, v. 26, n. 2, p. 34-45, 2016.
- REZENDE, S. O. **Distribuição espacial, origens e associações do carbono em sedimentos da plataforma continental de Sergipe e sul de Alagoas**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.
- RIGO, D. **Análise do escoamento em regiões estuarinas com manguezais – medições e modelagem na baía de Vitória, ES**. 2004. 140 f. Tese (Programa de Pós Graduação em Engenharia Oceânica – COPPE/UFRJ) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- RODRIGUES, D. R. P. **Metais dissolvidos no sistema estuarino Piraquê-açu e Piraquê-mirim e a composição geoquímica de rochas e solos da bacia hidrográfica adjacente, Aracruz-ES**. 2017. 115 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Oceanografia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.
- RYKIEL JR, E. J. Towards a definition of ecological disturbance. **Australian Journal of Ecology**, v. 10, n. 3, p. 361-365, 1985.

SALAROLI, A. B. **Distribuição de elementos metálicos e As em sedimentos superficiais ao longo do Canal de Bertiooga (SP)**. 2013. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Oceanografia Química e Geológica) - Universidade São Paulo, São Paulo, 2013.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, v. 8, p. 121-137, 2002.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, p. 270-276, 1998.

SANTOS, L. M. M.; SOUZA, R. C.; ANUNCIAÇÃO, D. S.; MOREIRA, I. T. A.; SANTOS, V. L. C. S.; VIANA, Z. C. V. Avaliação do teor de elementos químicos em manguezais da ilha de Itaparica, Bahia, Brasil. **Acta Brasiliensis**, v. 2, n. 1, p. 15-20, 2018.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Guia para estudo de áreas de manguezal; estrutura, função e flora**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986.

SCHMIDT, A. J. **Ritmos de acasalamento e habitat de recrutamento do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* e suas implicações para a gestão em manguezais de Caravelas, BA**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2012.

SCHMIDT, A. J. **Estudo da dinâmica populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea-Decapoda-Brachyura), e dos efeitos de uma mortalidade em massa desta espécie em manguezais do Sul da Bahia**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SCHMIDT, A. J.; OLIVEIRA, M. A.; MAY, M.; ARAUJO, S. M. B.; FERREIRA, H.; M.; SOUZA, E. P. **Plano de Ação para o Caranguejo-uçá na Reserva Extrativista de Canavieiras. Produto Final do Projeto Ambientes Litorâneos da Mata Atlântica – ALMA**, Instituto de Conservação de Ambientes Litorâneos da Mata Atlântica – Ecotuba, Critical Ecosystem Partnership Fund – CEPF. Canavieiras/BA, p. 90, 2006.

SCHMIDT, A. J.; OLIVEIRA, M. A.; SOUZA, E. P.; MAY, M.; ARAUJO, S. M. B. Relação entre abertura de galeria e comprimento de cefalotórax do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (CRUSTACEA-DECAPODA-BRACHYURA). **Boletim Técnico Científico CEPENE**, v. 16, n. 1, p. 56-58, 2008b.

SCHMIDT, A. J.; THEIL, Cr. M. I.; GALLI, O. B. S. Estudos preliminares sobre efeitos de uma mortalidade em massa em uma população de caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Caravelas (Bahia-Brasil). **Boletim Técnico Científico CEPENE**, v. 16, n. 1, 43-49, 2008a.

SILVA, C. C. **Dinâmica populacional do guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea: Decapoda: Gecarcinidae) em duas áreas de manguezal no Estado do Rio Grande do**

Norte com diferentes pressões de captura. Tese de Doutorado (Doutorado em Biologia Animal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.

SILVA, R.; OSHIRO, L. M. Y. Aspectos da reprodução do caranguejo guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille (Crustacea, Decapoda, Gecarcinidae) da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. Supl 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, Rejane; OSHIRO da, Lídia Miyako Yoshii. Aspectos da reprodução do caranguejo guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille (Crustacea, Decapoda, Gecarcinidae) da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. Supl 1, p. 71-78, 2002.

SIMIELLI, M. E. R. Variação espacial da capacidade de uso da terra: um ensaio metodológico de cartografia temática, aplicado ao ... São Paulo: Ática, 1986.

SIMIELLI, M. E. R. Variação espacial da capacidade de uso da terra: um ensaio metodológico de cartografia temática, aplicado ao ... São Paulo: Ática, **1986**.

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. **Hidroweb**. 2019.

SOARES, M. L. G.; CHAVES, F. O.; CORRÊA, F. M.; SILVA JR., C. M. G. Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro). **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 26, p. 101-116, 2003.

SOARES, M. L. G.; CHAVES, F. O.; ESTRADA, G. C.; CAVALCANTI, V. F.; PORTUGAL, A. M.M.; BARBOSA, B. Caracterização das florestas de mangue do complexo estuarino de Caravelas (Bahia-Brasil). Boletim Técnico-Científico do CEPENE. 2008.

SOUZA, J. M. T. de.; PAIXÃO, J. F. da.; NASCIMENTO, S. A. de M.; BARBOSA, J. S. F.; DOMINGUEZ, J. M. L. Ocorrência de metais nos sedimentos marinhos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (BA). **Geochimica Brasiliensis**, v. 28, n. 2, p. 161-170, 2014.

SOUZA-JÚNIOR, V. S.; VIDAL-TORRADO, P.; TESSLER, M. G.; PESSENDA, L. C. R.; FERREIRA, T. O.; OTERO, X. L.; MACÍAS, F. Evolução quaternária, distribuição de partículas nos solos e ambientes de sedimentação em manguezais do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 753-769, 2007.

SPINASSÉ, V. C. **Estimativa da População de *Ucides cordatus* em Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS).** Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2016.

- SPINASSÉ, V. C. **Estimativa da População de *Ucides cordatus* em Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2016.
- SRUTHI, P.; SHACKIRA, A.M.; PUTHUR, Jos T. Heavy metal detoxification mechanisms in halophytes: an overview. **Wetlands ecology and management**, v. 25, n. 2, p. 129-148, 2017.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blüncher, EDUSP, 1973. 318 p.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L; DOMINGUEZ, J. M. L. Evolução da planície costeira do Rio Doce (ES) durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. 1982.
- TAM, N. F. Y.; W, Y. S. Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater. **Environmental Pollution**, v. 94, n. 3, p. 283-291, 1996.
- TAVARES, J. M. **Metais nos sedimentos superficiais da plataforma continental entre Itacaré e Olivença, Sul da Bahia, Brasil**. 2008. 121 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental, Hidrologia e Recursos Hídricos) - Universidade Federal da Bahia, 2008.
- THOM, B. G. Mangrove ecology: a geomorphological perspective. **Mangrove ecosystems in Australia, structure, function and management**, p. 3-17, 1982.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. Artmed Editora, 2009.
- TWILLEY, R. R.; RIVERA-MONROY, V. H. Ecogeomorphic models of nutrient biogeochemistry for mangrove wetlands. **Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach**. Elsevier, Amsterdam, v. 641, 2009.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, soils and Oils. (Technical Resource Document, EPA SW-846/3052), 2013.
- VIDAL, R. M. B.; BECKER, H. Distribuição de manganês, ferro, matéria orgânica e fosfato nos sedimentos do manguezal do Rio Piranji, Ceará. **Arquivos Ciência do Mar**, v. 39, p. 34-43, 2006.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F
- VILARINHO, E. S. **Solos e indicadores ambientais na região do canal Caboclo Bernardo, delta do rio Doce, ES**. 2005. 145 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- WEI, T.; SIMKO, V. **R package "corrplot"**: Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.84), 2017. Disponível em: <https://github.com/taiyun/corrplot>.
- WENNER, A. M. Sex ratio as a function of size in marine Crustacea. **The American Naturalist**, v. 106, n. 949, p. 321-350, 1972.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, p. 377-392, 1922.

WOLANSKI, E. MAZDA, Y. RIDD, P. 1992. Mangrove Hydrodynamics. In: Robertson A. I. e Alongi, D. M. (eds). **Tropical Mangrove Ecosystems**. Chapt 3: 43-62. Washington, DC; American Geophysical Union. Coastal And Estuarine Studies, v. 41, 1992.

WOLANSKI, E. Transport of sediment in mangrove swamps. In: **Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems**. Springer, Dordrecht, 1995. p. 31-42.

WOLFF, M.; KOCH, V.; ISAAC, V. A trophic flow model of the Caeté mangrove estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its resources. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 50, n. 6, p. 789-803, 2000.

WOODROFFE, C.; ROBERTSON, A.; ALONGI, D. Mangrove sediments and geomorphology. **Tropical mangrove ecosystems. Coastal and estuarine studies**, v. 41, 1992.

WUNDERLICH, A. C.; PINHEIRO, M. A. A. Mangrove habitat partitioning by *Ucides cordatus* (Ucididae): effects of the degree of tidal flooding and tree-species composition during its life cycle. **Helgoland Marine Research**, v. 67, n. 2, 279, 2013.

WUNDERLICH, A. C.; PINHEIRO, M. A. A.; RODRIGUES, A. M. T. Biology of the mangrove uca crab, *Ucides cordatus* (Crustacea: Decapoda: Brachyura), in Babitonga Bay, Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 2, p. 188-198, 2008.

YOUNGSON, R. **Como combater os radicais livres: o programa de saúde dos antioxidantes**. Rio de Janeiro: Campus, 1995. 151 p.

ZAR, J. H. **Bioestatistical Analysis**. 3 ed., New Jersey: Prentice Hall, 1996.

ZHOU, J. L.; SALVADOR, S. M.; LIU, Y. P.; SEQUERIA, M. Heavy metals in the tissues of dolphins (*Delphinus delphis*) stranded on the Portuguese coast. **Science of the Total Environment**, v. 273, p. 61-76, 2001.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

7 APÊNDICE

7.1 RESUMO DE EVIDÊNCIAS DE CONTAMINAÇÕES POR METAIS

Apêndice 1: Metais de acordo com os pontos amostrados (P1, P2 e P3), bosque (Bacia e Franja), margem direita (MD) e esquerda (ME) e profundidade para o estuário Piraquê-Mirim.

Local	V	Co	Ni	Cu	As	Ag	Cd	Ba	Pb	Cr	Fe	Al	Mn	Hg	Zn
----- mg kg ⁻¹ -----															
P1	34,6	3,2	5,7	7,9	11,9	0,03	0,02	17,8	6,8	16,2	24.821	17.796	81	0,47	19,2
P2	51,0	4,1	8,3	8,7	16,7	0,07	0,03	29,4	12,4	24,6	31.716	18.140	108	0,30	24,4
P3	30,4	4,1	6,0	8,3	6,5	0,04	0,02	36,8	8,6	16,4	19.213	16.357	36	0,19	19,6
Bacia	23,1	3,3	3,1	7,4	3,6	0,01	0,01	13,4	4,5	9,9	12.702	9.762	18	0,31	13,2
Franja	54,1	4,3	10,3	9,1	19,8	0,08	0,04	42,6	14,0	28,2	37.798	25.099	132	0,34	28,9
MD	31,0	3,1	4,7	6,2	9,1	0,03	0,02	23,4	8,3	15,8	17.583	10.956	61	0,41	16,3
ME	46,3	4,5	8,7	10,3	14,2	0,07	0,03	32,7	10,2	22,3	32.918	23.905	89	0,23	25,8
0-5	34,3	2,9	5,7	5,9	9,5	0,07	0,02	27,4	8,6	16,7	18.420	13.857	57	0,36	17,4
5-15	43,0	4,8	7,7	10,6	13,8	0,03	0,02	28,7	9,9	21,5	32.081	21.004	93	0,28	24,7

Apêndice 2: Granulometria teor de matéria orgânica na primeira amostragem (MO1) e segunda amostragem (MO2) e carbonato de cálcio do estuário Rio Piraquê-Mirim.

Local	Cascalho	Areia	Lama	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃
----- % -----								
P1	10	80	10	9	2	23	18	15
P2	6	81	13	10	3	17	23	10
P3	16	75	9	7	1	19	16	8
Bacia	11	82	7	6	1	12	6	6
Franja	10	75	14	12	3	27	32	16
MD	10	80	11	9	2	16	15	7
ME	12	77	10	8	2	23	23	15
0-5	11	77	12	10	2	20	19	12
5-15	11	80	9	7	2	19	20	10

Apêndice 3: Metais de acordo com os pontos amostrados (P1, P2 e P3), bosque (Bacia e Franja), margem direita (MD) e esquerda (ME) e profundidade para o estuário Piraquê-Açu.

Local	V	Co	Ni	Cu	As	Ag	Cd	Ba	Pb	Cr	Fe	Al	Mn	Hg	Zn
----- mg kg ⁻¹ -----															
P1	3	3,	6,1	5,9	29,	0,0	0,0	17,	10,	22,	31.62	13.35	14	0,8	21,
	5	4			2	5	5	6	8	4	1	7	1	5	4
P2	4	5,	11,	12,	12,	0,1	0,0	50,	15,	29,	45.98	37.68	85	0,6	42,
	9	6	2	5	1	2	6	3	7	8	8	5		8	5
P3	3	3,	11,	6,4	4,6	0,1	0,0	49,	11,	15,	21.23	23.13	44	0,7	20,
	1	8	0			3	4	5	8	2	4	8		6	5
Bacia	3	3,	6,2	7,4	14,	0,1	0,0	29,	11,	19,	26.33	14.71	62	0,9	21,
	2	7			8	2	3	3	1	1	9	7		0	2
Franja	4	4,	12,	9,2	15,	0,0	0,0	49,	14,	25,	39.55	34.73	11	0,6	35,
a	6	6	5		8	8	7	0	4	8	6	6	8	3	1
MD	3	3,	9,8	8,4	18,	0,0	0,0	30,	11,	20,	30.00	21.81	10	0,5	23,
	5	9			8	5	2	9	0	3	0	4	8	9	2
ME	4	4,	9,0	8,1	11,	0,1	0,0	47,	14,	24,	35.88	27.63	72	0,9	33,
	2	3			9	5	8	3	5	7	8	9		4	1
0-5	3	3,	9,2	7,5	14,	0,1	0,0	33,	11,	19,	28.77	19.77	85	1,0	27,
	3	8			1	1	4	6	1	4	8	6		9	2
5-15	4	4,	9,6	9,0	16,	0,0	0,0	44,	14,	25,	37.11	29.67	96	0,4	29,
	5	5			5	9	5	7	3	6	7	6		4	1

Apêndice 4: Granulometria teor de matéria orgânica na primeira amostragem (MO1) e segunda amostragem (MO2) e carbonato de cálcio do estuário Rio Piraquê-Açu.

Local	Cascalho	Areia	Lama	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃
----- % -----								
P1	3,5	58	38	27	11	24	16	33
P2	8,0	57	35	23	12	36	16	34
P3	4,9	67	28	21	7	36	30	27
Bacia	5,8	57	37	27	10	42	26	42
Franja	5,1	64	31	21	10	22	14	21
MD	7,5	71	21	16	5	19	13	28
ME	3,4	49	47	31	16	45	28	35
0-5	5,8	61	34	23	10	35	20	34
5-15	5,2	60	34	24	10	29	20	28

Apêndice 5: Metais de acordo com os pontos amostrados (P1, P2 e P3), bosque (Bacia e Franja), margem direita (MD) e esquerda (ME) e profundidade para o estuário Urussuquara

Local	V	Co	Ni	Cu	As	Ag	Cd	Ba	Pb	Cr	Fe	Al	Mn	Hg	Zn
-----mg kg ⁻¹ -----															
P1	45	4,7	12,2	4,5	18,5	0,08	0,02	29	14	22	17.110	9.732	57	0,41	19
P2	15	3,0	3,7	1,6	6,0	0,13	0,04	10	5	13	3.805	4.347	14	0,40	10
P3	18	3,6	5,3	3,3	6,8	0,11	0,04	14	5	17	8.954	8.008	15	0,32	15
Bacia	12	2,0	3,4	1,3	4,3	0,07	0,02	11	4	12	3.689	4.246	7	0,36	7
Franja	28	4,3	7,7	3,8	11,2	0,12	0,04	18	9	19	11.711	8.617	18	0,36	18
MD	15	3,0	3,7	1,6	6,0	0,13	0,04	10	5	13	3.805	4.347	10	0,40	10
ME	27	4,0	7,6	3,7	10,7	0,10	0,03	19	8	19	11.673	8.583	17	0,35	17
0-5	28	3,2	7,5	2,5	8,4	0,14	0,03	18	8	15	9.557	5.298	12	0,24	12
5-15	20	4,2	5,7	3,9	10,6	0,07	0,04	15	7	19	9.854	9.750	18	0,48	18

Apêndice 6 Granulometria teor de matéria orgânica na primeira amostragem (MO1) e segunda amostragem (MO2) e carbonato de cálcio do estuário Urussuquara

Local	Casc	Areia	Lama	Silte	Arg	MO1	MO2	CaCO ₃
-----%								
P1	1	86	13	11	2	18	14	31
P2	1	84	14	12	2	6	13	10
P3	1	86	12	10	2	11	7	10
Bacia	2	87	10	9	1	13	10	12
Franja	1	85	14	11	2	10	11	16
MD	1	84	14	12	2	6	13	10
ME	1	86	13	10	2	13	10	17
0-5	2	86	12	10	2	14	11	17
5-15	1	85	14	12	2	9	10	14

Apêndice 7: Metais de acordo com os pontos amostrados (P1, P2 e P3), bosque (Bacia e Franja), margem direita (MD) e esquerda (ME) e profundidade para o estuário Barra Nova.

Local	V	Co	Ni	Cu	As	Ag	Cd	Ba	Pb	Cr	Fe	Al	Mn	Hg	Zn
-----mg kg ⁻¹ -----															
P1	36	5,9	9,3	7,4	28	0,24	0,03	27	14	28	32.528	17.083	187	0,77	31
P2	23	3,3	4,6	3,9	18	0,04	0,00	20	13	21	12.432	7.547	115	0,62	17
P3	18	3,1	3,5	2,9	14	0,09	0,03	16	7	16	7.521	7.762	19	0,51	15
Bacia	21	3,4	4,2	3,6	17	0,18	0,02	18	10	20	10.993	8.087	126	0,72	17
Franja	30	4,8	7,4	5,8	23	0,07	0,02	24	12	24	23.995	13.508	89	0,54	26
MD	23	3,3	4,6	3,9	18	0,04	0,00	20	13	21	12.432	7.547	115	0,62	17
ME	27	4,5	6,4	5,1	21	0,17	0,03	22	11	22	20.025	12.423	103	0,64	23
0-5	22	4,0	4,8	3,9	19	0,18	0,02	20	11	20	12.599	8.469	100	0,65	19
5-15	30	4,1	6,8	5,5	21	0,06	0,02	22	11	24	22.389	13.125	115	0,62	23

Apêndice 8: Granulometria teor de matéria orgânica na primeira amostragem (MO1) e segunda amostragem (MO2) e carbonato de cálcio do estuário Barra Nova.

Local	Casc	Areia	Lama	Silte	Arg	MO1	MO2	CaCO ₃
-----%								
P1	0	65	35	28	7	16	13	11
P2	0	74	26	21	5	10	9	10
P3	1	79	20	17	3	3	4	4
Bacia	0	76	24	20	4	5	6	7
Franja	0	69	31	25	6	14	11	9
MD	0	74	26	21	5	10	9	10
ME	0	72	28	23	5	9	9	8
0-5	0	70	29	24	5	7	8	8
5-15	0	75	25	21	4	11	10	8

Apêndice 9: Metais de acordo com os pontos amostrados (P1, P2 e P3), bosque (Bacia e Franja), margem direita (MD) e esquerda (ME) e profundidade para o estuário Rio São Mateus

Local	V	Co	Ni	Cu	As	Ag	Cd	Ba	Pb	Cr	Fe	Al	Mn	Hg	Zn
											mg kg ⁻¹				
P1	34	5,7	6,2	4,2	11	0,22	0,10	34	26	21	11.484	6.710	51	0,97	15
P2	38	13,2	7,1	3,7	12	0,21	0,09	33	15	23	14.812	9.028	75	0,65	17
P3	45	16,2	5,7	3,1	12	0,17	0,24	62	27	32	17.189	13.851	87	0,13	24
Bacia	31	2,9	4,8	2,7	10	0,16	0,11	35	15	22	11.557	8.987	54	0,55	16
Franja	49	21,8	8,0	4,7	13	0,24	0,19	52	31	29	17.973	11.106	92	0,59	22
MD	34	12,8	5,2	3,9	11	0,19	0,18	41	24	25	14.356	9.697	61	0,95	18
ME	46	11,1	7,6	3,3	12	0,21	0,11	45	20	27	14.921	10.332	83	0,15	20
0-5	37	9,2	6,4	2,9	11	0,17	0,15	40	24	25	12.859	9.088	73	0,15	18
5-15	42	15,0	6,3	4,4	12	0,23	0,14	46	20	26	16.553	10.995	71	1,02	21

Apêndice 10: Granulometria teor de matéria orgânica na primeira amostragem (MO1) e segunda amostragem (MO2) e carbonato de cálcio do estuário Rio São Mateus.

Local	Cascalho	Areia	Lama	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃
					%			
P1	1	79	20	16	5	10	7	7
P2	2	88	10	8	2	16	11	11
P3	1	58	41	30	10	21	23	12
Bacia	1	75	24	18	5	17	11	10
Franja	2	75	24	18	6	13	16	11
MD	1	77	22	17	5	12	12	11
ME	2	73	25	19	6	18	15	10
0-5	1	77	21	17	5	13	11	10
5-15	2	73	26	19	7	18	16	11

Apêndice 11: Metais de acordo com os pontos amostrados (P1, P2 e P3), bosque (Bacia e Franja), margem direita (MD) e esquerda (ME) e profundidade para o estuário Caravelas.

Local	V	Co	Ni	Cu	As	Ag	Cd	Ba	Pb	Cr	Fe	Al	Mn	Hg	Zn
----- mg kg ⁻¹ -----															
P1	53	38	6,4	2,9	19	0,27	0,28	39	33	51	24.803	16.165	245	0,16	26
P2	54	17	5,3	2,7	21	0,28	0,29	31	31	41	26.770	14.819	123	0,09	22
P3	42	11	4,9	1,9	19	0,14	0,19	34	29	50	23.301	20.780	139	0,06	26
Bacia	46	22	4,3	1,9	17	0,22	0,23	33	32	48	21.366	15.559	116	0,05	24
Franja	53	22	6,7	3,1	23	0,25	0,28	37	30	47	28.551	18.950	222	0,16	26
MD	54	22	6,0	2,9	21	0,28	0,27	37	32	48	25.958	18.762	175	0,07	25
ME	46	22	5,0	2,1	19	0,18	0,24	33	29	47	23.959	15.747	163	0,13	25
0-5	51	32	5,7	3,0	19	0,30	0,32	37	33	46	25.445	18.330	174	0,05	24
5-15	48	12	5,3	2,0	21	0,17	0,19	32	29	49	24.472	16.414	164	0,15	26

Apêndice 12: Granulometria teor de matéria orgânica na primeira amostragem (MO1) e segunda amostragem (MO2) e carbonato de cálcio do estuário Caravelas.

Local	Casc	Areia	Lama	Silte	Arg	MO1	MO2	CaCO ₃
----- % -----								
P1	2	45	53	39	14	10	11	23
P2	0	25	74	47	27	15	20	20
P3	1	31	68	49	19	15	20	23
Bacia	1	34	65	43	22	12	14	19
Franja	1	34	65	47	18	14	20	26
MD	1	43	57	37	20	12	15	20
ME	1	25	73	52	21	14	19	24
0-5	0	26	74	50	24	14	20	19
5-15	2	42	42	39	17	13	14	25

Apêndice 13: Valores de referências para metais em sedimentos (mg kg⁻¹).

Referência		Fe mín -máx (méd)	Mn mín - máx (méd)	Al mín -máx (méd)	Pb mín - máx (méd)	Cu mín - máx (méd)	Zn mín - máx (méd)	Cr mín - máx (méd)
Lista Holandesa	S				50	15	50	50
	T				154	47	154	120
	I				257	49	257	190
Canadense	TEL				35	35,7	123	
	PEL				91,3	197	316	
NOAA	Background (FWS)	9900 - 180000	400	2600	4 - 17	10 - 25	7 - 38	7 - 13
	TEL (FWS)	188400	630	25500	37	28	98	37,3
	TEL (MS)				30,24	18,70	124	52,3
	PEL (FWS)				91,3	197	315	90
	PEL (MS)				112,18	103,2	271	160,4
	SEL	40000	1100		127-250	86	520	95
	AET (MS)	22000	260	18000	400			
CONAMA 344	nível 1				46,7	34	150	81
	nível 2				218	270	410	370
Costa et al. (2016)	Piraquê-Açu	40544,71 - 60821,52 (54767,43)	105,46 - 333,16 (270,81)	36651,8 - 69137,25 (54834,51)	13,74 - 23,5 (18,83)	8,24 - 25,28 (14,31)	42,38 - 97,93 (77,09)	40,25 - 95,32 (79,65)
			123,34					47,78
	Piraquê-Mirim	37300 - 105700 (56600)	- 1017,4 7 (475,28)	20300 - 61700 (37200)	8,95 - 62,27 (16,57)	2,93 - 50,72 (11,44)	40,31 - 83,05 (59,64)	- 181,6 6 (85,79)
Costa et al. (2016)	Piraquê-Açu ¹	35000	120					
	Piraquê-Mirim ²	59000	240					
	Rio Doce ¹	58000	370					
	Rio Doce ²	38000	310					
Relatório consolidado	Rio Doce*	69127,36	503,48	46197,01	29			

S - valor alvo; T - investigação adicional; I - valor de intervenção; Background - valores antecedentes; TEL - valor abaixo de efeitos esperados; PEL - nível de efeitos prováveis; SEL - nível de efeitos severos; AET - efeitos limites aparentes; FWS - Freshwater Sediment; - WS - Marine Sediment; nível 1 - abaixo de efeitos adversos; nível 2 - provável efeito adversos; * - 1 ano após desastre; ¹ - dados pretéritos de 2010; ² - dados pretéritos de 1994.

7.2 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE PARÂMETROS E METAIS

Apêndice 14: Correlação de Pearson dos atributos do sedimento de Piraquê-Açu, considerando 24 amostras.

	Areia	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃	As	Cr	Fe	Pb	Al
Areia	1	-0,97	-0,94	-0,70	-0,37	-0,37	-0,17	-0,48	-0,36	-0,56	-0,21
Silte		1	0,88	0,70	<i>0,45</i>	0,36	0,20	<i>0,41</i>	0,31	0,50	0,17
Argila			1	0,68	0,35	0,39	0,15	<i>0,50</i>	0,37	0,58	0,24
MO1				1	0,62	0,66	-0,22	0,16	0,07	0,34	0,03
MO2					1	0,28	-0,36	-0,06	0,004	0,11	0,07
CaCO₃						1	0,25	-0,03	-0,16	0,03	-0,32
As							1	<i>0,45</i>	0,41	0,18	0,11
Cr								1	0,91	0,88	0,77
Fe									1	0,69	0,85
Pb										1	0,68
Al											1

Itálico, significativo a 5%; negrito, significativo a 1%. MO1- matéria orgânica na primeira amostragem (janeiro 2019); MO2- matéria orgânica na segunda amostragem (junho 2019).

Apêndice 15: Correlação de Pearson dos atributos do sedimento de Piraquê-Mirim, considerando 24 amostras.

	Areia	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃	As	Cr	Fe	Pb	Al
Areia	1	-0,65	-0,57	-0,53	-0,61	<i>-0,44</i>	-0,61	-0,56	<i>-0,51</i>	-0,56	<i>-0,45</i>
Silte		1	0,75	<i>0,49</i>	0,72	<i>0,46</i>	<i>0,57</i>	0,55	0,38	0,62	0,30
Argila			1	0,31	0,62	<i>0,42</i>	0,82	0,73	0,71	0,69	0,60
MO1				1	0,62	0,78	<i>0,50</i>	0,66	0,59	0,67	0,61
MO2					1	0,69	0,61	0,64	0,58	0,65	<i>0,49</i>
CaCO₃						1		<i>0,44</i>	<i>0,48</i>	0,39	<i>0,50</i>
As							1	0,95	0,94	0,86	0,84
Cr								1	0,92	0,97	0,87
Fe									1	0,80	0,94
Pb										1	0,75
Al											1

Itálico, significativo a 5%; negrito, significativo a 1%. MO1- matéria orgânica na primeira amostragem (janeiro 2019); MO2- matéria orgânica na segunda amostragem (junho 2019).

Apêndice 16: Correlação de Pearson dos atributos do sedimento de São Mateus, considerando 24 amostras

	Areia	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃	As	Cr	Fe	Pb	Al
Areia	1	-0,99	-0,96	<i>-0,47</i>	-0,79	-0,35	-0,41	<i>-0,46</i>	-0,39	-0,10	<i>-0,42</i>
Silte		1	0,92	<i>0,43</i>	0,75	0,39	0,38	<i>0,43</i>	0,34	0,11	0,37
Argila			1	<i>0,42</i>	0,80	0,27	0,39	<i>0,45</i>	0,41	0,12	<i>0,45</i>
MO1				1	<i>0,43</i>	0,24	0,25	0,32	0,28	-0,10	0,34
MO2					1	0,20	0,36	0,35	0,32	0,01	<i>0,43</i>
CaCO ₃						1	0,32	0,28	0,25	-0,07	0,25
As							1	0,77	0,86	-0,05	0,70
Cr								1	0,89	0,35	0,89
Fe									1	0,12	0,82
Pb										1	0,08
Al											1

Itálico, significativo a 5%; negrito, significativo a 1%. MO1- matéria orgânica na primeira amostragem (janeiro 2019); MO2- matéria orgânica na segunda amostragem (junho 2019).

Apêndice 17: Correlação de Pearson dos atributos do sedimento de Caravelas, considerando 24 amostras.

	Areia	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃	As	Cr	Fe	Pb	Al
Areia	1	-0,90	-0,76	-0,26	<i>-0,41</i>	0,02	0,16	0,09	0,13	0,04	-0,04
Silte		1	<i>0,41</i>	0,34	<i>0,44</i>	0,03	-0,12	-0,09	-0,07	-0,09	0,07
Argila			1	0,05	0,21	-0,14	-0,18	-0,05	-0,19	0,08	-0,05
MO1				1	0,18	0,25	0,34	0,06	0,13	-0,21	-0,21
MO2					1	-0,01	0,04	-0,02	0,02	-0,24	0,23
CaCO ₃						1	0,34	-0,08	0,10	-0,11	0,00
As							1	0,76	0,85	-0,64	0,33
Cr								1	0,93	-0,69	<i>0,50</i>
Fe									1	-0,67	<i>0,41</i>
Pb										1	-0,53
Al											1

Itálico, significativo a 5%; negrito, significativo a 1%. MO1- matéria orgânica na primeira amostragem (janeiro 2019); MO2- matéria orgânica na segunda amostragem (junho 2019).

Apêndice 18:Correlação de Pearson dos atributos do sedimento de Barra Nova, considerando 12 amostras.

	Areia	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃	As	Cr	Fe	Pb	Al
Areia	1	-1,00	-0,97	-0,86	-0,81	-0,73	-0,86	-0,79	-0,76	-0,78	-0,74
Silte		1	0,96	0,85	0,81	<i>0,70</i>	0,85	0,79	0,76	0,76	0,75
Argila			1	0,86	0,79	0,84	0,87	0,75	0,73	0,86	<i>0,68</i>
MO1				1	0,95	0,87	0,93	0,93	0,93	0,89	0,88
MO2					1	0,82	0,87	0,97	0,95	0,84	0,90
CaCO₃						1	0,85	0,77	0,77	0,96	<i>0,67</i>
As							1	0,88	0,92	0,85	0,90
Cr								1	0,97	0,83	0,95
Fe									1	0,77	0,98
Pb										1	<i>0,70</i>
Al											1

Itálico, significativo a 5%; negrito, significativo a 1%. MO1- matéria orgânica na primeira amostragem (janeiro 2019); MO2- matéria orgânica na segunda amostragem (junho 2019).

Apêndice 19:Correlação de Pearson dos atributos do sedimento de Urussuquara, considerando 8 amostras.

	Areia	Silte	Argila	MO1	MO2	CaCO ₃	As	Cr	Fe	Pb	Al
Areia	1	-0,96	<i>-0,74</i>	0,15	-0,54	-0,09	0,01	0,19	-0,03	-0,20	0,20
Silte		1	0,66	-0,22	0,52	0,09	-0,10	-0,24	-0,02	0,09	-0,20
Argila			1	0,03	0,27	0,25	0,45	0,38	0,58	0,54	0,33
MO1				1	0,51	<i>0,83</i>	0,36	0,05	0,43	<i>0,75</i>	-0,09
MO2					1	<i>0,72</i>	-0,02	-0,13	0,27	0,53	-0,20
CaCO₃						1	0,52	0,26	0,64	0,86	0,16
As							1	0,62	0,63	0,76	0,51
Cr								1	0,85	0,43	0,97
Fe									1	<i>0,76</i>	<i>0,78</i>
Pb										1	0,27
Al											1

itálico, significativo a 5%; negrito, significativo a 1%. MO1- matéria orgânica na primeira amostragem (janeiro 2019); MO2- matéria orgânica na segunda amostragem (junho 2019).

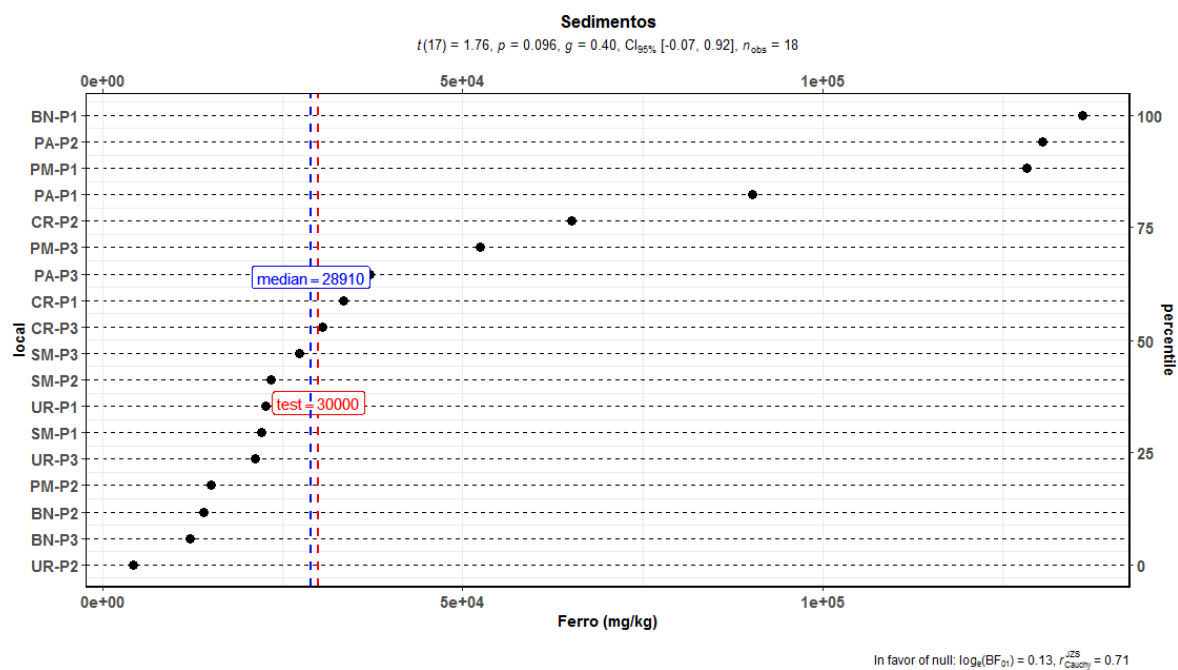
Apêndice 20: Correlação de Pearson dos atributos do sedimento de Regência, considerando 100 amostras.

	Areia	Silte	Argila	MO1	CaCO ₃	As	Cr	Fe	Pb	Al
Areia	1	-0,95	-0,94	-0,59	-0,40	-0,16	-0,52	-0,24	-0,82	-0,38
Silte		1	0,90	0,54	0,40	0,13	0,48	0,23	0,74	0,37
Argila			1	0,58	0,34	0,16	0,51	0,24	0,75	0,36
MO1				1	0,35	0,09	0,22	0,05	0,45	0,17
CaCO₃					1	0,25	0,33	0,32	0,43	0,38
As						1	0,44	0,70	0,28	0,46
Cr							1	0,73	0,61	0,79
Fe								1	0,41	0,89
Pb									1	0,48
Al										1

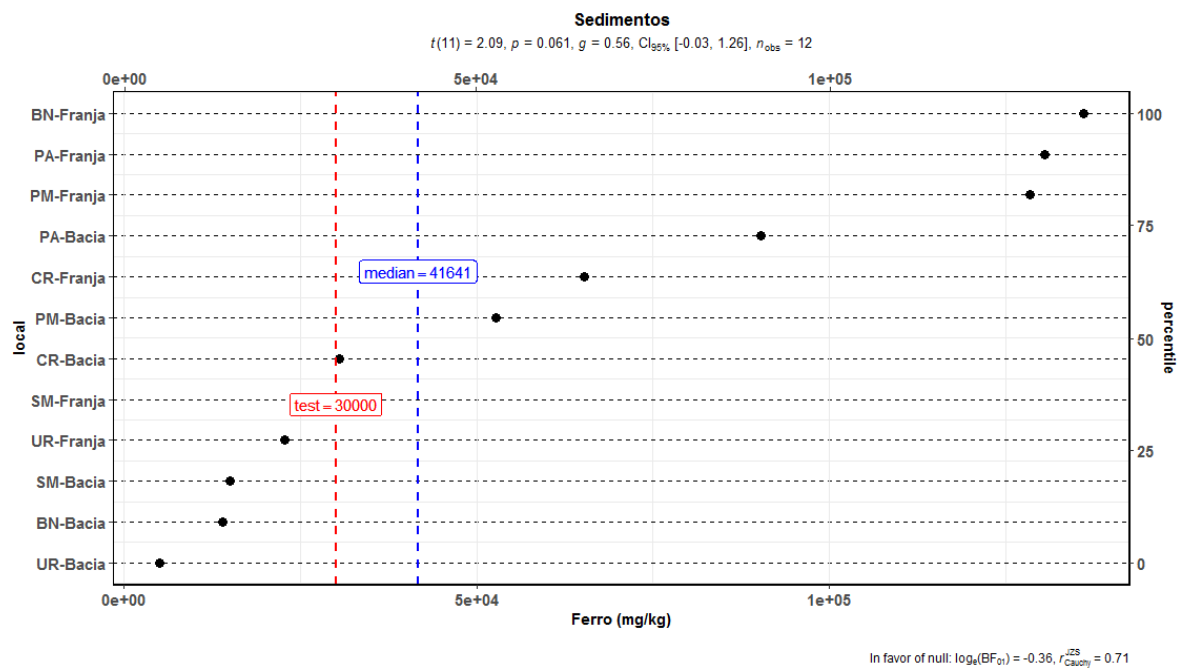
Itálico, significativo a 5%; negrito, significativo a 1%. MO1- matéria orgânica na primeira amostragem (janeiro 2019); MO2- matéria orgânica na segunda amostragem (junho 2019).

7.3 LIMITES DE COMPARAÇÃO ENTRE METAIS NOS ESTUÁRIOS.

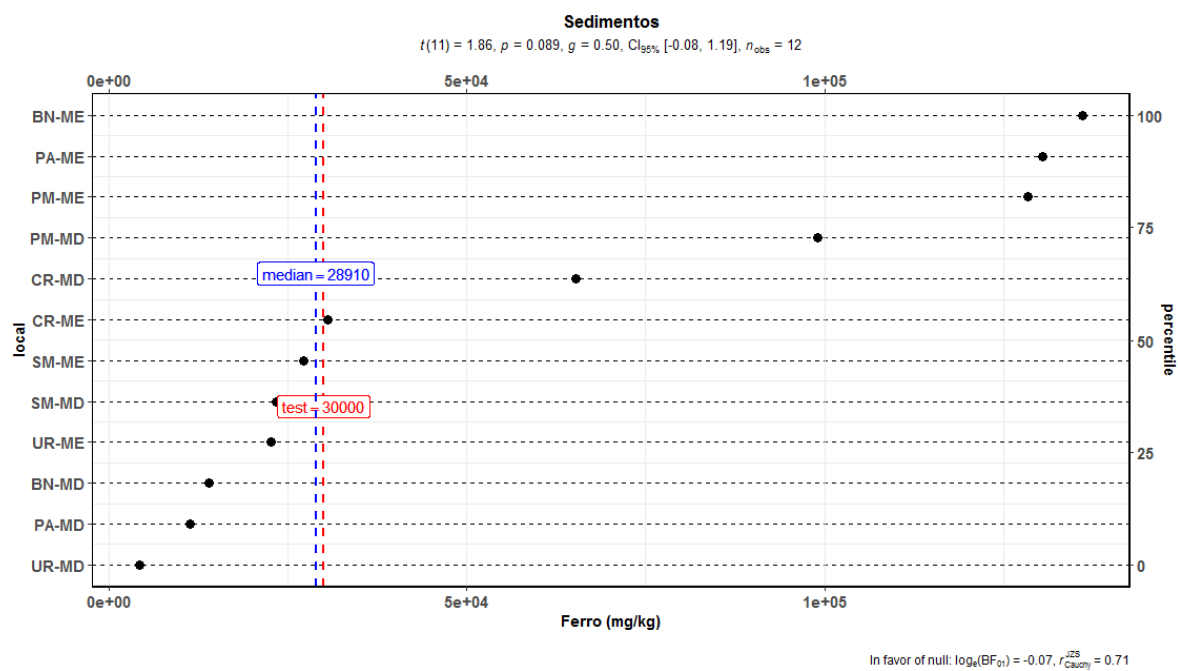
Apêndice 21: Teores máximos de Fe encontrados nos estuários estudados com relação à distância (P1, P2 e P3) da foz dos estuários. O limite de comparação é 30.000 mg kg⁻¹ segundo Vidal e Becker (2006).



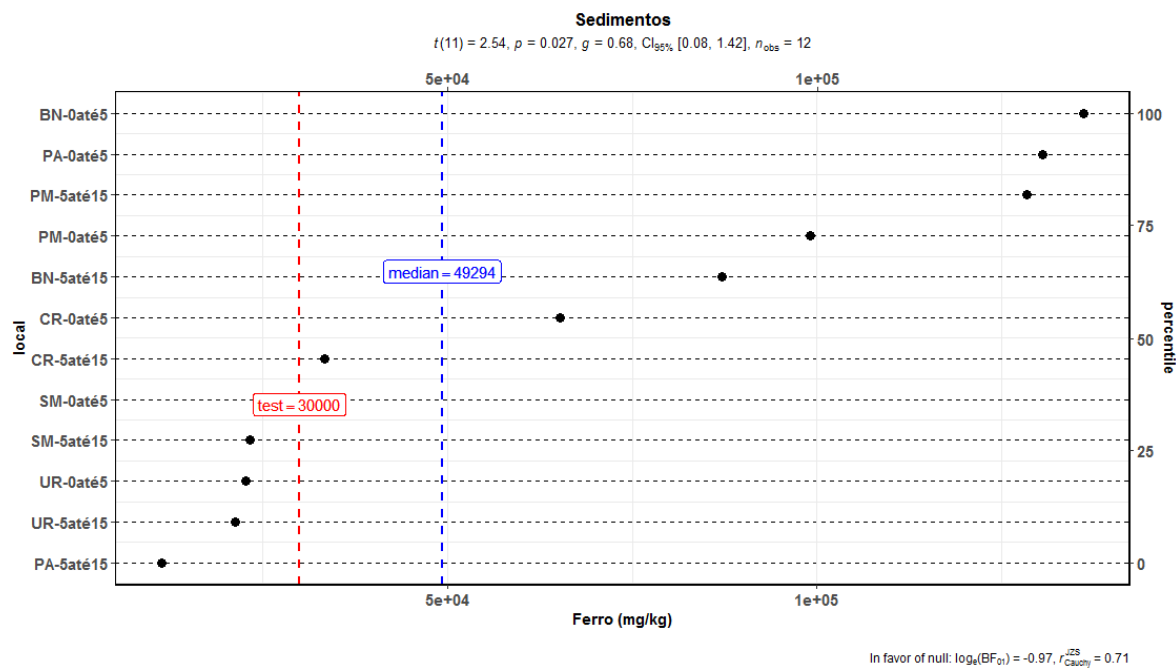
Apêndice 22: Teores máximos de Fe encontrados nos estuários estudados com relação ao bosque (Franja e Bacia). O limite de comparação é 30.000 mg kg⁻¹ segundo Vidal e Becker (2006).



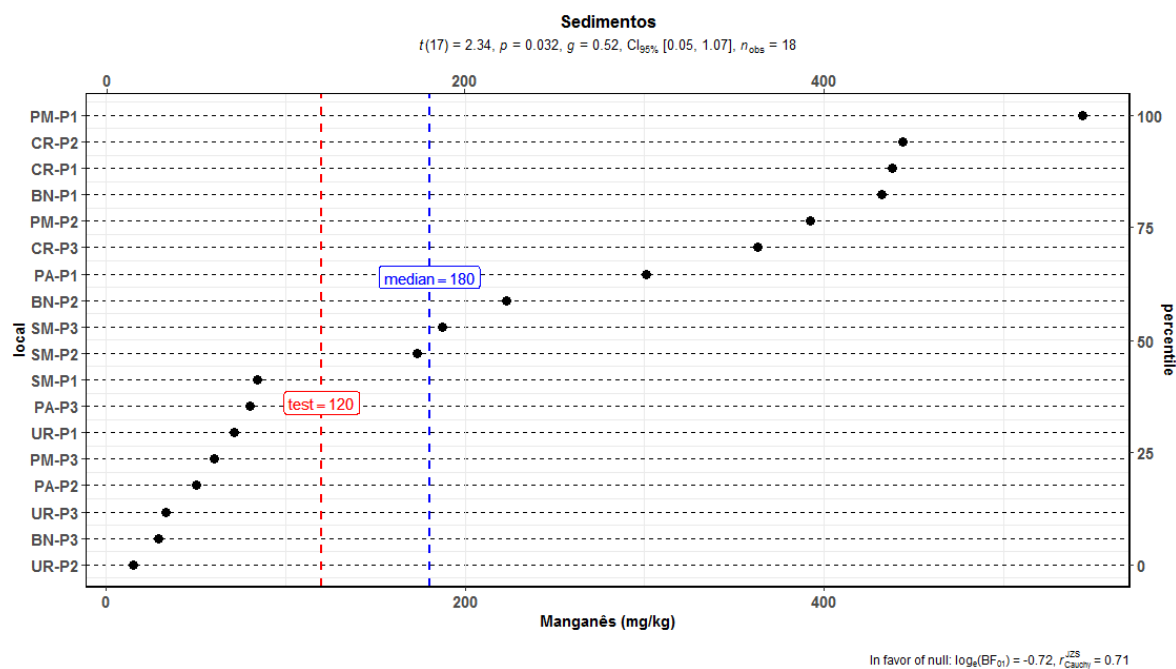
Apêndice 23: Teores máximos de Fe encontrados nos estuários estudados com relação ao lado (Esquedo e Direito). O limite de comparação é 30.000 mg kg⁻¹ segundo Vidal e Becker (2006).



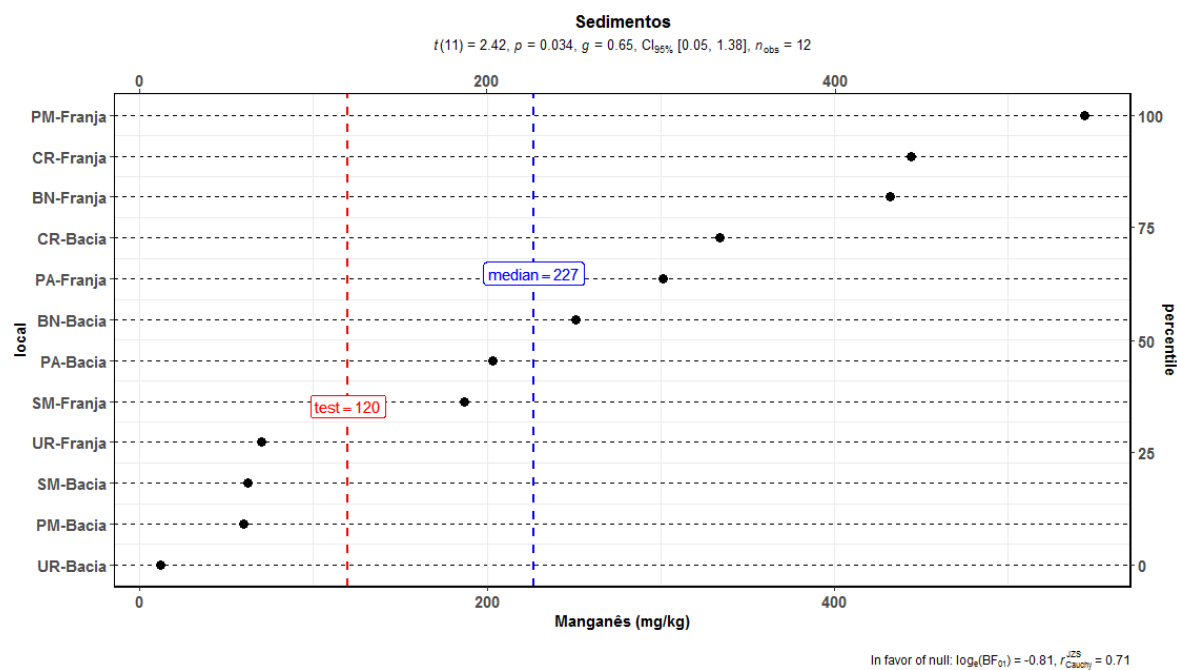
Apêndice 24: Teores máximos de Fe encontrados nos estuários estudados com relação à profundidade (0-5 e 5-15 cm). O limite de comparação é 30.000 mg kg⁻¹ segundo Vidal e Becker (2006).



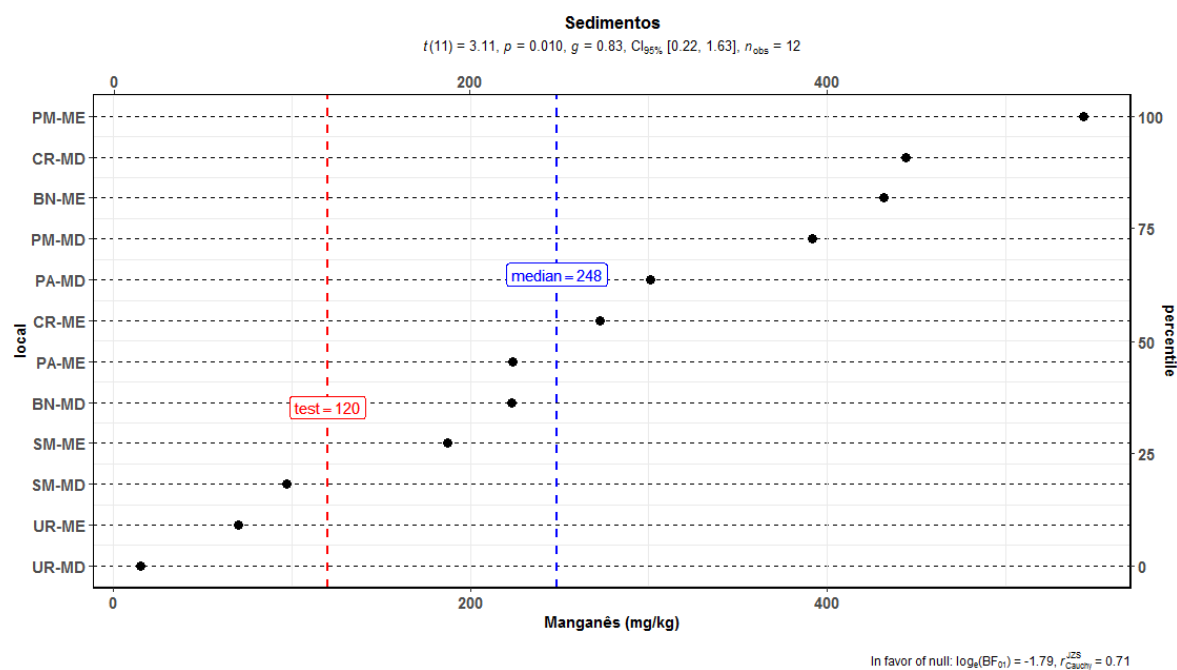
Apêndice 25: Teores máximos de Mn encontrados nos estuários estudados com relação à distância (P1, P2 e P3) da foz dos estuários. O limite de comparação é 120 mg kg⁻¹ segundo Vidal e Becker (2006).



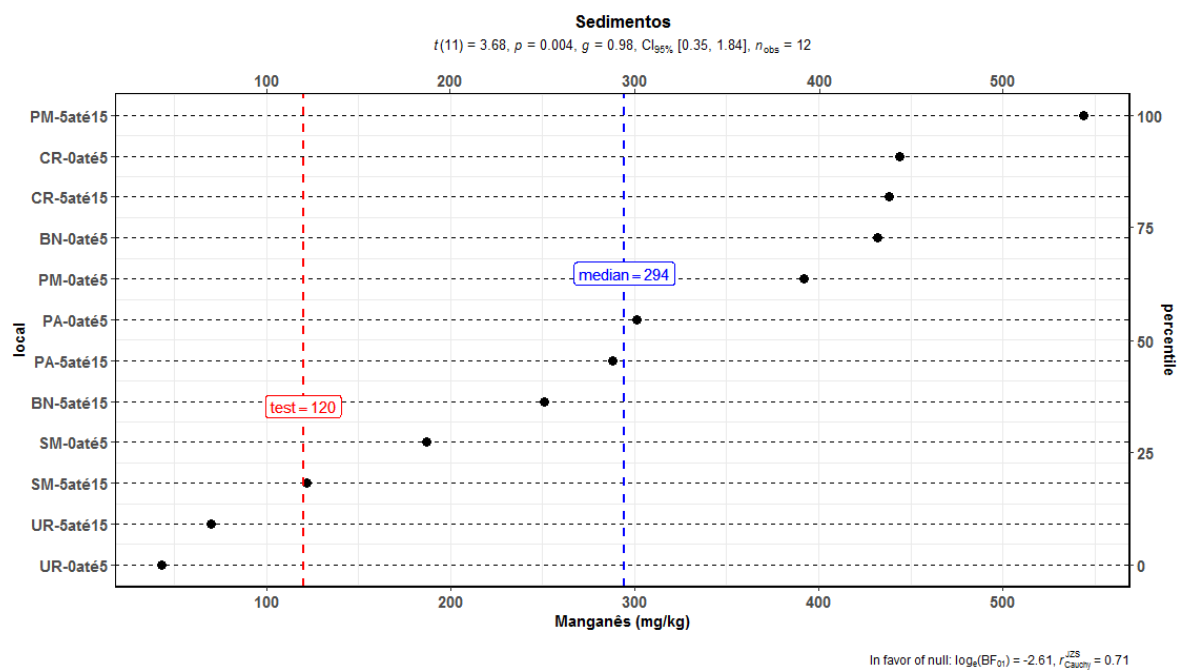
Apêndice 26: Teores máximos de Mn encontrados nos estuários estudados com relação ao bosque (Franja e Bacia). O limite de comparação é 120 mg kg⁻¹ segundo Vidal e Becker (2006).



Apêndice 27: Teores máximos de Mn encontrados nos estuários estudados com relação à margem (Esquerda e Direita). O limite de comparação é 120 mg kg⁻¹ segundo Vidal e Becker (2006).

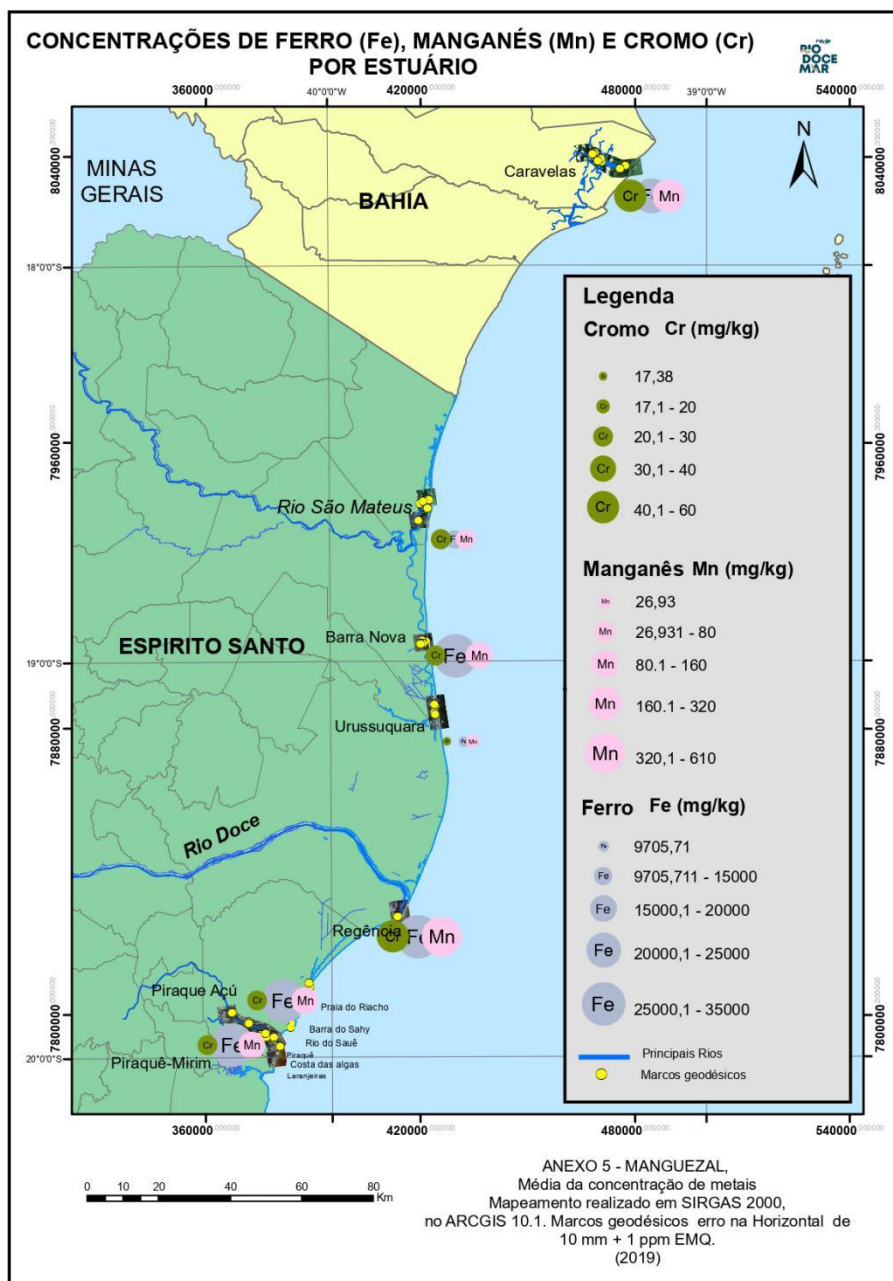


Apêndice 28: Teores máximos de Mn encontrados nos estuários estudados com relação à profundidade (0-5 e 5-15 cm). O limite de comparação é 120 mg kg⁻¹ segundo Vidal e Becker (2006).

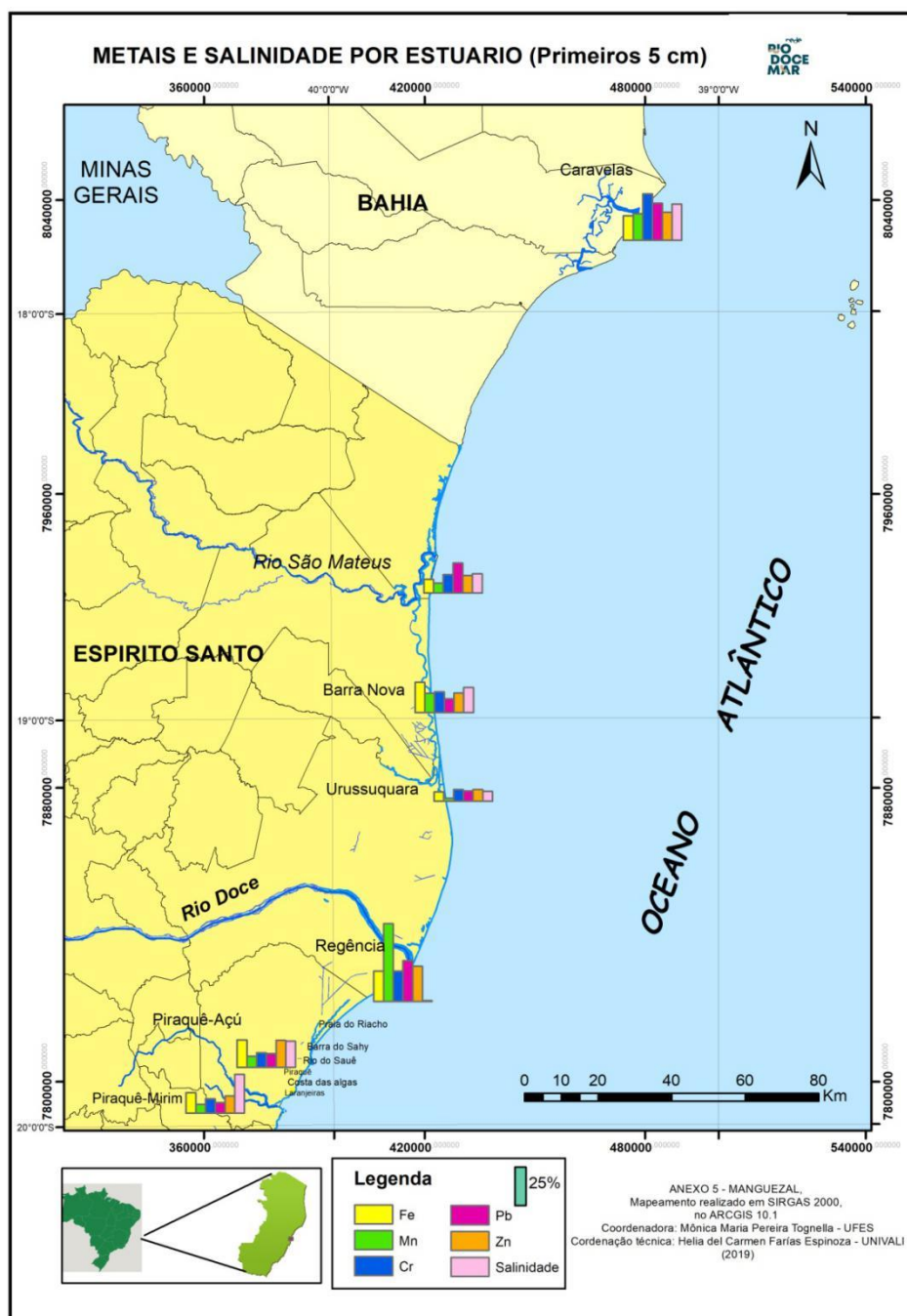


7.4 MAPA DE CONCENTRAÇÕES DE METAIS

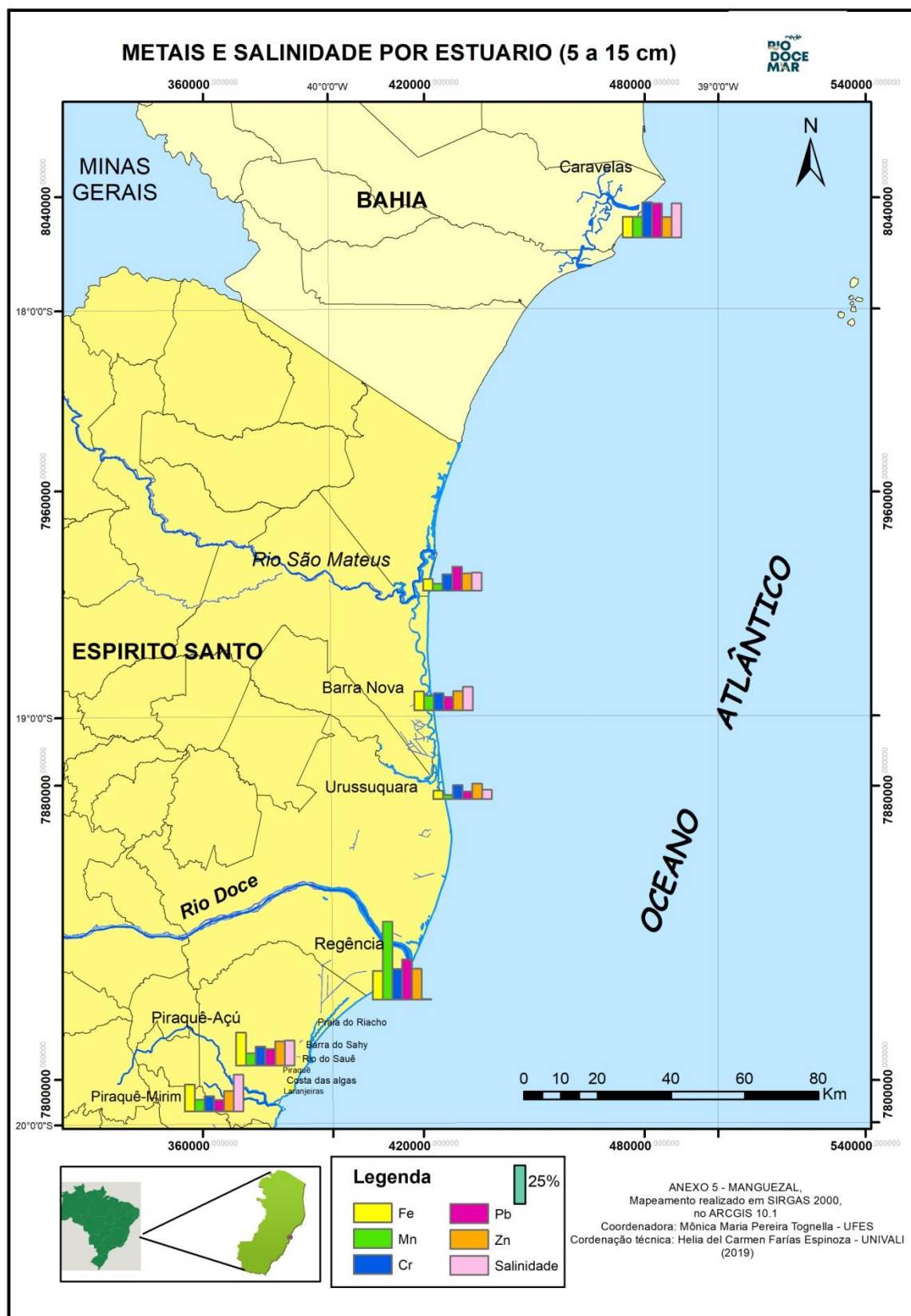
Apêndice 29: Mapa com concentrações de Ferro, Manganês e Cromo.



Apêndice 30: Mapa com concentrações de Ferro, Manganês e Cromo na profundidade de 5 centímetros.



Apêndice 31: Mapa com concentrações de Ferro, Manganês e Cromo na profundidade de 5 a 15 centímetros.



7.5 MARCOS GEODÉSICOS DE TODAS AS ESTAÇÕES

Apêndice 32: coordenadas das estações de coleta

Monitoramento x Campanha x Estação				Dados mapeamento				
Campanha	estação	Data	Chave	Coordenadas geográficas				
				Leste	Norte	Altitude Geométrica	Altitude Ortométrica	Mapas
						(m)	(m)	
5	PM1D	19/02/2019	5 PM1D 02-19-2019	376309,001	7793983,550	-6,413	1,167	ER
5	PM1E	21/02/2019	5 PM1E 02-21-2019	376851,296	7793635,166	-6,645	0,925	ER
5	PM2D	19/02/2019	5 PM2D 02-19-2019	375113,188	7794139,049	-6,646	0,944	ER
5	PM2E	21/02/2019	5 PM2E 02-21-2019	374873,117	7793893,999	-6,764	0,826	ER
5	PM3D	19/02/2019	5 PM3D 02-19-2019	370303,576	7795515,256	-6,626	0,960	ER
5	PM3E	21/02/2019	5 PM3E 02-21-2019	369873,087	7794581,661	-6,791	0,799	ER
1	PA1D	24/10/2018	1 PA1D 10-24-2018	378964,171	7793649,722	-6,774	0,806	ER
1	PA1E	24/10/2018	1 PA1E 10-24-2018	376704,956	7794601,552	E.A	E.A	ER
1	PA2D	24/10/2018	1 PA2D 10-24-2018	371962,893	7797909,237	E.A	E.A	ER
1	PA2E	24/10/2018	1 PA2E 10-24-2018	371960,886	7797439,948	E.A	E.A	ER
1	PA3D	24/10/2018	1 PA3D 10-24-2018	367431,823	7800737,523	E.A	E.A	ER
1	PA3E	25/10/2018	1 PA3E 10-25-2018	367374,904	7800513,826	E.A	E.A	ER
1	SM1D	29/10/2018	1 SM1D 10-29-2018	422207,420	7944177,711	-6,694	1,096	ER
1	SM3D	29/10/2018	1 SM3D 10-29-2018	419479,302	7938162,898	-6,785	1,005	ER
1	SM2E	29/10/2018	1 SM2E 10-29-2018	419908,380	7942990,533	-6,618	1,212	ER
1	SM BASE	29/10/2018	1 SM BASE 10-29-2018	422487,388	7944026,839	-5,894	1,896	ER
1	SM ABD	29/10/2018	1 SM ABD 10-29-2018	420613,184	7943500,875	-6,952	0,868	ER
1	SM LUCIA	29/10/2018	1 SM LUCIA 10-29-2018	421932,795	7941671,189	-5,791	1,989	ER
1	U1E	30/10/2018	1 U1E 10-30-2018	424170,551	7886357,160	-6,224	1,166	ER
1	U2D	30/10/2018	1 U2D 10-30-2018	423994,996	7884564,420	-6,185	1,185	ER
1	U3E	30/10/2018	1 U3E 10-30-2018	424098,488	7883910,200	-5,888	1,472	ER
1	BASE U	31/10/2018	1 BASE U 10-31-2018	423995,175	7886676,183	-0,54	6,860	ER
1	RD BASE	26/10/2018	1 RD BASE 10-26-2018	413358,444	7827618,981	-5,371	1,779	ER
1	RD ILHA	27/10/2018	1 RD ILHA 10-27-2018	413807,272	7827576,210	-6,352	0,788	ER
1	RD TAMAR	28/10/2018	1 RD TAMAR 10-28-2018	413687,116	7827397,475	-6,043	1,107	ER
8	BR1FD	20/05/2019	8 BR1FD 05-20-2019	389050,812	7806963,984	-6,529	1,001	ER
8	BR2FD	20/05/2019	8 BR2FD 05-20-2019	389038,260	7807718,381	-6,721	0,799	ER
8	BR3FD	20/05/2019	8 BR3FD 05-20-2019	388929,373	7808693,198	-6,682	0,838	ER
8	CA1	21/05/2019	8 CA1 05-21-2019	380784,897	7790949,327	-5,904	1,616	ER
8	CA2	21/05/2019	8 CA2 05-21-2019	383647,721	7796407,255	-5,663	1,877	ER
8	CA3	21/05/2019	8 CA3 05-21-2019	386865,381	7802182,392	-6,500	1,060	ER
8	CR3BD	23/05/2019	8 CR3BD 05-23-2019	468402,346	8041249,171	-5,992	2,128	ER
8	CR3FD	23/05/2019	8 CR3FD 05-23-2019	468700,060	8041031,732	-6,652	1,468	ER
8	CR2BD	24/05/2019	8 CR2BD 05-24-2019	469513,822	8038712,378	-6,298	1,812	ER
8	CR2FD	23/05/2019	8 CR2FD 05-23-2019	469513,822	8038712,378	-6,298	1,812	ER
8	CR1BD	24/05/2019	8 CR1BD 05-24-2019	477222,923	8037577,504	-6,454	1,576	ER
8	CR1FD	24/05/2019	8 CR1FD 05-24-2019	477222,923	8037577,504	-6,454	1,576	ER
8	CR3BE	23/05/2019	8 CR3BE 05-23-2019	468121,719	8040795,688	-7,308	0,812	ER
8	CR3FE	22/05/2019	8 CR3FE 05-22-2019	468158,445	8040695,817	-7,407	0,713	ER
8	CR2BE	22/05/2019	8 CR2BE 05-22-2019	470754,296	8038520,919	-6,336	1,764	ER
8	CR2FE	22/05/2019	8 CR2FE 05-22-2019	470383,546	8039410,773	-6,844	1,260	ER
8	CR1BE	22/05/2019	8 CR1BE 05-22-2019	475890,036	8036552,073	-6,301	1,739	ER
8	CR1FE	22/05/2019	8 CR1FE 05-22-2019	475904,449	8036593,386	-6,533	1,507	ER
8	BASE BN	26/05/2019	8 BASE BN 05-26-2019	421458,241	7904479,224	-5,290	2,290	ER
8	BN1BD	26/05/2019	8 BN1BD 05-26-2019	420738,542	7904733,843	-6,702	0,888	ER
8	BN1FD	26/05/2019	8 BN1FD 05-26-2019	420542,682	7904625,954	-5,480	2,120	ER
8	BN2BD	26/05/2019	8 BN2BD 05-26-2019	420809,675	7903823,958	-6,761	0,829	ER
8	BN2FD	26/05/2019	8 BN2FD 05-26-2019	420771,762	7903893,976	-6,603	0,987	ER
8	BN3FE	26/05/2019	8 BN3FE 05-26-2019	419853,352	7.903.770,773	-6,442	1,168	ER
8	BN3BE	26/05/2019	8 BN3BE 05-26-2019	419965,199	7.903.668,853	-6,600	1,010	ER

Apêndice 33: Coordenadas das estações de coleta.

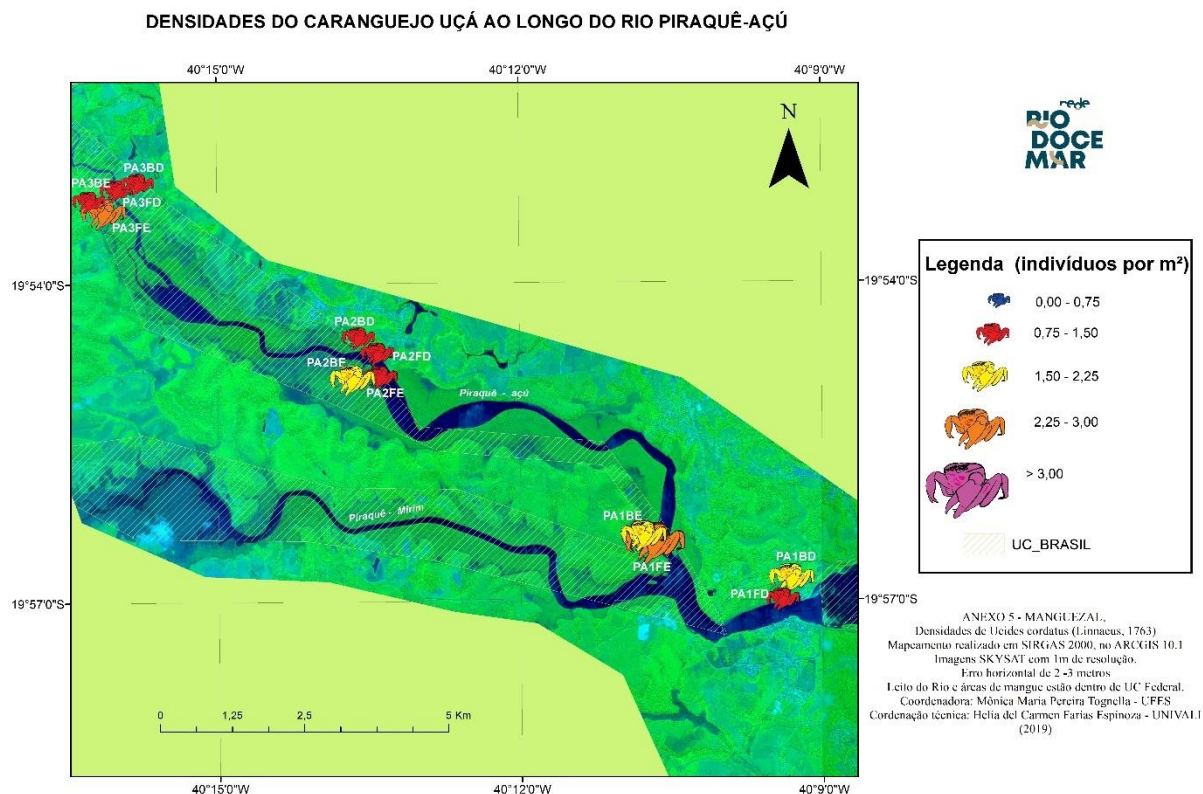
Nome da estação	Código da estação amostral	Localidade	Northing	Easting
Base - Estação Geodésica Aracruz	Base - Aracruz	Aracruz/Coqueiral	7794066	379636,9
Ponto 1 Piraquê-açú Bacia Margem direita	PA1BD	Piraquê-açú	7794009	379123
Ponto 1 Piraquê-açú Franja Margem direita	PA1FD	Piraquê-açú	7793620	378955,9
Ponto 2 Piraquê-açú Franja Margem direita	PA2FD	Piraquê-açú	7797882	371927,3
Ponto 2 Piraquê-açú Bacia Margem direita	PA2BD	Piraquê-açú	7797922	371939,1
Ponto 3 Piraquê-açú Franja Margem direita	PA3FD	Piraquê-açú	7800697	367390,6

Nome da estação	Código da estação amostral	Localidade	Northing	Easting
Ponto 1 Piraquê-açú Franja Margem esquerda	PA1FE	Piraquê-açú	7794590	376733,8
Ponto 2 Piraquê-açú Franja Margem esquerda	PA2FE	Piraquê-açú	7797466	371973,7
Ponto 3 Piraquê-açú Franja Margem esquerda	PA3FE	Piraquê-açú	7800496	367376,9
Ponto 1 Piraquê-mirim Franja Margem direita	PM1FD	Piraquê-mirim	7793950	376310,8
Ponto 1 Piraquê-mirim Bacia Margem direita	PM1BD	Piraquê-mirim	7793954	376196,7
Ponto 2 Piraquê-mirim Franja Margem direita	PM2FD	Piraquê-mirim	7794063	375069,9
Ponto 2 Piraquê-mirim Bacia Margem direita	PM2BD	Piraquê-mirim	7794135	375107,7
Ponto 3 Piraquê-mirim Franja Margem direita	PM3FD	Piraquê-mirim	7795452	370283
Ponto 3 Piraquê-mirim Bacia Margem direita	PM3BD	Piraquê-mirim	7795509	370301,9
Ponto 1 Piraquê-mirim Franja Margem esquerda	PM1FE	Piraquê-mirim	7793656	376823,2
Ponto 1 Piraquê-mirim Bacia Margem esquerda	PM1BE	Piraquê-mirim	7793634	376854,9
Ponto 2 Piraquê-mirim Franja Margem esquerda	PM2FE	Piraquê-mirim	7793895	374890
Ponto 2 Piraquê-mirim Bacia Margem esquerda	PM2BE	Piraquê-mirim	7793876	374870,5
Ponto 3 Piraquê-mirim Franja Margem esquerda	PM3FE	Piraquê-mirim	7794578	369824,1
Ponto 3 Piraquê-mirim Bacia Margem esquerda	PM3BE	Piraquê-mirim	7794577	369884,5
Ponto 1 Urussuquara Franja Margem esquerda	UR1FE	Urussuquara	7886365	424153,4
Ponto 2 Urussuquara Franja Margem direita	UR2FD	Urussuquara	7884562	423996
Ponto 3 Urussuquara Franja Margem esquerda	UR3FE	Urussuquara	7883903	424027,2
Ponto 3 Urussuquara Bacia Margem esquerda	UR3BE	Urussuquara	7883900	424082,8

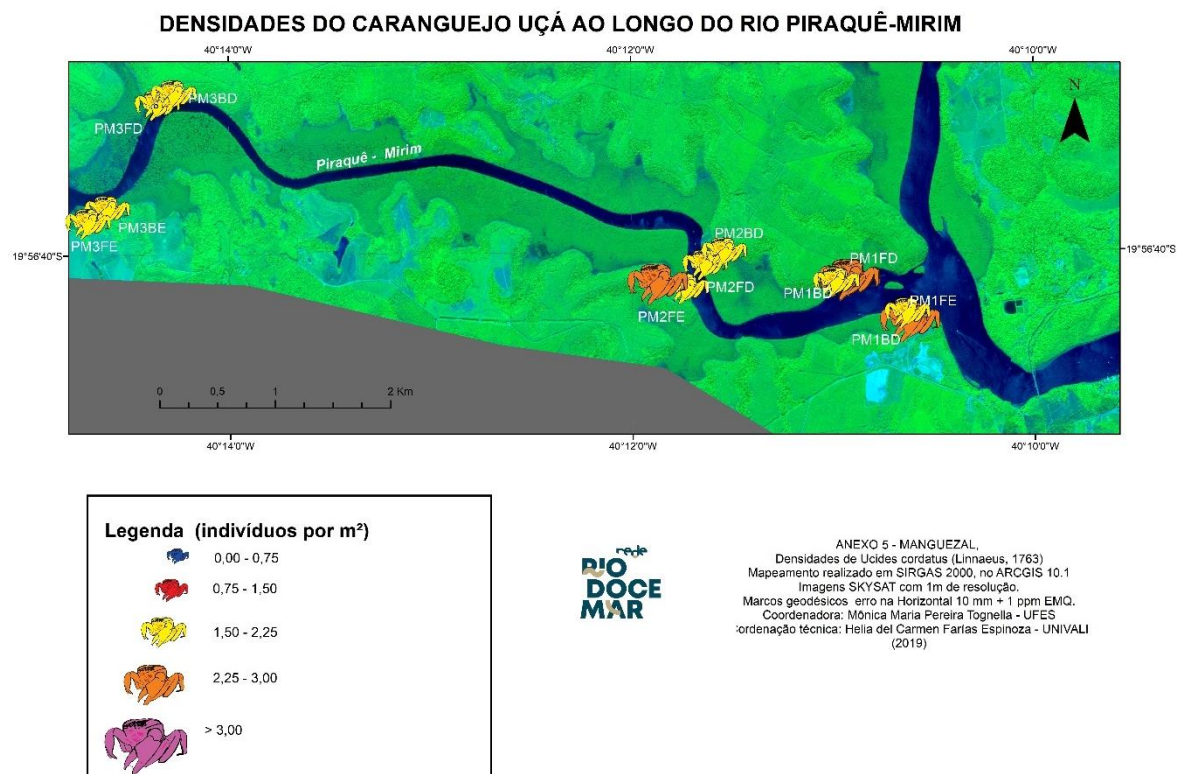
Nome da estação	Código da estação amostral	Localidade	Northing	Easting
Ponto 1 Barra Nova Franja Margem direita	BN1FD	Barra Nova	7904604	420531,8
Ponto 1 Barra Nova Bacia Margem direita	BN1BD	Barra Nova	7904737	420731,4
Ponto 2 Barra Nova Franja Margem esquerda	BN2FE	Barra Nova	7903817	420796,5
Ponto 2 Barra Nova Bacia Margem esquerda	BN2BE	Barra Nova	7903924	420754,4
Ponto 3 Barra Nova Franja Margem esquerda	BN3FE	Barra Nova	7903762	419860
Ponto 3 Barra Nova Bacia Margem esquerda	BN3BE	Barra Nova	7903662	419971,7
Ponto1 São Mateus Franja Margem direita	SM1FD	São Mateus	7944146	422207
Ponto 1 São Mateus Bacia Margem direita	SM1BD	São Mateus	7944256	422131,3
Ponto 3 São Mateus Franja Margem direita	SM3FD	São Mateus	7938156	419488,2
Ponto 3 São Mateus Bacia Margem direita	SM3BD	São Mateus	7938189	419460,9
Ponto 1 São Mateus franja Margem esquerda	SM1FE	São Mateus	7941621	421980,9
Ponto 2 São Mateus franja Margem esquerda	SM2FE	São Mateus	7942978	419929,6
Ponto 1 Caravelas franja Margem direita	CR1FD	Caravelas	8037514	477207,3
Ponto 2 Caravelas franja Margem direita	CR2FD	Caravelas	8038707	469473,7
Ponto 3 Caravelas franja Margem direita	CR3FD	Caravelas	8041016	468728
Ponto 3 Caravelas bacia Margem direita	CR3BD	Caravelas	8041251	468440,2
Ponto 1 Caravelas franja Margem direita	CR1FE	Caravelas	8036601	475823,5
Ponto 2 Caravelas franja Margem esquerda	CR2FE	Caravelas	8039375	470401,7
Ponto 2 Caravelas Bacia Margem esquerda	CR2BE	Caravelas	8038336	470482,2
Ponto 3 Caravelas franja Margem esquerda	CR3FE	Caravelas	8040698	468175,8

Nome da estação	Código da estação amostral	Localidade	Northing	Easting
Ponto 3 Caravelas Bacia Margem esquerda	CR3BE	Caravelas	8040891	468067,2
Ponto 1 Rio Doce Margem esquerda	RD1E	Regência	7827401	413694,1
Ponto 2 Rio Doce Margem direita	RD2D	Regência	7827583	413806,8
Ponto 3 Rio Doce Margem direita	RD3D	Regência	7828217	413553
Ponto 1 Barra do Riacho Franja Margem direita	BR1FD	Barra do Riacho	7806972	389035,5
Ponto 2 Barra do Riacho Franja Margem direita	BR2FD	Barra do Riacho	7807729	389045,8
Ponto 3 Barra do Riacho Franja Margem direita	BR3FD	Barra do Riacho	7808700	388908

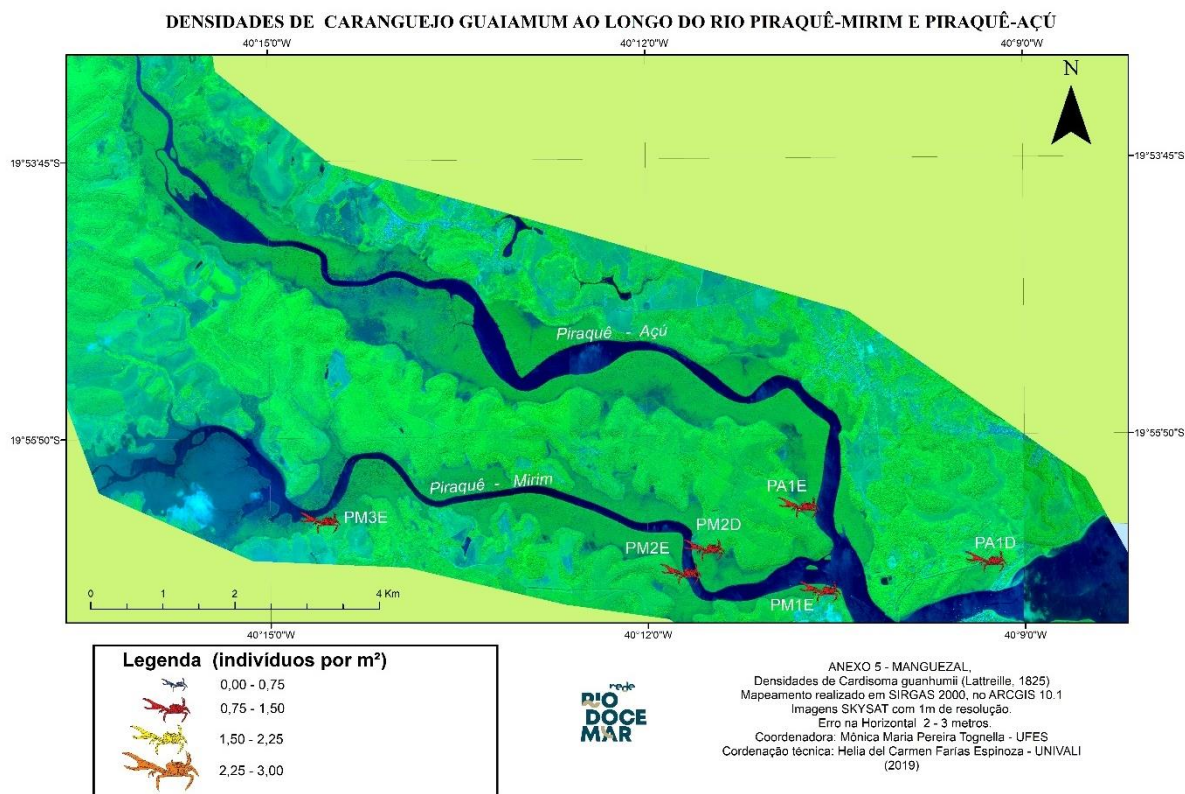
Apêndice 34: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá e caranguejo guaiamum para Piraquê Açú



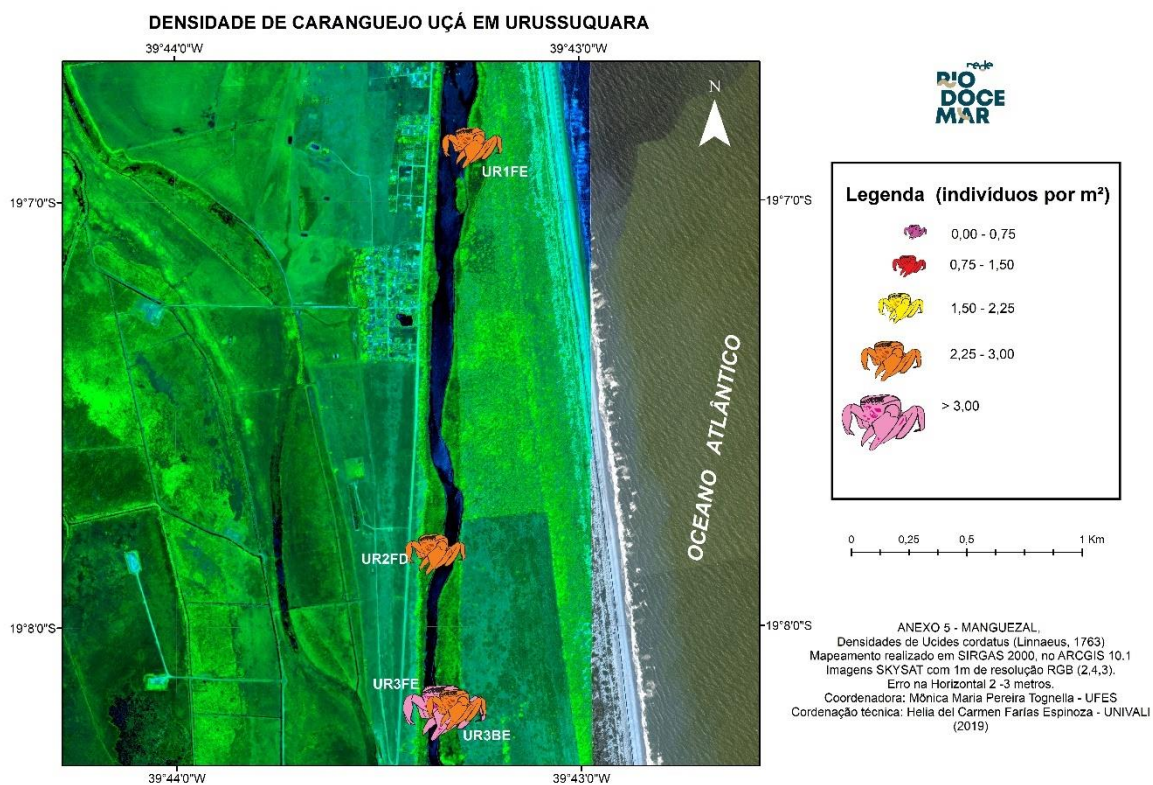
Apêndice 35: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá e caranguejo guaiamum para Piraquê-Mirim



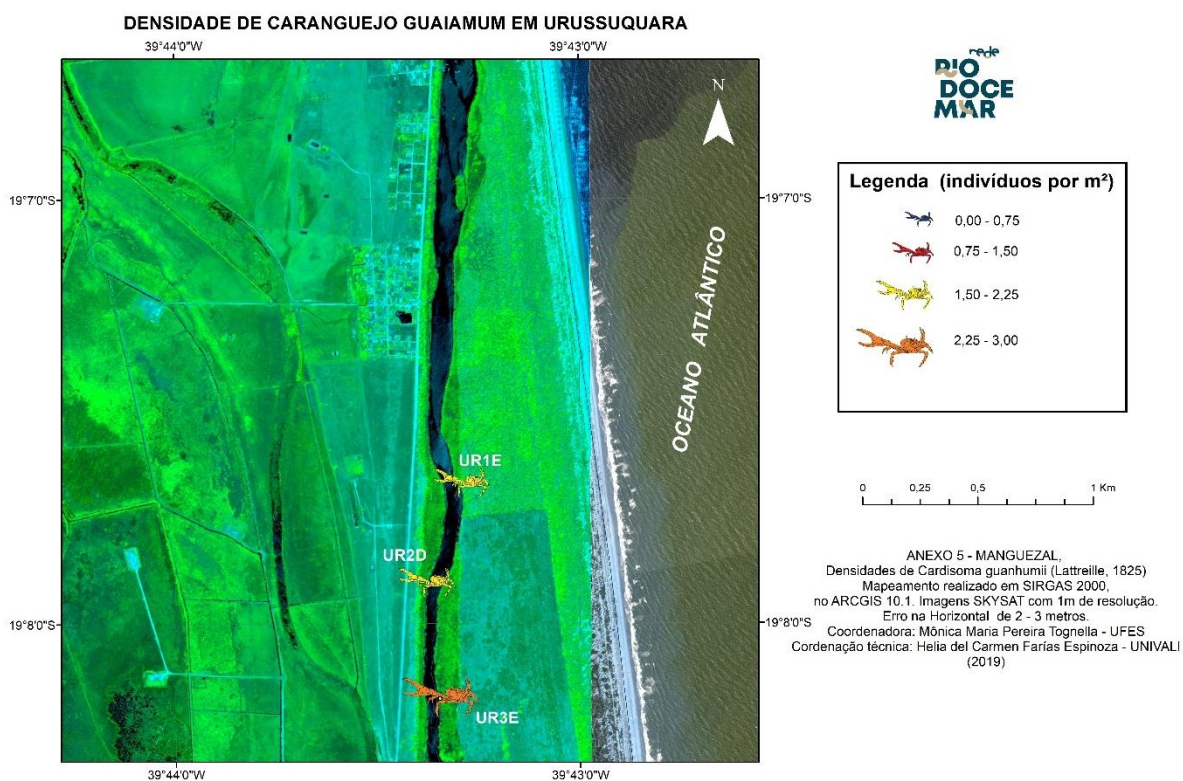
Apêndice 36: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá e caranguejo guaiamum para Piraquê - Açú e Mirim



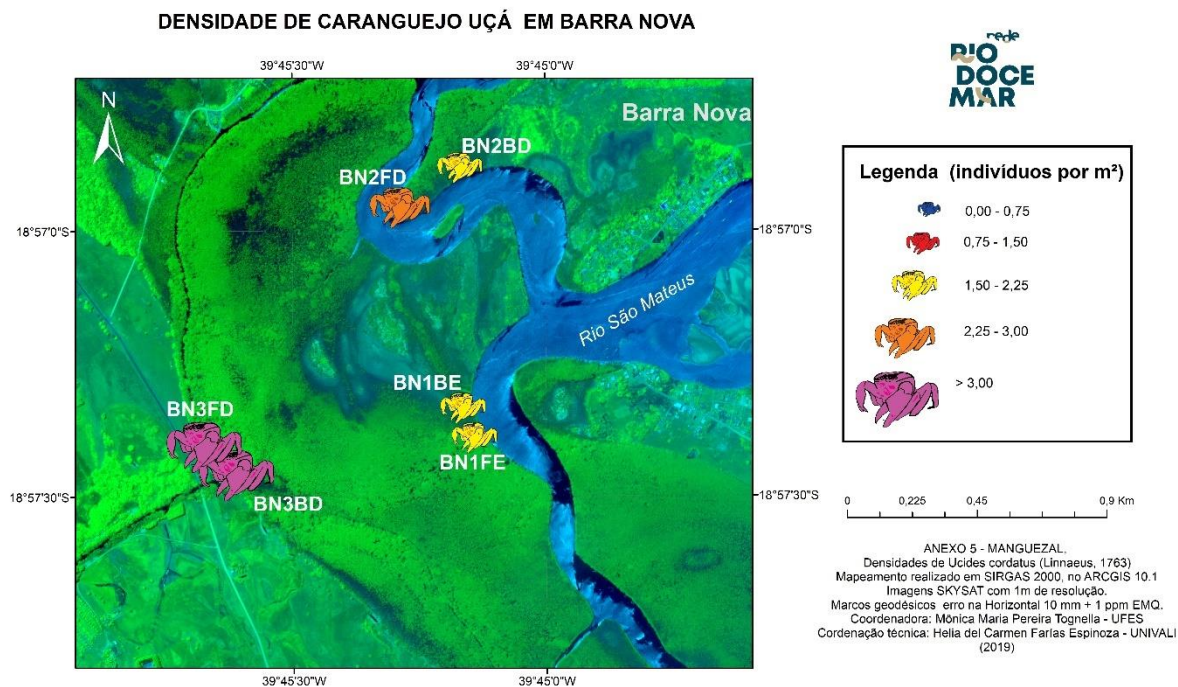
Apêndice 37: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá para Barra seca (Urussuquara).



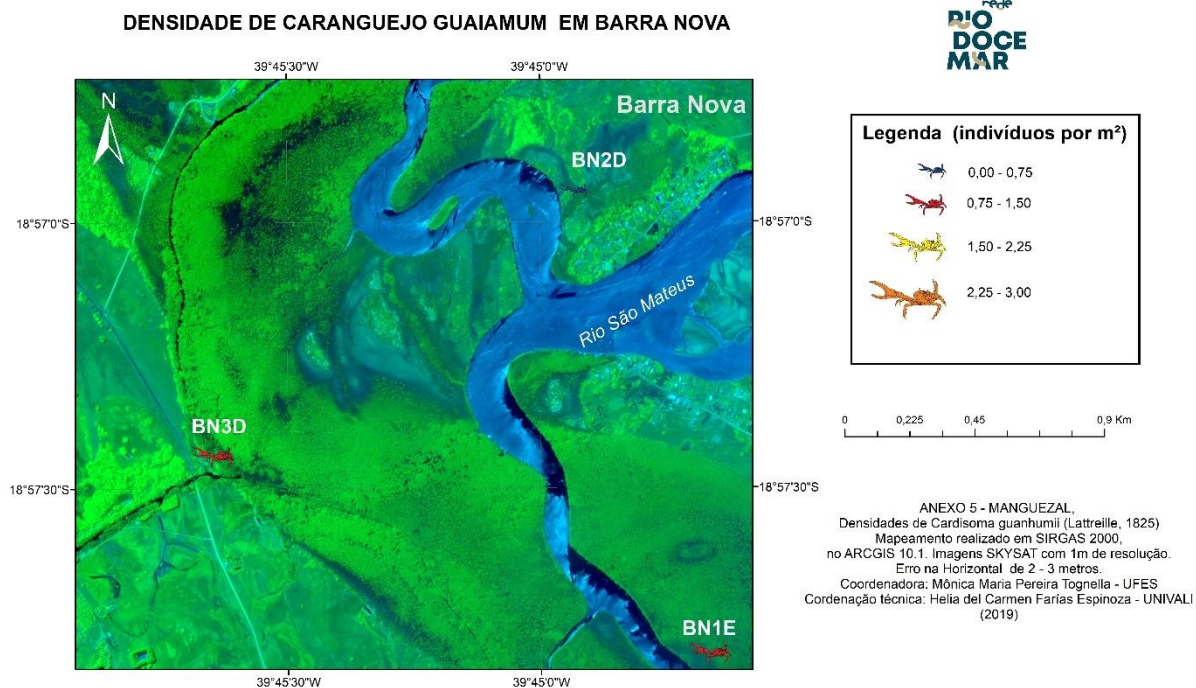
Apêndice 38: Mapeamento da densidade de caranguejo guaiamum para Barra seca (Urussuquara).



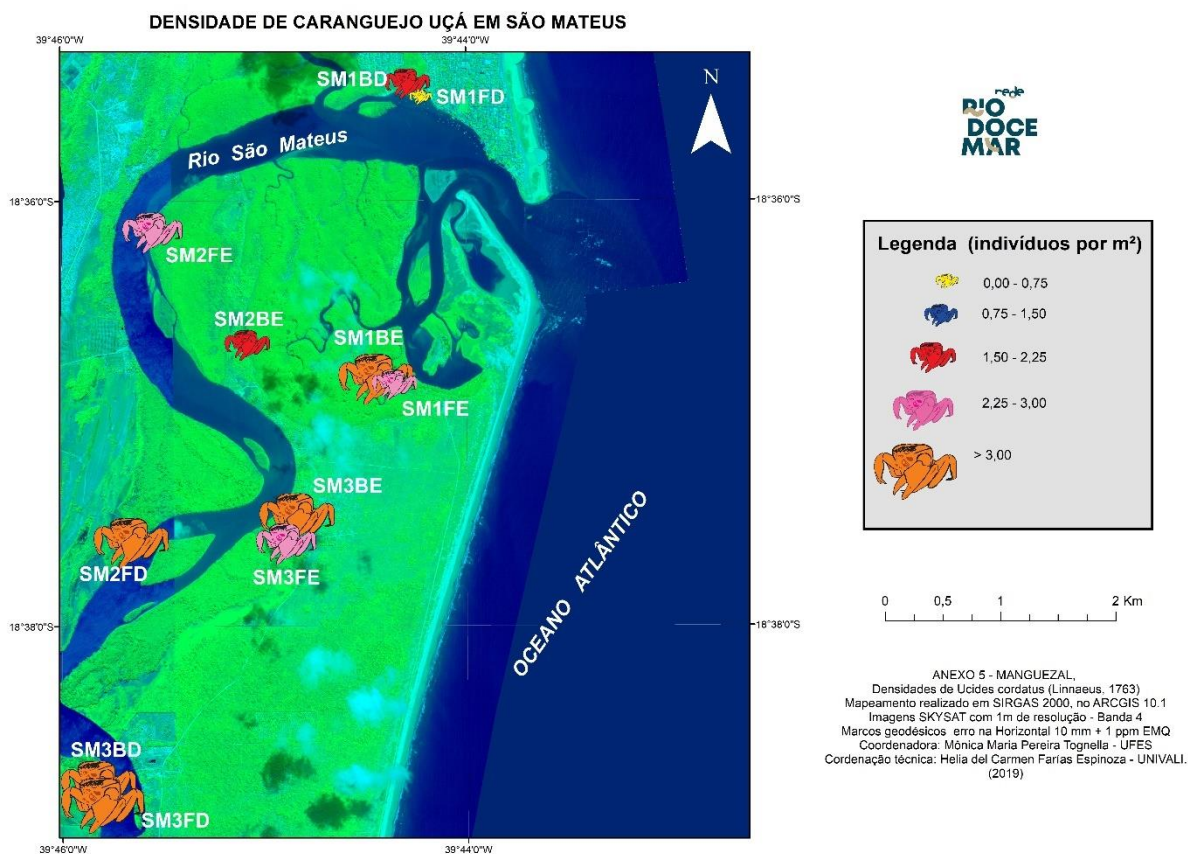
Apêndice 39: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá para Barra Nova.



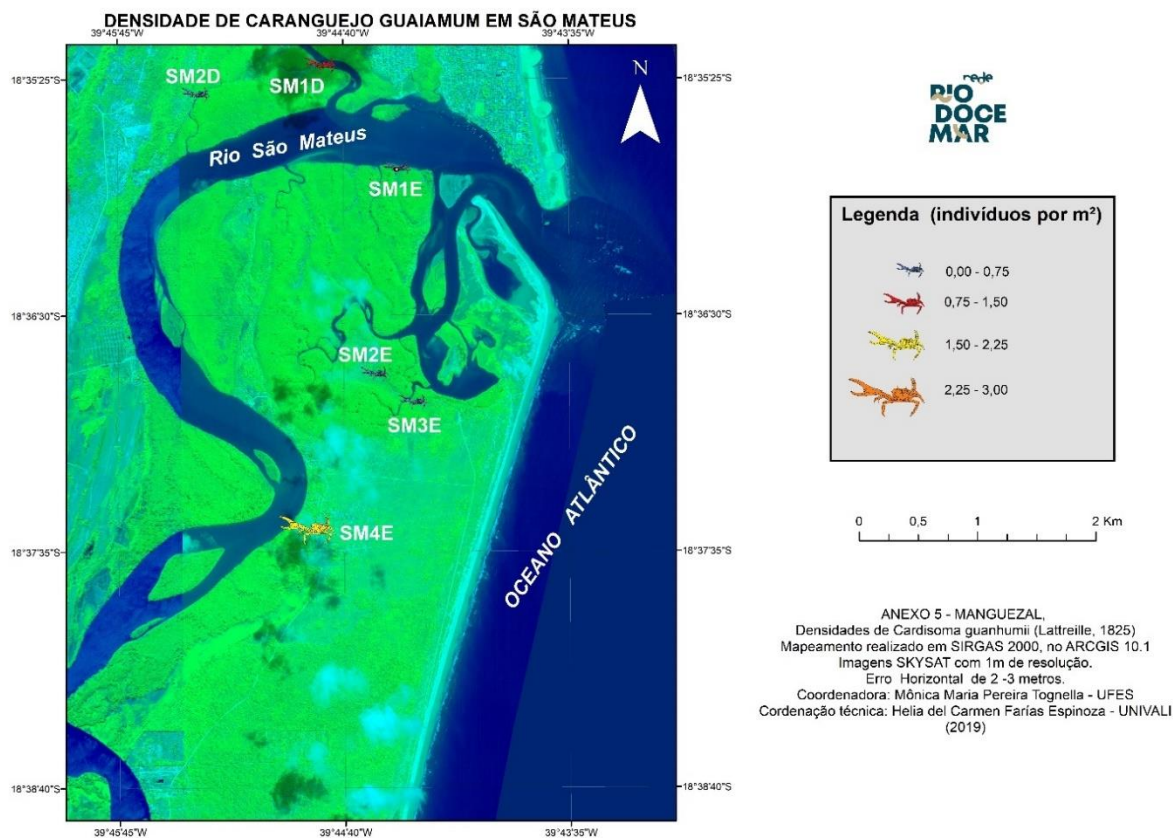
Apêndice 40: Mapeamento da densidade de caranguejo guaiamum para Barra Nova.



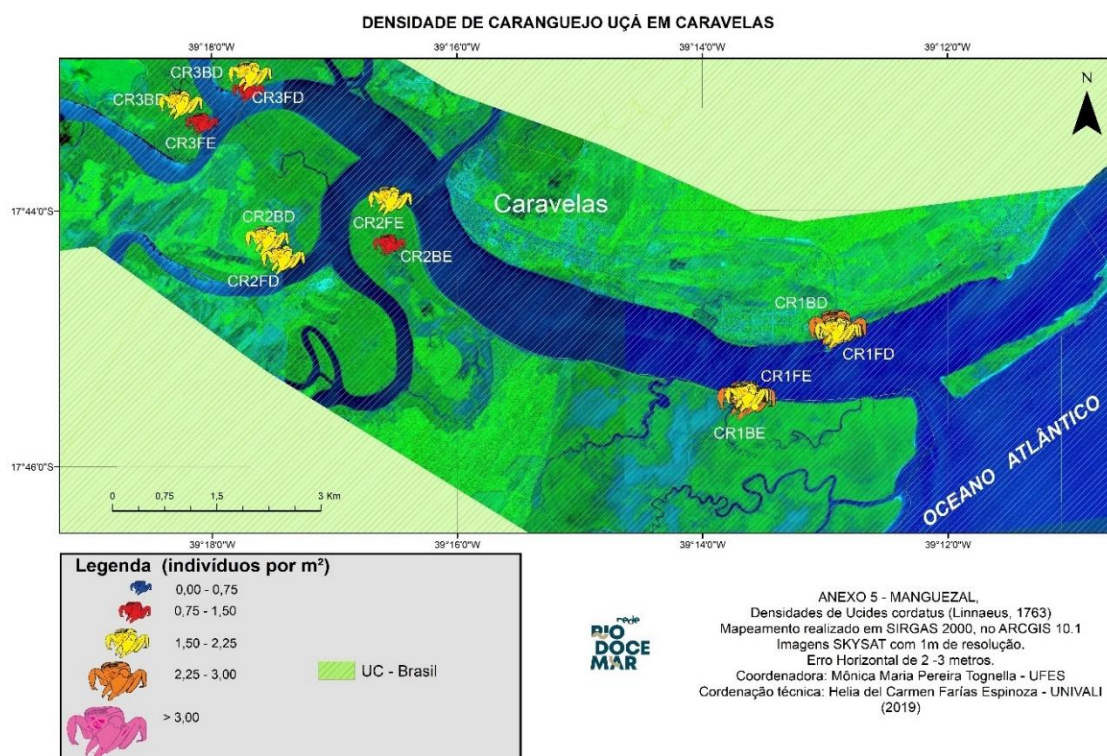
Apêndice 41: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá e caranguejo guaiamum para São Mateus.



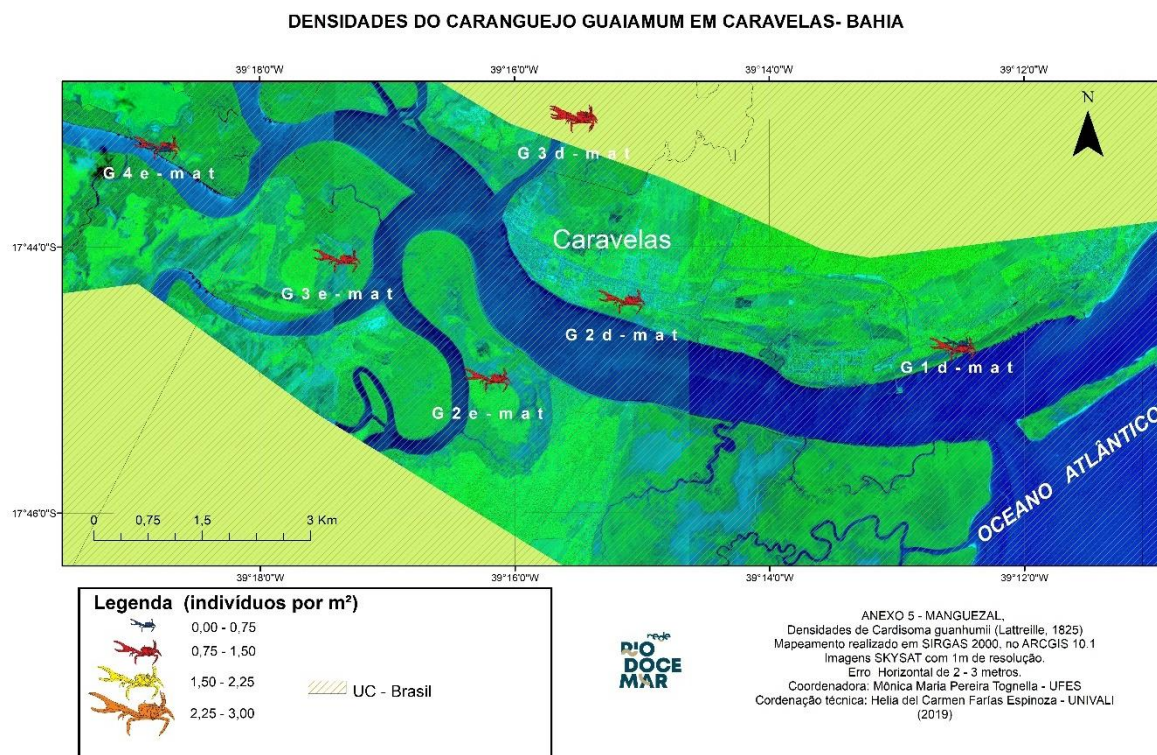
Apêndice 42: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá e caranguejo guaiamum para São Mateus.



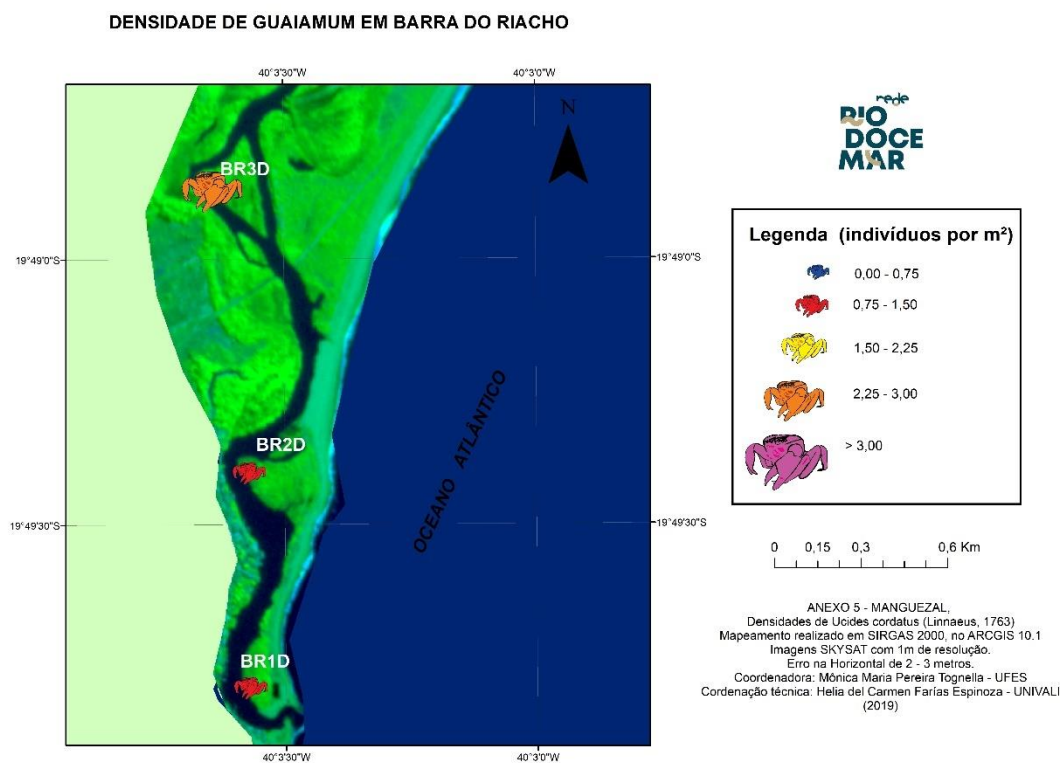
Apêndice 43: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá e Guaiamum para Caravelas (Bahia)



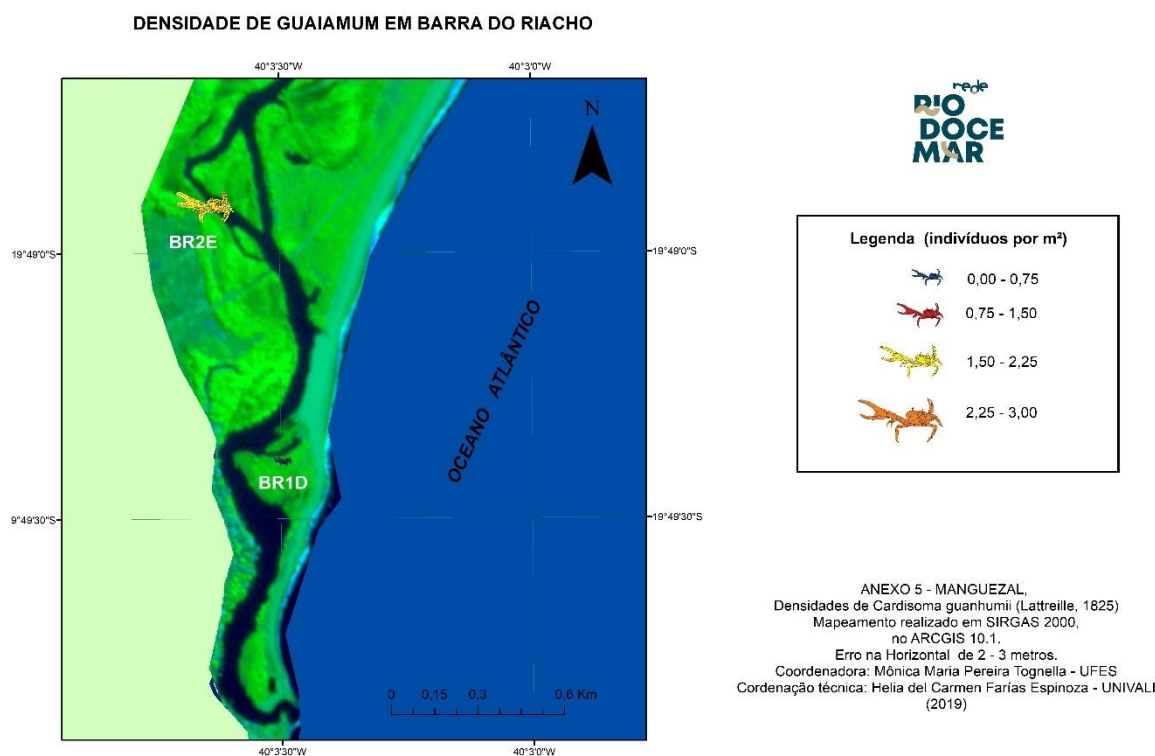
Apêndice 44: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá e Guaiaumum para Caravelas (Bahia)



Apêndice 45: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá e caranguejo guaiaumum para Barra do Riacho

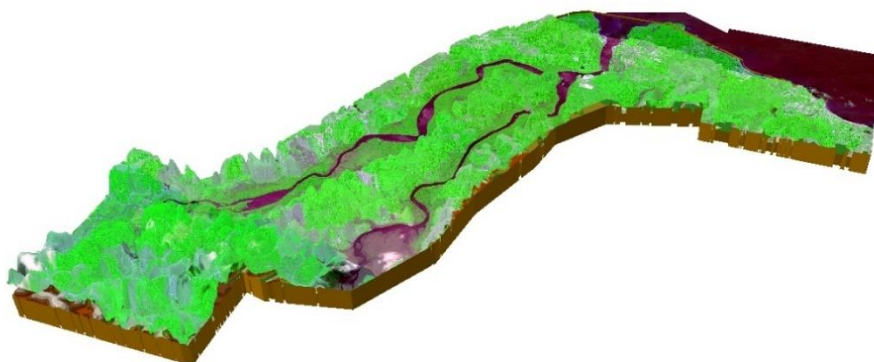


Apêndice 46: Mapeamento da densidade de caranguejo uçá e caranguejo guaiamum para Barra do Riacho

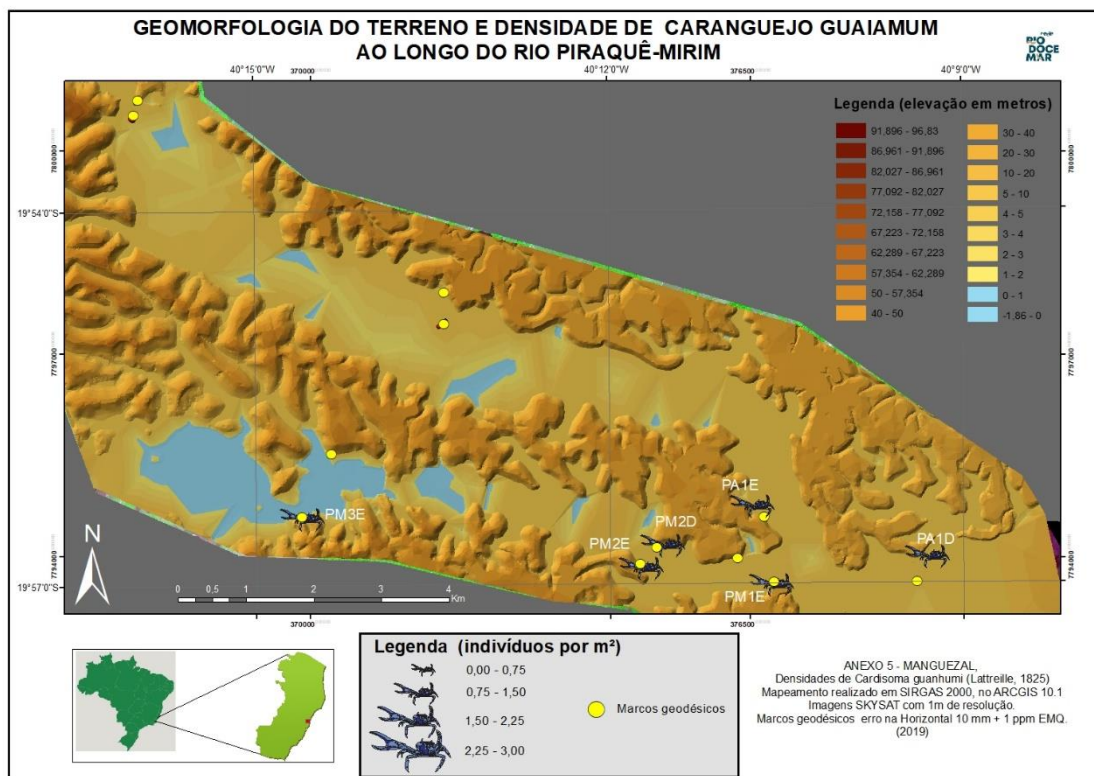


7.6 APÊNDICE 3 (OVERLAYS)

Apêndice 47



Apêndice 48



Apêndice 49: QUADRO DE DISTÂNCIAS RIO DOCE A CADA PONTO NOS DIFERENTES ESTUÁRIOS

	Conceição da Barra					
	P3MD	P3ME	P2MD	P2ME	P1MD	P1ME
Rio Doce	131,24	127,3	128,72	124,34	121,78	123,17
Margem Oposta	0,332	0,237	0,223	0,312	0,578	0,022
P3MD	0	3,94	2,52	6,9	9,46	12,27
P3ME	3,94	0	1,42	2,96	5,52	8,33
P2MD	2,52	1,42	0	4,38	6,94	9,75
P2ME	6,9	2,96	4,38	0	2,56	5,15
P1MD	9,46	5,52	6,94	2,56	0	2,81
P1ME	12,27	8,33	9,75	5,15	2,81	0
	Barra Nova					
	P3	P2	P1			
Rio Doce	87,68	84,56	85,4			
Margem Oposta	0,01	0,135	0,155			
P3	0	3,12	3,92			
P2	3,12	0	1,55			
P1	3,92	1,55	0			

	Piraquê-Açú					
	P3MD	P3ME	P2MD	P2ME	P1ME	P1MD
Rio Doce	69,216	68,978	62,86	62,36	54,86	51,61
Margem Oposta	0,056	0,045	0,203	0,214	0,255	0,31
P3MD	0	0,238	6,356	6,86	14,356	17,606
P3ME	0,238	0	6,056	6,452	12	15,12
P2MD	6,356	6,056	0	0,511	7,96	11,25
P2ME	6,86	6,452	0,511	0	7,61	10,75
P1ME	14,356	12	7,96	7,61	0	3,255
P1MD	17,606	15,12	11,25	10,75	3,255	0
	Piraquê-irim					
	P3ME	P3MD	P2MD	P2ME	P1MD	P1ME
Rio Doce	63,35	62,36	57,01	56,74	54,96	54,33
Margem Oposta	0,094	0,096	0,132	0,184	0,325	0,337
P3ME	0	0,99	6,34	6,54	8,35	8,93
P3MD	0,99	0	6,35	5,57	7,35	7,64
P2MD	6,34	6,35	0	0,267	2,049	2,42
P2ME	6,54	5,57	0,267	0	1,79	2,18
P1MD	8,35	7,35	2,049	1,79	0	0,59
P1ME	8,93	7,64	2,42	2,18	0,59	0

7.7 APENDICE – ANÁLISES ANTIRRADICALAR

Apêndice 50: Dados para o radical DPPH

Nº	Local		Espécie	IC50 (ug/mL) (ppm)				
				A	B	C	média	Desv pad
1	Piraquê Açú - 1FD - P1	1	Rh	10,905	11,545	13,130	11,860	1,145
2	Piraquê Açú - 1FD - P1	2	Rh	13,410	13,726	15,305	14,147	1,015
3	Piraquê Açú - 1FD - P1	3	Rh	13,074	13,400	15,028	13,834	1,047
4	Piraquê Açú - 1FD - P1	4	Rh	12,653	12,713	14,483	13,283	1,040
5	Piraquê Açú - 1FD - P1	5	Rh	13,718	14,655	15,565	14,646	0,924
6	Piraquê Açú - 1BD - P1	1	Rh	12,451	13,366	14,482	13,433	1,017
7	Piraquê Açú - 1BD - P1	2	Rh	15,733	16,670	17,403	16,602	0,837
8	Piraquê Açú - 1BD - P1	3	Rh	14,400	14,968	16,169	15,179	0,903
9	Piraquê Açú - 1BD - P1	4	Rh	19,077	20,971	20,936	20,328	1,084
10	Piraquê Açú - 1BD - P1	5	Rh	14,221	15,999	16,565	15,595	1,223
11	Piraquê Açú - 2FD - P2	1	Rh	18,718	19,441	20,107	19,422	0,695
12	Piraquê Açú - 2FD - P2	2	Rh	17,045	17,590	18,915	17,850	0,962
13	Piraquê Açú - 2FD - P2	3	Rh	13,727	14,692	16,086	14,835	1,186
14	Piraquê Açú - 2FD - P2	4	Rh	12,131	13,642	14,217	13,330	1,077
15	Piraquê Açú - 2FD - P2	5	Rh	11,347	12,892	13,273	12,504	1,020
16	Piraquê Açú - 2BD - P2	1	Rh	9,457	10,288	11,278	10,341	0,912
17	Piraquê Açú - 2BD - P2	2	Rh	21,173	21,255	23,080	21,836	1,078
18	Piraquê Açú - 2BD - P2	3	Rh	14,056	15,746	16,233	15,345	1,143
19	Piraquê Açú - 2BD - P2	4	Rh	15,426	16,933	17,363	16,574	1,017
20	Piraquê Açú - 2BD - P2	5	Rh	9,638	9,901	11,826	10,455	1,195
21	Piraquê Açú - 3FD - P3	1	Rh	18,967	19,693	20,437	19,699	0,735
22	Piraquê Açú - 3FD - P3	2	Rh	9,500	10,301	11,888	10,563	1,215
23	Piraquê Açú - 3FD - P3	3	Rh	10,365	11,282	11,743	11,130	0,701
24	Piraquê Açú - 3FD - P3	4	Rh	11,363	12,069	13,264	12,232	0,961
25	Piraquê Açú - 3FD - P3	5	Rh	13,437	14,704	16,070	14,737	1,317
26	Piraquê Açú - 3BD - P3	1	Rh	15,474	16,534	17,696	16,568	1,111
27	Piraquê Açú - 3BD - P3	2	Rh	20,009	20,306	21,986	20,767	1,066
28	Piraquê Açú - 3BD - P3	3	Rh	14,826	15,314	16,588	15,576	0,910
29	Piraquê Açú - 3BD - P3	4	Rh	13,289	14,581	15,714	14,528	1,213
30	Piraquê Açú - 3BD - P3	5	Rh	8,603	8,521	10,611	9,245	1,184
31	Piraquê Açú - 1FE - P1	1	Rh	15,090	16,395	17,628	16,371	1,269
32	Piraquê Açú - 1FE - P1	2	Rh	15,346	16,875	17,228	16,483	1,000
33	Piraquê Açú - 1FE - P1	3	Rh	13,882	14,649	15,218	14,583	0,670
34	Piraquê Açú - 1FE - P1	4	Rh	9,397	9,643	11,557	10,199	1,182
35	Piraquê Açú - 1FE - P1	5	Rh	12,111	12,084	14,145	12,780	1,182
36	Piraquê Açú - 1BE - P1	1	Rh	14,271	15,291	16,581	15,381	1,158
37	Piraquê Açú - 1BE - P1	2	Rh	12,866	12,908	14,738	13,504	1,069

Nº	Local		Espécie	IC50 (ug/mL) (ppm)				
				A	B	C	média	Desv pad
38	Piraquê Açú - 1BE - P1	3	Rh	16,409	17,183	18,458	17,350	1,035
39	Piraquê Açú - 1BE - P1	4	Rh	12,597	13,938	15,132	13,889	1,268
40	Piraquê Açú - 1BE - P1	5	Rh	28,213	28,350	30,299	28,954	1,167
41	Piraquê Açú - 2FE - P2	1	Rh	19,349	20,969	21,227	20,515	1,018
42	Piraquê Açú - 2FE - P2	2	Rh	12,367	14,203	14,287	13,619	1,085
43	Piraquê Açú - 2FE - P2	3	Rh	10,934	11,524	13,266	11,908	1,212
44	Piraquê Açú - 2FE - P2	4	Rh	9,348	11,039	11,557	10,648	1,155
45	Piraquê Açú - 2FE - P2	5	Rh	16,659	17,883	18,879	17,807	1,112
46	Piraquê Açú - 2BE - P2	1	Rh	17,470	19,550	19,575	18,865	1,208
47	Piraquê Açú - 2BE - P2	2	Rh	13,609	14,885	15,312	14,602	0,886
48	Piraquê Açú - 2BE - P2	3	Rh	15,542	16,573	17,901	16,672	1,183
49	Piraquê Açú - 2BE - P2	4	Rh	12,892	13,363	15,109	13,788	1,168
50	Piraquê Açú - 2BE - P2	5	Rh	12,935	13,781	14,768	13,828	0,917
51	Piraquê Açú - 3FE - P3	1	Rh	19,711	21,031	21,361	20,701	0,873
52	Piraquê Açú - 3FE - P3	2	Rh	15,037	15,785	16,779	15,867	0,874
53	Piraquê Açú - 3FE - P3	3	Rh	14,147	14,998	16,137	15,094	0,998
54	Piraquê Açú - 3FE - P3	4	Rh	11,099	11,951	13,238	12,096	1,077
55	Piraquê Açú - 3FE - P3	5	Rh	18,163	18,853	19,687	18,901	0,763
56	Piraquê Açú - 3BE - P3	1	Rh	8,225	9,575	10,508	9,436	1,148
57	Piraquê Açú - 3BE - P3	2	Rh	15,746	16,857	17,947	16,850	1,101
58	Piraquê Açú - 3BE - P3	3	Rh	13,682	15,184	16,290	15,052	1,309
59	Piraquê Açú - 3BE - P3	4	Rh	14,237	15,054	15,949	15,080	0,856
60	Piraquê Açú - 3BE - P3	5	Rh	9,091	10,496	11,760	10,449	1,335
61	Piraquê Mirim - 1FD - P1	1	Rh	11,728	13,285	13,951	12,988	1,141
62	Piraquê Mirim - 1FD - P1	2	Rh	11,480	12,957	13,669	12,702	1,117
63	Piraquê Mirim - 1FD - P1	3	Rh	10,303	10,883	12,042	11,076	0,885
64	Piraquê Mirim - 1FD - P1	4	Rh	10,197	12,080	12,514	11,597	1,232
65	Piraquê Mirim - 1FD - P1	5	Rh	11,423	12,953	13,739	12,705	1,178
66	Piraquê Mirim - 1BD - P1	1	Rh	12,516	12,939	14,112	13,189	0,827
67	Piraquê Mirim - 1BD - P1	2	Rh	13,177	13,363	15,169	13,903	1,100
68	Piraquê Mirim - 1BD - P1	3	Rh	18,652	19,831	20,605	19,696	0,983
69	Piraquê Mirim - 1BD - P1	4	Rh	14,516	15,847	17,262	15,875	1,373
70	Piraquê Mirim - 1BD - P1	5	Rh	9,652	11,105	11,571	10,776	1,001
71	Piraquê Mirim - 2FD - P2	1	Rh	10,850	11,847	12,682	11,793	0,917
72	Piraquê Mirim - 2FD - P2	2	Rh	9,346	10,914	11,585	10,615	1,149
73	Piraquê Mirim - 2FD - P2	3	Rh	16,031	16,933	18,186	17,050	1,082
74	Piraquê Mirim - 2FD - P2	4	Rh	11,886	13,547	14,374	13,269	1,267
75	Piraquê Mirim - 2FD - P2	5	Rh	13,772	15,230	16,001	15,001	1,132
76	Piraquê Mirim - 2BD - P2	1	Rh	13,812	15,407	15,880	15,033	1,084

Nº	Local		Espécie	IC50 (ug/mL) (ppm)				
				A	B	C	média	Desv pad
77	Piraquê Mirim - 2BD - P2	2	Rh	15,698	16,061	17,816	16,525	1,133
78	Piraquê Mirim - 2BD - P2	3	Rh	13,769	15,643	16,050	15,154	1,217
79	Piraquê Mirim - 2BD - P2	4	Rh	19,945	21,847	22,183	21,325	1,207
80	Piraquê Mirim - 2BD - P2	5	Rh	10,884	12,319	13,226	12,143	1,181
81	Piraquê Mirim - 3FD - P3	1	Rh	14,129	15,146	16,070	15,115	0,971
82	Piraquê Mirim - 3FD - P3	2	Rh	8,895	9,676	10,706	9,759	0,908
83	Piraquê Mirim - 3FD - P3	3	Rh	10,233	11,919	12,330	11,494	1,111
84	Piraquê Mirim - 3FD - P3	4	Rh	12,077	12,552	14,071	12,900	1,042
85	Piraquê Mirim - 3FD - P3	5	Rh	12,700	13,286	14,136	13,374	0,722
86	Piraquê Mirim - 3BD - P3	1	Rh	10,890	12,410	12,799	12,033	1,009
87	Piraquê Mirim - 3BD - P3	2	Rh	15,487	16,523	17,892	16,634	1,206
88	Piraquê Mirim - 3BD - P3	3	Rh	14,121	15,592	16,733	15,482	1,309
89	Piraquê Mirim - 3BD - P3	4	Rh	14,283	15,490	15,953	15,242	0,862
90	Piraquê Mirim - 3BD - P3	5	Rh	12,201	13,250	14,038	13,163	0,922
91	Piraquê Mirim - 1FE - P1	1	Rh	8,669	9,470	11,105	9,748	1,242
92	Piraquê Mirim - 1FE - P1	2	Rh	10,057	10,258	12,124	10,813	1,140
93	Piraquê Mirim - 1FE - P1	3	Rh	9,877	9,934	11,698	10,503	1,035
94	Piraquê Mirim - 1FE - P1	4	Rh	11,809	12,378	13,925	12,704	1,095
95	Piraquê Mirim - 1FE - P1	5	Rh	12,307	12,861	14,348	13,172	1,055
96	Piraquê Mirim - 1BE - P1	1	Rh	14,512	15,000	16,052	15,188	0,787
97	Piraquê Mirim - 1BE - P1	2	Rh	12,555	13,712	14,194	13,487	0,842
98	Piraquê Mirim - 1BE - P1	3	Rh	17,884	19,027	20,431	19,114	1,276
99	Piraquê Mirim - 1BE - P1	4	Rh	20,787	20,783	22,675	21,415	1,091
100	Piraquê Mirim - 1BE - P1	5	Rh	9,926	10,398	12,142	10,822	1,167
101	Piraquê Mirim - 2FE - P2	1	Rh	9,989	11,332	11,997	11,106	1,023
102	Piraquê Mirim - 2FE - P2	2	Rh	14,082	15,088	15,515	14,895	0,736
103	Piraquê Mirim - 2FE - P2	3	Rh	10,096	10,765	11,983	10,948	0,957
104	Piraquê Mirim - 2FE - P2	4	Rh	10,688	12,330	12,487	11,835	0,996
105	Piraquê Mirim - 2FE - P2	5	Rh	14,834	16,262	17,468	16,188	1,319
106	Piraquê Mirim - 2BE - P2	1	Rh	25,829	27,543	28,129	27,167	1,195
107	Piraquê Mirim - 2BE - P2	2	Rh	18,194	19,776	20,242	19,404	1,073
108	Piraquê Mirim - 2BE - P2	3	Rh	31,592	32,987	34,016	32,865	1,217
109	Piraquê Mirim - 2BE - P2	4	Rh	13,825	14,150	15,429	14,468	0,848
110	Piraquê Mirim - 2BE - P2	5	Rh	12,659	14,365	14,544	13,856	1,040
111	Piraquê Mirim - 3FE - P3	1	Rh	11,566	11,851	13,432	12,283	1,005
112	Piraquê Mirim - 3FE - P3	2	Rh	10,312	11,895	12,869	11,692	1,291
113	Piraquê Mirim - 3FE - P3	3	Rh	8,039	8,772	10,417	9,076	1,218
114	Piraquê Mirim - 3FE - P3	4	Rh	9,896	12,002	11,912	11,270	1,191
115	Piraquê Mirim - 3FE - P3	5	Rh	15,428	16,582	16,947	16,319	0,793
116	Piraquê Mirim - 3BE - P3	1	Lg	13,028	13,730	15,221	13,993	1,120

Nº	Local		Espécie	IC50 (ug/mL) (ppm)				
				A	B	C	média	Desv pad
117	Piraquê Mirim - 3BE - P3	2	Lg	6,140	6,781	7,593	6,838	0,728
118	Piraquê Mirim - 3BE - P3	3	Lg	6,025	7,189	8,146	7,120	1,062
119	Piraquê Mirim - 3BE - P3	4	Lg	11,508	12,169	12,884	12,187	0,688
120	Piraquê Mirim - 3BE - P3	5	Lg	7,328	7,517	9,515	8,120	1,212
121	Urussuquara - 1FE - P1	1	Rh	18,673	19,373	21,009	19,685	1,199
122	Urussuquara - 1FE - P1	2	Rh	15,181	16,894	17,278	16,451	1,116
123	Urussuquara - 1FE - P1	3	Rh	13,390	14,645	15,114	14,383	0,891
124	Urussuquara - 1FE - P1	4	Rh	10,426	11,480	12,921	11,609	1,252
125	Urussuquara - 1FE - P1	5	Rh	8,146	9,577	10,510	9,411	1,191
126	Urussuquara - 2FD - P2	1	Lg	10,146	11,086	12,011	11,081	0,933
127	Urussuquara - 2FD - P2	2	Lg	10,129	11,614	12,268	11,337	1,096
128	Urussuquara - 2FD - P2	3	Lg	7,886	9,461	10,307	9,218	1,229
129	Urussuquara - 2FD - P2	4	Lg	10,660	11,319	12,131	11,370	0,737
130	Urussuquara - 2FD - P2	5	Lg	9,574	10,305	11,801	10,560	1,135
131	Urussuquara - 3FE - P3	1	Lg	9,924	11,340	12,441	11,235	1,262
132	Urussuquara - 3FE - P3	2	Lg	14,064	14,337	15,663	14,688	0,855
133	Urussuquara - 3FE - P3	3	Lg	7,098	8,843	9,334	8,425	1,175
134	Urussuquara - 3FE - P3	4	Lg	7,617	8,763	10,077	8,819	1,231
135	Urussuquara - 3FE - P3	5	Lg	10,011	12,044	12,160	11,405	1,209
136	Urussuquara - 3BE - P3	1	Lg	8,050	8,729	10,155	8,978	1,074
137	Urussuquara - 3BE - P3	2	Lg	13,320	14,366	15,700	14,462	1,193
138	Urussuquara - 3BE - P3	3	Lg	8,652	9,485	10,600	9,579	0,977
139	Urussuquara - 3BE - P3	4	Lg	8,008	8,205	9,761	8,658	0,960
140	Urussuquara - 3BE - P3	5	Lg	5,240	6,000	6,871	6,037	0,816
141	Barra do Riacho - 1FD - P1	1	Rh	23,355	23,839	24,749	23,981	0,708
142	Barra do Riacho - 1FD - P1	2	Rh	18,860	20,804	20,882	20,182	1,146
143	Barra do Riacho - 1FD - P1	3	Rh	27,770	28,801	30,378	28,983	1,313
144	Barra do Riacho - 1FD - P1	4	Rh	14,203	14,505	16,319	15,009	1,144
145	Barra do Riacho - 1FD - P1	5	Rh	18,949	20,243	21,333	20,175	1,193
146	Barra do Riacho - 2FD - P2	1	Rh	14,333	15,031	16,008	15,124	0,841
147	Barra do Riacho - 2FD - P2	2	Rh	17,237	17,893	19,290	18,140	1,049
148	Barra do Riacho - 2FD - P2	3	Rh	12,661	13,467	14,603	13,577	0,976
149	Barra do Riacho - 2FD - P2	4	Rh	23,989	24,034	26,080	24,701	1,194
150	Barra do Riacho - 2FD - P2	5	Rh	21,765	21,991	23,924	22,560	1,187
151	Barra do Riacho - 3FD - P3	1	Rh	20,055	21,771	21,849	21,225	1,014
152	Barra do Riacho - 3FD - P3	2	Rh	23,282	23,994	25,516	24,264	1,141
153	Barra do Riacho - 3FD - P3	3	Rh	17,463	18,598	19,178	18,413	0,872
154	Barra do Riacho - 3FD - P3	4	Rh	19,839	21,705	21,909	21,151	1,141

Nº	Local		Espécie	IC50 (ug/mL) (ppm)				
				A	B	C	média	Desv pad
155	Barra do Riacho - 3FD - P3	5	Rh	26,276	26,888	27,881	27,015	0,810
156	Rio Doce - 1FD - P1	1	Tp	13,171	14,782	15,010	14,321	1,002
157	Rio Doce - 1FD - P1	2	Tp	15,718	16,428	18,155	16,767	1,253
158	Rio Doce - 1FD - P1	3	Tp	19,683	21,261	21,936	20,960	1,156
159	Rio Doce - 1FD - P1	4	Tp	19,903	21,306	22,598	21,269	1,348
160	Rio Doce - 1FD - P1	5	Tp	13,708	15,592	15,847	15,049	1,168
161	Rio Doce - 2FE - P2	1	Tp	20,900	22,086	23,038	22,008	1,071
162	Rio Doce - 2FE - P2	2	Tp	14,535	15,188	16,645	15,456	1,080
163	Rio Doce - 2FE - P2	3	Tp	20,281	20,555	21,837	20,891	0,831
164	Rio Doce - 2FE - P2	4	Tp	12,732	14,579	14,767	14,026	1,125
165	Rio Doce - 2FE - P2	5	Tp	24,750	25,669	27,110	25,843	1,190
166	Rio Doce - 3FE - P3	1	Tp	14,748	16,850	16,801	16,133	1,200
167	Rio Doce - 3FE - P3	2	Tp	11,560	11,907	13,649	12,372	1,119
168	Rio Doce - 3FE - P3	3	Tp	18,933	20,521	21,311	20,255	1,211
169	Rio Doce - 3FE - P3	4	Tp	12,615	13,990	15,029	13,878	1,211
170	Rio Doce - 3FE - P3	5	Tp	10,840	11,069	12,489	11,466	0,893
171	C. das Algas - Praia - P1	1	Av	59,448	61,159	61,448	60,685	1,081
172	C. das Algas - Praia - P1	2	Av	70,740	72,670	72,680	72,030	1,117
173	C. das Algas - Praia - P1	3	Av	50,778	50,980	52,817	51,525	1,123
174	C. das Algas - Praia - P1	4	Av	69,708	69,940	71,831	70,493	1,165
175	C. das Algas - Praia - P1	5	Av	47,798	48,439	50,103	48,780	1,190
176	C. das Algas - Sauê - P3	1	Rh	7,502	9,171	9,310	8,661	1,006
177	C. das Algas - Sauê - P3	2	Rh	8,035	8,927	10,413	9,125	1,201
178	C. das Algas - Sauê - P3	3	Rh	7,705	9,560	9,579	8,948	1,077
179	C. das Algas - Sauê - P3	4	Rh	6,832	7,863	8,810	7,835	0,989
180	C. das Algas - Sauê - P3	5	Rh	5,025	6,498	7,191	6,238	1,106
181	C. das Algas - Sahy - P2	1	Rh	53,429	54,691	56,055	54,725	1,313
182	C. das Algas - Sahy - P2	2	Rh	68,543	69,345	70,507	69,465	0,987
183	C. das Algas - Sahy - P2	3	Rh	47,093	48,051	49,369	48,171	1,143
184	C. das Algas - Sahy - P2	4	Rh	69,170	69,948	71,626	70,248	1,255
185	C. das Algas - Sahy - P2	5	Rh	18,369	20,021	20,428	19,606	1,090
186	Caravelas - 1FD - P1	1	Rh	10,943	11,196	12,793	11,644	1,003
187	Caravelas - 1FD - P1	2	Rh	12,211	12,117	14,114	12,814	1,127
188	Caravelas - 1FD - P1	3	Rh	6,606	7,588	9,068	7,754	1,239
189	Caravelas - 1FD - P1	4	Rh	6,991	7,252	9,214	7,819	1,215
190	Caravelas - 1FD - P1	5	Rh	13,771	14,127	15,476	14,458	0,899
191	Caravelas - 1BD - P1	1	Rh	15,285	16,797	17,580	16,554	1,167

Nº	Local		Espécie	IC50 (ug/mL) (ppm)				
				A	B	C	média	Desv pad
192	Caravelas - 1BD - P1	2	Rh	13,854	14,609	15,862	14,775	1,014
193	Caravelas - 1BD - P1	3	Rh	12,133	13,099	14,596	13,276	1,241
194	Caravelas - 1BD - P1	4	Rh	12,136	13,358	13,728	13,074	0,833
195	Caravelas - 1BD - P1	5	Rh	12,948	13,809	15,444	14,067	1,268
196	Caravelas - 2FD - P2	1	Rh	18,054	18,568	20,318	18,980	1,187
197	Caravelas - 2FD - P2	2	Rh	13,798	14,816	15,393	14,669	0,808
198	Caravelas - 2FD - P2	3	Rh	10,383	11,456	12,094	11,311	0,865
199	Caravelas - 2FD - P2	4	Rh	8,662	9,345	10,076	9,361	0,707
200	Caravelas - 2FD - P2	5	Rh	12,790	13,023	14,441	13,418	0,894
201	Caravelas - 2BD - P2	1	Lg	6,643	7,624	8,761	7,676	1,060
202	Caravelas - 2BD - P2	2	Lg	5,624	6,457	7,614	6,565	0,999
203	Caravelas - 2BD - P2	3	Lg	6,150	8,193	8,223	7,522	1,188
204	Caravelas - 2BD - P2	4	Lg	5,715	6,668	7,129	6,504	0,721
205	Caravelas - 2BD - P2	5	Lg	5,365	5,677	6,922	5,988	0,824
206	Caravelas - 3FD - P3	1	Av	8,237	10,155	10,387	9,593	1,180
207	Caravelas - 3FD - P3	2	Av	9,512	10,400	11,561	10,491	1,028
208	Caravelas - 3FD - P3	3	Av	70,118	71,929	72,147	71,398	1,114
209	Caravelas - 3FD - P3	4	Av	47,615	48,883	49,629	48,709	1,018
210	Caravelas - 3FD - P3	5	Av	118,314	118,977	119,880	119,057	0,786
211	Caravelas - 3BD - P3	1	Rh	27,614	28,991	29,687	28,764	1,055
212	Caravelas - 3BD - P3	2	Rh	9,165	9,784	11,534	10,161	1,229
213	Caravelas - 3BD - P3	3	Rh	5,368	5,466	7,349	6,061	1,117
214	Caravelas - 3BD - P3	4	Rh	14,475	15,644	17,101	15,740	1,316
215	Caravelas - 3BD - P3	5	Rh	12,889	14,531	14,838	14,086	1,048
216	Caravelas - 1FE - P1	1	Rh	17,559	17,846	19,387	18,264	0,983
217	Caravelas - 1FE - P1	2	Rh	11,732	12,497	13,796	12,675	1,043
218	Caravelas - 1FE - P1	3	Rh	31,633	32,690	33,501	32,608	0,937
219	Caravelas - 1FE - P1	4	Rh	24,116	24,669	26,047	24,944	0,994
220	Caravelas - 1FE - P1	5	Rh	13,763	14,473	15,540	14,592	0,894
221	Caravelas - 1BE - P1	1	Rh	11,008	11,839	13,207	12,018	1,110
222	Caravelas - 1BE - P1	2	Rh	10,416	11,007	11,844	11,089	0,718
223	Caravelas - 1BE - P1	3	Rh	14,714	14,786	16,694	15,398	1,123
224	Caravelas - 1BE - P1	4	Rh	19,647	20,687	21,154	20,496	0,771
225	Caravelas - 1BE - P1	5	Rh	16,513	16,951	18,424	17,296	1,001
226	Caravelas - 2FE - P2	1	Rh	11,122	11,219	13,197	11,846	1,171
227	Caravelas - 2FE - P2	2	Rh	10,328	11,559	12,862	11,583	1,267
228	Caravelas - 2FE - P2	3	Rh	20,593	20,939	22,095	21,209	0,787
229	Caravelas - 2FE - P2	4	Rh	14,306	15,886	16,698	15,630	1,216
230	Caravelas - 2FE - P2	5	Rh	17,848	18,547	19,252	18,549	0,702
231	Caravelas - 2BE - P2	1	Rh	10,029	11,436	12,372	11,279	1,179

Nº	Local		Espécie	IC50 (ug/mL) (ppm)				
				A	B	C	média	Desv pad
232	Caravelas - 2BE - P2	2	Rh	10,643	11,883	12,169	11,565	0,811
233	Caravelas - 2BE - P2	3	Rh	15,773	17,644	17,790	17,069	1,125
234	Caravelas - 2BE - P2	4	Rh	7,803	8,643	9,189	8,545	0,698
235	Caravelas - 2BE - P2	5	Rh	14,660	14,894	16,580	15,378	1,048
236	Caravelas - 3FE - P3	1	Rh	11,754	11,777	13,744	12,425	1,142
237	Caravelas - 3FE - P3	2	Rh	12,863	13,734	14,446	13,681	0,793
238	Caravelas - 3FE - P3	3	Rh	5,968	7,370	8,208	7,182	1,132
239	Caravelas - 3FE - P3	4	Rh	6,963	8,050	9,191	8,068	1,114
240	Caravelas - 3FE - P3	5	Rh	7,428	8,084	9,244	8,252	0,920
241	Caravelas - 3BE - P3	1	Lg	8,515	9,455	10,662	9,544	1,076
242	Caravelas - 3BE - P3	2	Lg	8,040	8,819	10,180	9,013	1,083
243	Caravelas - 3BE - P3	3	Lg	8,071	8,953	9,472	8,832	0,708
244	Caravelas - 3BE - P3	4	Lg	7,372	8,903	9,801	8,692	1,228
245	Caravelas - 3BE - P3	5	Lg	12,436	14,002	14,557	13,665	1,100

Apêndice 51: Dados para os radicais peroxila, superóxido e hidroxila

Nº	Local		Espécie	superóxido		peroxil		hidroxil	
				%	SD	%	SD	%	SD
1	Piraquê Açú - 1FD - P1	1	Rh	24,12	8,47	23,32	7,54	37,27	11,04
2	Piraquê Açú - 1FD - P1	2	Rh	28,77	10,11	27,82	8,99	44,46	13,17
3	Piraquê Açú - 1FD - P1	3	Rh	28,13	9,88	27,2	8,79	43,48	12,88
4	Piraquê Açú - 1FD - P1	4	Rh	27,01	9,49	26,12	8,44	41,75	12,37
5	Piraquê Açú - 1FD - P1	5	Rh	29,78	10,46	28,8	9,31	46,03	13,64
6	Piraquê Açú - 1BD - P1	1	Rh	27,32	9,6	26,41	8,54	42,22	12,51
7	Piraquê Açú - 1BD - P1	2	Rh	33,76	11,86	32,65	10,55	52,18	15,46
8	Piraquê Açú - 1BD - P1	3	Rh	30,87	10,84	29,85	9,65	47,71	14,13
9	Piraquê Açú - 1BD - P1	4	Rh	41,34	14,52	39,97	12,92	63,89	18,93
10	Piraquê Açú - 1BD - P1	5	Rh	31,71	11,14	30,67	9,91	49,01	14,52
11	Piraquê Açú - 2FD - P2	1	Rh	39,5	13,88	38,19	12,34	61,04	18,08
12	Piraquê Açú - 2FD - P2	2	Rh	36,3	12,75	35,1	11,34	56,1	16,62
13	Piraquê Açú - 2FD - P2	3	Rh	30,17	10,6	29,17	9,43	46,62	13,81
14	Piraquê Açú - 2FD - P2	4	Rh	27,11	9,52	26,21	8,47	41,89	12,41
15	Piraquê Açú - 2FD - P2	5	Rh	25,43	8,93	24,59	7,95	39,3	11,64
16	Piraquê Açú - 2BD - P2	1	Rh	21,03	7,39	20,33	6,57	32,5	9,63
17	Piraquê Açú - 2BD - P2	2	Rh	44,41	15,6	42,94	13,88	68,63	20,33

Nº	Local		Espécie	superóxido		peroxil		hidroxil	
				%	SD	%	SD	%	SD
18	Piraquê Açú - 2BD - P2	3	Rh	31,21	10,96	30,17	9,75	48,23	14,29
19	Piraquê Açú - 2BD - P2	4	Rh	33,71	11,84	32,59	10,53	52,09	15,43
20	Piraquê Açú - 2BD - P2	5	Rh	21,26	7,47	20,56	6,64	32,86	9,73
21	Piraquê Açú - 3FD - P3	1	Rh	40,06	14,07	38,74	12,52	61,91	18,34
22	Piraquê Açú - 3FD - P3	2	Rh	21,48	7,55	20,77	6,71	33,2	9,84
23	Piraquê Açú - 3FD - P3	3	Rh	22,63	7,95	21,89	7,07	34,98	10,36
24	Piraquê Açú - 3FD - P3	4	Rh	24,88	8,74	24,05	7,77	38,44	11,39
25	Piraquê Açú - 3FD - P3	5	Rh	29,97	10,53	28,98	9,37	46,32	13,72
26	Piraquê Açú - 3BD - P3	1	Rh	33,69	11,84	32,58	10,53	52,07	15,43
27	Piraquê Açú - 3BD - P3	2	Rh	42,23	14,84	40,84	13,2	65,27	19,34
28	Piraquê Açú - 3BD - P3	3	Rh	31,68	11,13	30,63	9,9	48,95	14,5
29	Piraquê Açú - 3BD - P3	4	Rh	29,54	10,38	28,57	9,23	45,66	13,53
30	Piraquê Açú - 3BD - P3	5	Rh	18,8	6,6	18,18	5,88	29,06	8,61
31	Piraquê Açú - 1FE - P1	1	Rh	33,29	11,7	32,19	10,4	51,45	15,24
32	Piraquê Açú - 1FE - P1	2	Rh	33,52	11,78	32,41	10,48	51,8	15,35
33	Piraquê Açú - 1FE - P1	3	Rh	29,66	10,42	28,68	9,27	45,83	13,58
34	Piraquê Açú - 1FE - P1	4	Rh	20,74	7,29	20,06	6,48	32,05	9,5
35	Piraquê Açú - 1FE - P1	5	Rh	25,99	9,13	25,13	8,12	40,17	11,9
36	Piraquê Açú - 1BE - P1	1	Rh	31,28	10,99	30,24	9,77	48,34	14,32
37	Piraquê Açú - 1BE - P1	2	Rh	27,46	9,65	26,55	8,58	42,44	12,57
38	Piraquê Açú - 1BE - P1	3	Rh	35,28	12,4	34,12	11,03	54,53	16,15
39	Piraquê Açú - 1BE - P1	4	Rh	28,24	9,92	27,31	8,83	43,65	12,93
40	Piraquê Açú - 1BE - P1	5	Rh	58,88	20,69	56,93	18,4	91	26,96
41	Piraquê Açú - 2FE - P2	1	Rh	41,72	14,66	40,34	13,04	64,48	19,1
42	Piraquê Açú - 2FE - P2	2	Rh	27,7	9,73	26,78	8,66	42,8	12,68
43	Piraquê Açú - 2FE - P2	3	Rh	24,22	8,51	23,42	7,57	37,43	11,09
44	Piraquê Açú - 2FE - P2	4	Rh	21,65	7,61	20,94	6,77	33,47	9,91
45	Piraquê Açú - 2FE - P2	5	Rh	36,21	12,72	35,02	11,32	55,96	16,58
46	Piraquê Açú - 2BE - P2	1	Rh	38,36	13,48	37,1	11,99	59,29	17,57
47	Piraquê Açú - 2BE - P2	2	Rh	29,69	10,43	28,71	9,28	45,89	13,6
48	Piraquê Açú - 2BE - P2	3	Rh	33,9	11,91	32,78	10,6	52,4	15,52
49	Piraquê Açú - 2BE - P2	4	Rh	28,04	9,85	27,11	8,76	43,33	12,84
50	Piraquê Açú - 2BE - P2	5	Rh	28,12	9,88	27,19	8,79	43,46	12,88

Nº	Local		Espécie	superóxido		peroxil		hidroxil	
				%	SD	%	SD	%	SD
51	Piraquê Açú - 3FE - P3	1	Rh	42,1	14,79	40,71	13,16	65,06	19,27
52	Piraquê Açú - 3FE - P3	2	Rh	32,27	11,34	31,2	10,08	49,87	14,77
53	Piraquê Açú - 3FE - P3	3	Rh	30,7	10,78	29,68	9,59	47,44	14,05
54	Piraquê Açú - 3FE - P3	4	Rh	24,6	8,64	23,79	7,69	38,02	11,26
55	Piraquê Açú - 3FE - P3	5	Rh	38,44	13,5	37,17	12,01	59,4	17,6
56	Piraquê Açú - 3BE - P3	1	Rh	19,19	6,74	18,55	6	29,66	8,79
57	Piraquê Açú - 3BE - P3	2	Rh	34,27	12,04	33,13	10,71	52,96	15,69
58	Piraquê Açú - 3BE - P3	3	Rh	30,61	10,75	29,6	9,57	47,31	14,02
59	Piraquê Açú - 3BE - P3	4	Rh	30,67	10,77	29,65	9,58	47,39	14,04
60	Piraquê Açú - 3BE - P3	5	Rh	21,25	7,46	20,55	6,64	32,84	9,73
61	Piraquê Mirim - 1FD - P1	1	Rh	26,41	9,28	25,54	8,25	40,82	12,09
62	Piraquê Mirim - 1FD - P1	2	Rh	25,83	9,07	24,98	8,07	39,92	11,83
63	Piraquê Mirim - 1FD - P1	3	Rh	22,52	7,91	21,78	7,04	34,81	10,31
64	Piraquê Mirim - 1FD - P1	4	Rh	23,58	8,29	22,8	7,37	36,45	10,8
65	Piraquê Mirim - 1FD - P1	5	Rh	25,84	9,08	24,98	8,07	39,93	11,83
66	Piraquê Mirim - 1BD - P1	1	Rh	26,82	9,42	25,93	8,38	41,45	12,28
67	Piraquê Mirim - 1BD - P1	2	Rh	28,27	9,93	27,34	8,84	43,7	12,95
68	Piraquê Mirim - 1BD - P1	3	Rh	40,05	14,07	38,73	12,52	61,9	18,34
69	Piraquê Mirim - 1BD - P1	4	Rh	32,28	11,34	31,22	10,09	49,89	14,78
70	Piraquê Mirim - 1BD - P1	5	Rh	21,91	7,7	21,19	6,85	33,87	10,03
71	Piraquê Mirim - 2FD - P2	1	Rh	23,98	8,43	23,19	7,49	37,06	10,98
72	Piraquê Mirim - 2FD - P2	2	Rh	21,59	7,58	20,87	6,75	33,36	9,88
73	Piraquê Mirim - 2FD - P2	3	Rh	34,67	12,18	33,53	10,84	53,59	15,88
74	Piraquê Mirim - 2FD - P2	4	Rh	26,98	9,48	26,09	8,43	41,7	12,35
75	Piraquê Mirim - 2FD - P2	5	Rh	30,51	10,72	29,5	9,53	47,15	13,97
76	Piraquê Mirim - 2BD - P2	1	Rh	30,57	10,74	29,56	9,55	47,25	14
77	Piraquê Mirim - 2BD - P2	2	Rh	33,61	11,81	32,49	10,5	51,94	15,39
78	Piraquê Mirim - 2BD - P2	3	Rh	30,82	10,83	29,8	9,63	47,63	14,11
79	Piraquê Mirim - 2BD - P2	4	Rh	43,37	15,23	41,93	13,55	67,02	19,86
80	Piraquê Mirim - 2BD - P2	5	Rh	24,69	8,68	23,88	7,72	38,16	11,31
81	Piraquê Mirim - 3FD - P3	1	Rh	30,74	10,8	29,72	9,61	47,5	14,07
82	Piraquê Mirim - 3FD - P3	2	Rh	19,85	6,97	19,19	6,2	30,67	9,09
83	Piraquê Mirim - 3FD - P3	3	Rh	23,37	8,21	22,6	7,3	36,12	10,7
84	Piraquê Mirim - 3FD - P3	4	Rh	26,23	9,22	25,37	8,2	40,54	12,01

Nº	Local		Espécie	superóxido		peroxil		hidroxil	
				%	SD	%	SD	%	SD
85	Piraquê Mirim - 3FD - P3	5	Rh	27,2	9,55	26,3	8,5	42,03	12,45
86	Piraquê Mirim - 3BD - P3	1	Rh	24,47	8,6	23,66	7,65	37,82	11,2
87	Piraquê Mirim - 3BD - P3	2	Rh	33,83	11,88	32,71	10,57	52,28	15,49
88	Piraquê Mirim - 3BD - P3	3	Rh	31,48	11,06	30,44	9,84	48,66	14,42
89	Piraquê Mirim - 3BD - P3	4	Rh	31	10,89	29,97	9,69	47,9	14,19
90	Piraquê Mirim - 3BD - P3	5	Rh	26,77	9,4	25,88	8,37	41,37	12,26
91	Piraquê Mirim - 1FE - P1	1	Rh	19,82	6,96	19,17	6,2	30,64	9,08
92	Piraquê Mirim - 1FE - P1	2	Rh	21,99	7,73	21,26	6,87	33,98	10,07
93	Piraquê Mirim - 1FE - P1	3	Rh	21,36	7,5	20,65	6,67	33,01	9,78
94	Piraquê Mirim - 1FE - P1	4	Rh	25,84	9,08	24,98	8,07	39,93	11,83
95	Piraquê Mirim - 1FE - P1	5	Rh	26,79	9,41	25,9	8,37	41,4	12,26
96	Piraquê Mirim - 1BE - P1	1	Rh	30,89	10,85	29,87	9,65	47,73	14,14
97	Piraquê Mirim - 1BE - P1	2	Rh	27,43	9,64	26,52	8,57	42,39	12,56
98	Piraquê Mirim - 1BE - P1	3	Rh	38,87	13,66	37,59	12,15	60,07	17,8
99	Piraquê Mirim - 1BE - P1	4	Rh	43,55	15,3	42,11	13,61	67,3	19,94
100	Piraquê Mirim - 1BE - P1	5	Rh	22,01	7,73	21,28	6,88	34,01	10,08
101	Piraquê Mirim - 2FE - P2	1	Rh	22,59	7,93	21,84	7,06	34,9	10,34
102	Piraquê Mirim - 2FE - P2	2	Rh	30,29	10,64	29,29	9,47	46,81	13,87
103	Piraquê Mirim - 2FE - P2	3	Rh	22,26	7,82	21,53	6,96	34,41	10,19
104	Piraquê Mirim - 2FE - P2	4	Rh	24,07	8,46	23,27	7,52	37,2	11,02
105	Piraquê Mirim - 2FE - P2	5	Rh	32,92	11,57	31,83	10,29	50,88	15,07
106	Piraquê Mirim - 2BE - P2	1	Rh	55,25	19,41	53,42	17,27	85,38	25,3
107	Piraquê Mirim - 2BE - P2	2	Rh	39,46	13,86	38,16	12,33	60,98	18,07
108	Piraquê Mirim - 2BE - P2	3	Rh	66,83	23,48	64,63	20,89	99,29	30,6
109	Piraquê Mirim - 2BE - P2	4	Rh	29,42	10,34	28,45	9,19	45,47	13,47
110	Piraquê Mirim - 2BE - P2	5	Rh	28,18	9,9	27,25	8,81	43,55	12,9
111	Piraquê Mirim - 3FE - P3	1	Rh	24,98	8,78	24,15	7,81	38,6	11,44
112	Piraquê Mirim - 3FE - P3	2	Rh	23,78	8,35	22,99	7,43	36,75	10,89
113	Piraquê Mirim - 3FE - P3	3	Rh	18,46	6,48	17,85	5,77	28,52	8,45
114	Piraquê Mirim - 3FE - P3	4	Rh	22,92	8,05	22,16	7,16	35,42	10,49
115	Piraquê Mirim - 3FE - P3	5	Rh	33,19	11,66	32,09	10,37	51,29	15,19
116	Piraquê Mirim - 3BE - P3	1	Lg	28,46	10	27,52	8,89	43,98	13,03
117	Piraquê Mirim - 3BE - P3	2	Lg	13,91	4,89	13,45	4,35	21,49	6,37

Nº	Local		Espécie	superóxido		peroxil		hidroxil	
				%	SD	%	SD	%	SD
118	Piraquê Mirim - 3BE - P3	3	Lg	14,48	5,09	14	4,52	22,38	6,63
119	Piraquê Mirim - 3BE - P3	4	Lg	24,78	8,71	23,96	7,75	38,3	11,35
120	Piraquê Mirim - 3BE - P3	5	Lg	16,51	5,8	15,97	5,16	25,52	7,56
121	Urussuquara - 1FE - P1	1	Rh	40,03	14,06	38,71	12,51	61,87	18,33
122	Urussuquara - 1FE - P1	2	Rh	33,45	11,75	32,35	10,45	51,7	15,32
123	Urussuquara - 1FE - P1	3	Rh	29,25	10,28	28,28	9,14	45,2	13,39
124	Urussuquara - 1FE - P1	4	Rh	23,61	8,29	22,83	7,38	36,49	10,81
125	Urussuquara - 1FE - P1	5	Rh	19,14	6,72	18,51	5,98	29,58	8,76
126	Urussuquara - 2FD - P2	1	Lg	22,53	7,92	21,79	7,04	34,83	10,32
127	Urussuquara - 2FD - P2	2	Lg	23,06	8,1	22,29	7,2	35,63	10,56
128	Urussuquara - 2FD - P2	3	Lg	18,75	6,59	18,13	5,86	28,97	8,58
129	Urussuquara - 2FD - P2	4	Lg	23,12	8,12	22,36	7,23	35,73	10,59
130	Urussuquara - 2FD - P2	5	Lg	21,47	7,54	20,77	6,71	33,19	9,83
131	Urussuquara - 3FE - P3	1	Lg	22,85	8,03	22,09	7,14	35,31	10,46
132	Urussuquara - 3FE - P3	2	Lg	29,87	10,49	28,88	9,33	46,16	13,68
133	Urussuquara - 3FE - P3	3	Lg	17,13	6,02	16,57	5,35	26,48	7,84
134	Urussuquara - 3FE - P3	4	Lg	17,93	6,3	17,34	5,6	27,72	8,21
135	Urussuquara - 3FE - P3	5	Lg	23,19	8,15	22,43	7,25	35,84	10,62
136	Urussuquara - 3BE - P3	1	Lg	18,26	6,41	17,65	5,71	28,22	8,36
137	Urussuquara - 3BE - P3	2	Lg	29,41	10,33	28,44	9,19	45,45	13,47
138	Urussuquara - 3BE - P3	3	Lg	19,48	6,84	18,84	6,09	30,11	8,92
139	Urussuquara - 3BE - P3	4	Lg	17,61	6,19	17,02	5,5	27,21	8,06
140	Urussuquara - 3BE - P3	5	Lg	12,28	4,31	11,87	3,84	18,97	5,62
141	Barra do Riacho - 1FD - P1	1	Rh	48,77	17,13	47,16	15,24	75,37	22,33
142	Barra do Riacho - 1FD - P1	2	Rh	41,04	14,42	39,69	12,83	63,43	18,79
143	Barra do Riacho - 1FD - P1	3	Rh	58,94	20,71	56,99	18,42	91,09	26,99
144	Barra do Riacho - 1FD - P1	4	Rh	30,52	10,72	29,51	9,54	47,17	13,98
145	Barra do Riacho - 1FD - P1	5	Rh	41,03	14,41	39,67	12,82	63,41	18,79
146	Barra do Riacho - 2FD - P2	1	Rh	30,76	10,8	29,74	9,61	47,53	14,08
147	Barra do Riacho - 2FD - P2	2	Rh	36,89	12,96	35,67	11,53	57,01	16,89
148	Barra do Riacho - 2FD - P2	3	Rh	27,61	9,7	26,7	8,63	42,67	12,64
149	Barra do Riacho - 2FD - P2	4	Rh	50,23	17,65	48,57	15,7	77,63	23
150	Barra do Riacho - 2FD - P2	5	Rh	45,88	16,12	44,36	14,34	70,9	21,01

Nº	Local		Espécie	superóxido		peroxil		hidroxil	
				%	SD	%	SD	%	SD
151	Barra do Riacho - 3FD - P3	1	Rh	43,16	15,16	41,74	13,49	66,71	19,76
152	Barra do Riacho - 3FD - P3	2	Rh	49,34	17,33	47,71	15,42	76,26	22,59
153	Barra do Riacho - 3FD - P3	3	Rh	37,44	13,15	36,21	11,7	57,87	17,14
154	Barra do Riacho - 3FD - P3	4	Rh	43,01	15,11	41,59	13,44	66,47	19,69
155	Barra do Riacho - 3FD - P3	5	Rh	54,94	19,3	53,12	17,17	84,9	25,15
156	Rio Doce - 1FD - P1	1	Tp	29,12	10,23	28,16	9,1	45,01	13,33
157	Rio Doce - 1FD - P1	2	Tp	34,1	11,98	32,97	10,66	52,7	15,61
158	Rio Doce - 1FD - P1	3	Tp	42,62	14,97	41,22	13,32	65,87	19,52
159	Rio Doce - 1FD - P1	4	Tp	43,25	15,19	41,82	13,52	66,85	19,8
160	Rio Doce - 1FD - P1	5	Tp	30,6	10,75	29,59	9,56	47,3	14,01
161	Rio Doce - 2FE - P2	1	Tp	44,76	15,72	43,28	13,99	69,17	20,49
162	Rio Doce - 2FE - P2	2	Tp	31,43	11,04	30,39	9,82	48,58	14,39
163	Rio Doce - 2FE - P2	3	Tp	42,48	14,92	41,08	13,28	65,66	19,45
164	Rio Doce - 2FE - P2	4	Tp	28,52	10,02	27,58	8,91	44,08	13,06
165	Rio Doce - 2FE - P2	5	Tp	52,55	18,46	50,82	16,42	81,22	24,06
166	Rio Doce - 3FE - P3	1	Tp	32,81	11,53	31,72	10,25	50,7	15,02
167	Rio Doce - 3FE - P3	2	Tp	25,16	8,84	24,33	7,86	38,88	11,52
168	Rio Doce - 3FE - P3	3	Tp	41,19	14,47	39,83	12,87	63,66	18,86
169	Rio Doce - 3FE - P3	4	Tp	28,22	9,91	27,29	8,82	43,62	12,92
170	Rio Doce - 3FE - P3	5	Tp	23,32	8,19	22,55	7,29	36,04	10,68
171	Costa das Algas - Praia - P1	1	Av	91,32	17,34	68,02	21,98	86,4	25,6
172	Costa das Algas - Praia - P1	2	Av	108,4	17,34	80,73	21,98	102,55	25,6
173	Costa das Algas - Praia - P1	3	Av	77,54	20,58	57,75	26,09	73,36	30,38
174	Costa das Algas - Praia - P1	4	Av	106,08	14,72	79,01	18,66	100,36	21,73
175	Costa das Algas - Praia - P1	5	Av	99,2	20,14	95,92	25,54	153,31	29,73
176	Costa das Algas - Sauê - P3	1	Rh	17,61	6,19	17,03	5,5	27,22	8,06
177	Costa das Algas - Sauê - P3	2	Rh	18,56	6,52	17,94	5,8	28,68	8,5
178	Costa das Algas - Sauê - P3	3	Rh	18,2	6,39	17,6	5,69	28,12	8,33
179	Costa das Algas - Sauê - P3	4	Rh	15,93	5,6	15,41	4,98	24,62	7,3
180	Costa das Algas - Sauê - P3	5	Rh	12,69	4,46	12,27	3,96	19,61	5,81
181	Costa das Algas - Sahy - P2	1	Rh	111,29	39,1	107,61	34,78	171,99	50,95
182	Costa das Algas - Sahy - P2	2	Rh	141,26	49,63	136,6	44,15	218,32	64,68
183	Costa das Algas - Sahy - P2	3	Rh	97,96	34,41	94,72	30,61	151,39	44,85
184	Costa das Algas - Sahy - P2	4	Rh	142,86	50,19	138,13	44,64	220,78	65,41

Nº	Local		Espécie	superóxido		peroxil		hidroxil	
				%	SD	%	SD	%	SD
185	Costa das Algas - Sahy - P2	5	Rh	39,87	14,01	38,55	12,46	61,62	18,26
186	Caravelas - 1FD - P1	1	Rh	23,68	8,32	22,9	7,4	36,6	10,84
187	Caravelas - 1FD - P1	2	Rh	26,06	9,15	25,2	8,14	40,27	11,93
188	Caravelas - 1FD - P1	3	Rh	15,77	5,54	15,25	4,93	24,37	7,22
189	Caravelas - 1FD - P1	4	Rh	15,9	5,59	15,38	4,97	24,57	7,28
190	Caravelas - 1FD - P1	5	Rh	29,4	10,33	28,43	9,19	45,44	13,46
191	Caravelas - 1BD - P1	1	Rh	33,66	11,83	32,55	10,52	52,03	15,41
192	Caravelas - 1BD - P1	2	Rh	30,05	10,56	29,05	9,39	46,44	13,76
193	Caravelas - 1BD - P1	3	Rh	27	9,48	26,11	8,44	41,72	12,36
194	Caravelas - 1BD - P1	4	Rh	26,59	9,34	25,71	8,31	41,09	12,17
195	Caravelas - 1BD - P1	5	Rh	28,61	10,05	27,66	8,94	44,21	13,1
196	Caravelas - 2FD - P2	1	Rh	38,6	13,56	37,32	12,06	59,65	17,67
197	Caravelas - 2FD - P2	2	Rh	29,83	10,48	28,84	9,32	46,1	13,66
198	Caravelas - 2FD - P2	3	Rh	23	8,08	22,24	7,19	35,55	10,53
199	Caravelas - 2FD - P2	4	Rh	19,04	6,69	18,41	5,95	29,42	8,72
200	Caravelas - 2FD - P2	5	Rh	27,29	9,59	26,38	8,53	42,17	12,49
201	Caravelas - 2BD - P2	1	Lg	15,61	5,48	15,09	4,88	24,12	7,15
202	Caravelas - 2BD - P2	2	Lg	13,35	4,69	12,91	4,17	20,63	6,11
203	Caravelas - 2BD - P2	3	Lg	15,3	5,37	14,79	4,78	23,64	7
204	Caravelas - 2BD - P2	4	Lg	13,23	4,65	12,79	4,13	20,44	6,06
205	Caravelas - 2BD - P2	5	Lg	12,18	4,28	11,77	3,81	18,82	5,58
206	Caravelas - 3FD - P3	1	Av	19,51	6,85	18,86	6,1	30,15	8,93
207	Caravelas - 3FD - P3	2	Av	21,33	7,49	20,63	6,67	32,97	9,77
208	Caravelas - 3FD - P3	3	Av	145,2	51,01	140,4	45,37	224,39	66,48
209	Caravelas - 3FD - P3	4	Av	99,06	34,8	95,78	30,96	153,09	45,35
210	Caravelas - 3FD - P3	5	Av	242,12	85,06	234,11	75,66	374,18	110,86
211	Caravelas - 3BD - P3	1	Rh	58,49	20,55	56,56	18,28	90,4	26,78
212	Caravelas - 3BD - P3	2	Rh	20,66	7,26	19,98	6,46	31,93	9,46
213	Caravelas - 3BD - P3	3	Rh	12,33	4,33	11,92	3,85	19,05	5,64
214	Caravelas - 3BD - P3	4	Rh	32,01	11,24	30,95	10	49,47	14,66
215	Caravelas - 3BD - P3	5	Rh	28,65	10,06	27,7	8,95	44,27	13,12
216	Caravelas - 1FE - P1	1	Rh	37,14	13,05	35,91	11,61	57,4	17,01
217	Caravelas - 1FE - P1	2	Rh	25,78	9,06	24,92	8,06	39,84	11,8

Nº	Local		Espécie	superóxido		peroxil		hidroxil	
				%	SD	%	SD	%	SD
218	Caravelas - 1FE - P1	3	Rh	66,31	23,3	64,12	20,72	102,48	30,36
219	Caravelas - 1FE - P1	4	Rh	50,73	17,82	49,05	15,85	78,4	23,23
220	Caravelas - 1FE - P1	5	Rh	29,67	10,42	28,69	9,27	45,86	13,59
221	Caravelas - 1BE - P1	1	Rh	24,44	8,59	23,63	7,64	37,77	11,19
222	Caravelas - 1BE - P1	2	Rh	22,55	7,92	21,81	7,05	34,85	10,33
223	Caravelas - 1BE - P1	3	Rh	31,31	11	30,28	9,79	48,39	14,34
224	Caravelas - 1BE - P1	4	Rh	41,68	14,64	40,3	13,03	64,42	19,08
225	Caravelas - 1BE - P1	5	Rh	35,17	12,36	34,01	10,99	54,36	16,1
226	Caravelas - 2FE - P2	1	Rh	24,09	8,46	23,29	7,53	37,23	11,03
227	Caravelas - 2FE - P2	2	Rh	23,56	8,28	22,78	7,36	36,4	10,79
228	Caravelas - 2FE - P2	3	Rh	43,13	15,15	41,71	13,48	66,66	19,75
229	Caravelas - 2FE - P2	4	Rh	31,79	11,17	30,73	9,93	49,12	14,55
230	Caravelas - 2FE - P2	5	Rh	37,72	13,25	36,47	11,79	58,3	17,27
231	Caravelas - 2BE - P2	1	Rh	22,94	8,06	22,18	7,17	35,45	10,5
232	Caravelas - 2BE - P2	2	Rh	23,52	8,26	22,74	7,35	36,35	10,77
233	Caravelas - 2BE - P2	3	Rh	34,71	12,19	33,56	10,85	53,65	15,89
234	Caravelas - 2BE - P2	4	Rh	17,38	6,1	16,8	5,43	26,86	7,96
235	Caravelas - 2BE - P2	5	Rh	31,27	10,99	30,24	9,77	48,33	14,32
236	Caravelas - 3FE - P3	1	Rh	25,27	8,88	24,43	7,9	39,05	11,57
237	Caravelas - 3FE - P3	2	Rh	27,82	9,77	26,9	8,69	43	12,74
238	Caravelas - 3FE - P3	3	Rh	14,61	5,13	14,12	4,56	22,57	6,69
239	Caravelas - 3FE - P3	4	Rh	16,41	5,76	15,86	5,13	25,36	7,51
240	Caravelas - 3FE - P3	5	Rh	16,78	5,9	16,23	5,24	25,93	7,68
241	Caravelas - 3BE - P3	1	Lg	19,41	6,82	18,77	6,07	30	8,89
242	Caravelas - 3BE - P3	2	Lg	18,33	6,44	17,72	5,73	28,33	8,39
243	Caravelas - 3BE - P3	3	Lg	17,96	6,31	17,37	5,61	27,76	8,22
244	Caravelas - 3BE - P3	4	Lg	17,68	6,21	17,09	5,52	27,32	8,09
245	Caravelas - 3BE - P3	5	Lg	27,79	9,76	26,87	8,68	42,95	12,72

7.8 APÊNDICE – FAUNA DECAPODA

Apêndice 52: Densidade média e desvio padrão de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) das estações em função por campo (campo 1 ao 6) em cada estuário durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019.

Densidade (indivíduos.m ⁻²)						
Estação	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6
PA1FD	0,65 (± 0,24)	1,20 (± 0,30)	1,76 (± 0,40)	1,19 (± 0,23)	1,88 (± 0,88)	1,00 (± 0,80)
PA1BD	0,99 (± 0,34)	1,91 (± 0,30)	2,25 (± 0,25)	2,28 (± 0,32)	1,79 (± 0,84)	2,20 (± 0,58)
PA2FD	0,89 (± 0,22)	0,71 (± 0,02)	1,99 (± 0,02)	1,89 (± 0,20)	1,47 (± 0,33)	1,55 (± 0,23)
PA2BD	0,67 (± 0,20)	0,41 (± 0,33)	1,83 (± 0,22)	1,29 (± 0,12)	1,25 (± 0,28)	1,20 (± 0,53)
PA3FD	1,56 (± 0,39)	1,79 (± 0,18)	2,08 (± 0,47)	1,57 (± 0,12)	2,32 (± 0,40)	2,75 (± 0,42)
PA3BD	0,93 (± 0,42)	0,83 (± 0,12)	1,19 (± 0,41)	1,43 (± 0,26)	1,43 (± 0,54)	1,29 (± 0,24)
PA1FE	0,91 (± 0,44)	1,39 (± 0,15)	4,33 (± 0,70)	2,48 (± 0,68)	1,99 (± 0,71)	2,96 (± 1,04)
PA1BE	0,55 (± 0,19)	1,24 (± 0,46)	2,05 (± 0,80)	2,17 (± 0,33)	2,09 (± 0,32)	2,08 (± 0,63)
PA2FE	0,45 (± 0,20)	0,92 (± 0,18)	0,85 (± 0,04)	1,09 (± 0,27)	0,80 (± 0,17)	0,63 (± 0,16)
PA2BE	0,73 (± 0,18)	1,25 (± 0,12)	1,51 (± 0,35)	1,31 (± 0,27)	1,65 (± 0,18)	1,43 (± 0,26)
PA3FE	1,27 (± 0,19)	2,20 (± 0,38)	3,45 (± 1,14)	2,00 (± 0,32)	3,32 (± 0,48)	3,41 (± 1,35)
PA3BE	0,88 (± 0,20)	1,13 (± 0,42)	1,75 (± 0,22)	1,80 (± 0,20)	1,61 (± 0,06)	1,24 (± 0,28)
PM1FD	0,27 (± 0,12)	0,76 (± 0,21)	2,77 (± 1,58)	1,79 (± 0,20)	2,05 (± 0,80)	4,09 (± 1,79)
PM1BD	0,52 (± 0,38)	0,36 (± 0,06)	2,00 (± 0,39)	1,37 (± 0,20)	1,29 (± 0,58)	2,29 (± 0,50)
PM2FD	0,60 (± 0,10)	0,63 (± 0,25)	1,55 (± 0,16)	1,01 (± 0,19)	0,68 (± 0,28)	1,35 (± 0,09)
PM2BD	0,37 (± 0,09)	0,56 (± 0,20)	1,96 (± 0,73)	0,99 (± 0,25)	0,59 (± 0,12)	1,43 (± 0,27)
PM3FD	0,81 (± 0,18)	1,88 (± 0,70)	2,73 (± 0,19)	1,49 (± 0,33)	1,16 (± 0,28)	1,43 (± 0,32)
PM3BD	0,79 (± 0,36)	0,76 (± 0,31)	2,77 (± 0,85)	0,91 (± 0,16)	0,61 (± 0,18)	0,95 (± 0,16)
PM1FE	0,52 (± 0,35)	0,69 (± 0,36)	1,88 (± 0,71)	1,47 (± 0,77)	0,84 (± 0,38)	1,24 (± 0,10)
PM1BE	0,95 (± 0,56)	1,32 (± 0,34)	3,13 (± 0,80)	1,71 (± 0,68)	1,48 (± 0,48)	1,92 (± 0,50)
PM2FE	1,25 (± 0,45)	0,81 (± 0,12)	2,39 (± 0,18)	2,13 (± 0,52)	1,44 (± 0,50)	2,27 (± 1,46)
PM2BE	0,93 (± 0,80)	0,99 (± 0,26)	2,77 (± 0,53)	0,80 (± 0,17)	1,44 (± 0,64)	2,75 (± 1,29)
PM3FE	0,67 (± 0,08)	1,55 (± 0,50)	2,97 (± 1,42)	1,11 (± 0,14)	0,65 (± 0,11)	1,31 (± 0,80)
PM3BE	0,64 (± 0,14)	0,88 (± 0,18)	3,15 (± 0,15)	1,44 (± 0,35)	0,92 (± 0,21)	1,52 (± 0,72)
CA1	AI	AI	0,24 (± 0,16)	0,27 (± 0,12)	0,19 (± 0,16)	0,01 (± 0,02)
CA2	AI	AI	0,49 (± 0,12)	0,41 (± 0,30)	0,61 (± 0,16)	0,25 (± 0,14)
BR1FD	0,44 (± 0,41)	0,91 (± 0,87)	1,15 (± 0,58)	0,99 (± 0,40)	1,39 (± 0,78)	AI
BR2FD	0,59 (± 0,11)	0,61 (± 0,24)	2,40 (± 0,24)	1,80 (± 0,44)	1,40 (± 0,21)	AI
BR3FD	0,91 (± 0,18)	0,95 (± 0,28)	3,52 (± 0,12)	3,69 (± 0,15)	2,83 (± 0,48)	AI
UR1FE	1,75 (± 1,05)	0,95 (± 0,30)	3,83 (± 1,23)	3,07 (± 0,25)	3,84 (± 1,22)	4,16 (± 1,15)
UR2FD	2,36 (± 0,38)	1,19 (± 0,20)	4,31 (± 2,02)	2,64 (± 0,48)	4,45 (± 1,50)	2,81 (± 0,58)
UR3FE	2,13 (± 0,44)	1,20 (± 0,24)	5,76 (± 0,86)	4,19 (± 1,60)	6,11 (± 1,66)	3,91 (± 0,81)
UR3BE	1,33 (± 0,51)	1,49 (± 0,12)	3,84 (± 1,58)	2,83 (± 0,80)	5,28 (± 2,26)	2,65 (± 0,72)
BN1FE	1,65 (± 0,55)	1,93 (± 0,57)	1,29 (± 0,64)	1,93 (± 0,67)	1,38 (± 0,52)	3,39 (± 1,50)
BN1BE	0,77 (± 0,65)	0,93 (± 0,66)	0,80 (± 0,16)	1,80 (± 0,83)	1,86 (± 0,66)	1,33 (± 0,14)
BN2FD	2,07 (± 0,23)	2,04 (± 0,14)	1,01 (± 0,41)	3,01 (± 1,39)	3,24 (± 1,46)	3,15 (± 1,36)

Densidade (indivíduos.m ⁻²)						
Estação	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6
Estação	Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5	Campo 6
BN2BD	0,97 (± 0,22)	1,28 (± 0,04)	0,71 (± 0,18)	1,96 (± 0,81)	1,92 (± 0,58)	3,24 (± 0,10)
BN3FD	1,31 (± 1,40)	AI	1,13 (± 0,92)	3,47 (± 1,03)	3,66 (± 0,33)	6,35 (± 3,28)
BN3BD	AI	1,49 (± 0,79)	3,67 (± 1,78)	4,43 (± 0,70)	4,22 (± 3,09)	5,45 (± 2,10)
SM1FD	0,53 (± 0,08)	0,80 (± 0,41)	1,01 (± 0,30)	0,69 (± 0,48)	0,70 (± 0,41)	0,69 (± 0,30)
SM1BD	1,72 (± 0,46)	1,33 (± 0,28)	1,71 (± 0,70)	1,28 (± 0,20)	2,40 (± 0,64)	2,64 (± 0,35)
SM2FD	AI	AI	AI	AI	3,57 (± 0,90)	6,84 (± 1,62)
SM3FD	3,19 (± 0,82)	2,81 (± 1,05)	6,01 (± 0,48)	3,52 (± 0,78)	5,80 (± 0,13)	7,28 (± 0,28)
SM3BD	2,07 (± 0,96)	AI	3,63 (± 1,30)	3,05 (± 1,21)	2,83 (± 1,91)	3,69 (± 1,54)
SM1FE	1,04 (± 0,24)	1,57 (± 0,96)	2,20 (± 0,80)	AI	1,65 (± 0,37)	2,31 (± 0,86)
SM1BE	1,55 (± 0,16)	3,93 (± 1,22)	3,01 (± 0,52)	1,55 (± 0,48)	4,19 (± 0,59)	4,25 (± 0,42)
SM2FE	2,21 (± 0,77)	1,55 (± 0,40)	3,19 (± 0,71)	1,65 (± 0,10)	2,73 (± 0,40)	4,31 (± 0,90)
SM2BE	1,99 (± 0,66)	2,05 (± 0,86)	2,25 (± 0,12)	2,65 (± 0,71)	2,04 (± 0,52)	3,75 (± 0,26)
SM3FE	AI	2,04 (± 0,62)	2,68 (± 0,80)	3,04 (± 1,06)	3,05 (± 0,18)	3,04 (± 0,45)
SM3BE	1,55 (± 0,34)	3,35 (± 1,74)	4,42 (± 1,27)	3,81 (± 0,72)	3,95 (± 0,61)	5,75 (± 1,00)
CR1FD	2,34 (± 0,40)	2,27 (± 0,61)	1,75 (± 0,30)	1,98 (± 0,25)	1,47 (± 0,28)	1,15 (± 0,16)
CR1BD	2,77 (± 0,60)	1,92 (± 0,33)	2,08 (± 0,45)	2,13 (± 0,56)	1,74 (± 0,26)	1,52 (± 0,33)
CR2FD	2,70 (± 0,50)	2,27 (± 0,61)	1,80 (± 0,29)	1,23 (± 0,30)	1,30 (± 0,24)	1,57 (± 0,56)
CR2BD	2,43 (± 0,75)	1,92 (± 0,33)	1,51 (± 0,25)	2,26 (± 0,38)	1,86 (± 0,48)	2,06 (± 0,52)
CR3FD	1,82 (± 1,17)	1,24 (± 0,75)	1,90 (± 0,33)	1,10 (± 0,51)	0,82 (± 0,23)	1,18 (± 0,15)
CR3BD	2,30 (± 0,88)	1,57 (± 0,44)	1,73 (± 0,26)	2,33 (± 0,20)	1,67 (± 0,29)	2,00 (± 0,24)
CR1FE	2,28 (± 0,52)	1,59 (± 0,41)	1,97 (± 0,28)	1,83 (± 0,43)	1,70 (± 0,12)	1,11 (± 0,39)
CR1BE	2,41 (± 0,16)	2,35 (± 0,44)	2,62 (± 0,59)	2,40 (± 0,64)	2,22 (± 0,52)	2,16 (± 0,40)
CR2FE	2,22 (± 0,75)	1,59 (± 0,41)	1,90 (± 0,67)	1,85 (± 0,37)	1,17 (± 0,26)	1,71 (± 0,41)
CR2BE	1,13 (± 0,24)	2,35 (± 0,44)	1,16 (± 0,42)	0,97 (± 0,18)	0,62 (± 0,20)	1,16 (± 0,34)
CR3FE	1,60 (± 0,68)	1,71 (± 0,49)	1,34 (± 0,18)	1,44 (± 0,12)	1,01 (± 0,26)	1,05 (± 0,40)
CR3BE	1,65 (± 0,87)	1,48 (± 0,40)	1,54 (± 0,62)	1,63 (± 0,35)	1,47 (± 0,54)	1,30 (± 0,42)

Apêndice 53: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais considerando os dados de todos os estuários avaliados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.min: densidade mínima, dens.max: densidade máxima, LC.med: média da largura do cefalotórax, ab: área basal, dap: diâmetro a altura do peito, dv: densidade da vegetação, h: altura, mo1: matéria orgânica período chuvoso, mo2: matéria orgânica período seco, CaCO₃: carbonato de cálcio, sal.min: salinidade mínima, sal.max: salinidade máxima, AI.max: amplitude de inundação máxima, AI.med: amplitude de inundação média.

Variáveis		<i>r</i>	<i>p</i>
ab	dens.med	0.35	<0.01
ab	dens.max	0.38	<0.01
dap	LC.med	0.48	<0.01
dv	LC.med	-0.28	0.04

Variáveis		<i>r</i>	<i>p</i>
h	LC.med	0.54	<0.01
mo1	dens.max	-0.31	0.02
mo1	LC.med	0.26	0.05
mo2	dens.max	-0.30	0.02
mo2	LC.med	0.38	<0.01
sal.min	dens.med	-0.55	<0.01
sal.min	dens.min	-0.46	<0.01
sal.min	dens.max	-0.49	<0.01
sal.max	dens.med	-0.61	<0.01
sal.max	dens.min	-0.65	<0.01
sal.max	dens.max	-0.51	<0.01
areia	dens.max	0.37	<0.01
areia	LC.med	-0.76	<0.01
lama	dens.max	-0.32	0.02
lama	LC.med	0.77	<0.01
CaCO ₃	dens.med	-0.27	0.04
CaCO ₃	dens.max	-0.38	<0.01
CaCO ₃	LC.med	0.30	0.03
Al.max	dens.max	-0.33	0.01
Al.max	LC.med	0.54	<0.01
Al.med	LC.med	0.37	<0.01
dens.max	LC.med	-0.39	<0.01

Apêndice 54: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de *p* entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais considerando os dados de todos os estuários avaliados durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.min: densidade mínima, dens.max: densidade máxima, LC.med: média da largura do cefalotórax. Elementos seguidos da letra *f* correspondem aos metais foliares.

Variáveis		<i>r</i>	<i>p</i>
Al	dens.max	-0.28	0.03
Al	LC.med	0.38	<0.01
Ba	dens.mín	0.38	<0.01
Ba	LC.med	0.36	<0.01
Co	LC.med	0.46	<0.01
Cr	LC.med	0.62	<0.01
Cu	dens.med	-0.28	0.03
Cu	dens.min	-0.25	0.05
Fe	dens.max	-0.29	0.03
Fe	LC.med	0.37	<0.01
Mn	dens.max	-0.31	0.02
Mn	LC.med	0.56	<0.01

Variáveis		<i>r</i>	<i>p</i>
Pb	LC.med	0.48	<0.01
V	LC.med	0.45	<0.01
Zn	LC.med	0.39	<0.01
Cu.f	dens.med	0.29	0.03
Cu.f	dens.min	0.34	<0.01
Fe.f	dens.med	0.63	<0.01
Fe.f	dens.min	0.43	<0.01
Fe.f	dens.max	0.60	<0.01
Mn.f	dens.max	-0.29	0.03
Mn.f	LC.med	0.34	<0.01
Pb.f	dens.med	0.30	0.02
Pb.f	dens.min	0.36	<0.01
Zn.f	dens.med	0.30	0.02
Zn.f	dens.min	0.32	0.01
dens.max.	LC.med	-0.38	<0.01

Apêndice 55: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de *p* entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.min: densidade mínima, dens.max: densidade máxima, LC.med: média da largura do cefalotórax, ab: área basal, dap: diâmetro a altura do peito, mo1: matéria orgânica período chuvoso, mo2: matéria orgânica período seco, CaCO₃: carbonato de cálcio, sal.min: salinidade mínima.

Variáveis		<i>r</i>	<i>p</i>
ab	LC.med	0.58	0.05
dap	LC.med	0.59	0.04
mo1	LC.med	0.59	0.04
mo2	LC.med	0.69	0.01
CaCO ₃	dens.max	-0.57	0.05
sal.min	LC.med	-0.72	<0.01

Apêndice 56: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de *p* entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio Piraquê-Açú, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.min: densidade mínima, dens.max: densidade máxima, LC.med: média da largura do cefalotórax. Elementos seguidos da letra *f* correspondem aos metais foliares.

Variáveis		<i>r</i>	<i>p</i>
Al	LC.med	0.57	0.05
Ba	LC.med	0.74	<0.01
Cd	LC.med	0.53	0.07
Cr	LC.med	0.53	0.08
Al.f	LC.med	-0.58	0.05

Cu.f	LC.med	-0.57	0.05
------	--------	-------	------

Apêndice 57: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.min: densidade mínima, dens.max: densidade máxima, LC.med: média da largura do cefalotórax, dap: diâmetro a altura do peito, dv: densidade da vegetação, h: altura, mo1: matéria orgânica período chuvoso, mo2: matéria orgânica período seco, CaCO₃: carbonato de cálcio, sal.min: salinidade mínima, Al.max: amplitude de inundação máxima.

Variáveis		r	p
dap	LC.med	0.71	<0.01
dv	LC.med	-0.80	<0.01
h	LC.med	0.81	<0.01
areia	LC.med	-0.67	0.02
lama	LC.med	0.88	<0.01
mo1	LC.med	0.74	<0.01
mo2	dens.max	-0.58	0.05
mo2	LC.med	0.73	<0.01
CaCO ₃	LC.med	0.70	0.01
sal.min	LC.med	0.67	0.02
Al.max	LC.med	0.59	0.04

Apêndice 58: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio Piraquê-Mirim, Aracruz, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 dens.min: densidade mínima, dens.max: densidade máxima, LC.med: média da largura do cefalotórax.

Elementos seguidos da letra f correspondem aos metais foliares.

Variáveis		r	p
Al	LC.med	0.68	0.01
Ba	dens.min	0.58	0.05
Ba	LC.med	0.80	<0.01
Co	LC.med	0.63	0.03
Cr	LC.med	0.85	<0.01
Fe	LC.med	0.71	<0.01
Mn	LC.med	0.71	<0.01
Ni	LC.med	0.83	<0.01
Pb	LC.med	0.85	<0.01
V	dens.min	0.58	0.05
V	LC.med	0.77	<0.01
Zn	LC.med	0.76	<0.01
Cu.f	dens.min	-0.61	0.04

Apêndice 59: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara, São Mateus, durante o PMBA entre

outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.min: densidade mínima, LC.med: média da largura do cefalotórax, dv: densidade da vegetação, mo1: matéria orgânica período chuvoso, sal.min: salinidade mínima, Al.med: amplitude de inundação média.

Variáveis		r	p
mo1	LC.med	-0.97	0.03

Apêndice 60 Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio Ipiranga, Urussuquara, São Mateus, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.min: densidade mínima, LC.med: média da largura do cefalotórax. Elementos seguidos da letra f correspondem aos metais foliares.

Variáveis		r	p
Mn	dens.min	-0.95	0.05
Al.f	dens.med	0.99	0.01
Fe.f	LC.med	0.98	0.02
Mn.f	dens.min	-0.95	0.05
Pb.f	dens.mín	-0.97	0.03

Apêndice 61: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio Mariricu, Barra Nova, São Mateus, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.min: densidade mínima, dens.max: densidade máxima, LC.med: média da largura do cefalotórax, ab: área basal, dv: densidade da vegetação, mo1: matéria orgânica período chuvoso, mo2: matéria orgânica período seco, CaCO₃: carbonato de cálcio, sal.min: salinidade mínima, sal.max: salinidade máxima, IAF: índice de área foliar, Al.med: amplitude de inundação média, Al.max: amplitude de inundação máxima.

Variáveis		r	p
ab	dens.med	0.94	<0.01
dv	dens.med	0.81	0.05
lama	LC.med	0.81	0.05
mo1	LC.med	0.97	<0.01
mo2	dens.max	-0.89	0.02
CaCO ₃	LC.med	0.94	<0.01
IAF	dens.med	0.84	0.04
sal.min	dens.med	-0.92	<0.01
sal.min	dens.min	-0.87	0.02
sal.min	dens.max	-0.94	<0.01
sal.max	dens.med	-0.88	0.02
sal.max	dens.max	-0.97	<0.01
Al.med	dens.med	0.94	<0.01
Al.med	dens.max	0.95	<0.01
Al.max	dens.med	0.90	0.01
Al.max	dens.max	0.83	0.04

Apêndice 62: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio Mariricu, Barra Nova, São Mateus, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.min: densidade mínima, LC.med: média da largura do cefalotórax. Elementos seguidos da letra f correspondem aos metais foliares.

Variáveis		<i>r</i>	<i>p</i>
As	LC.med	0.87	0.02
Ba	LC.med	0.82	0.05
Cr	LC.med	0.86	0.03
Cu	LC.med	0.80	0.05
Fe	LC.med	0.82	0.04
Hg	dens.max	-0.92	<0.01
Mn	LC.med	0.86	0.03
Ni	LC.med	0.81	0.05
Pb	LC.med	0.94	<0.01
V	LC.med	0.83	0.04
Fe.f	dens.med	0.83	0.04
Mn.f	LC.med	0.97	<0.01

Apêndice 63: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.max: densidade máxima, LC.med: média da largura do cefalotórax, CaCO₃: carbonato de cálcio, Al.med: amplitude de inundação média, Al.max: amplitude de inundação máxima.

Variáveis		<i>r</i>	<i>p</i>
CaCO ₃	LC.med	0.66	0.05
Al.max	dens.med	-0.66	0.05
Al.med	dens.med	-0.68	0.05
Al.med	dens.max	-0.66	0.05

Apêndice 64: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário do rio São Mateus, Conceição da Barra, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019 dens.min: densidade mínima. Elementos seguidos da letra f correspondem aos metais foliares.

Variáveis		<i>r</i>	<i>p</i>
Ba	dens.min	0.70	0.02
Fe.f	dens.min	0.67	0.03

Apêndice 65: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário de Caravelas, Caravelas, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.min: densidade mínima, dens.max: densidade máxima, LC.med: média da largura do cefalotórax, ab: área basal, dap: diâmetro a altura do peito, dv: densidade da vegetação, h: altura, sal.max: salinidade máxima.

Variáveis		R	P
ab	dens.med	-0.59	0.04
dap	dens.max	-0.66	0.02
dap	LC.med	0.76	<0.01
Variáveis		R	P
dv	dens.min	0.60	0.04
dv	LC.med	-0.74	<0.01
h	dens.max	-0.66	0.02
h	LC.med	0.78	<0.01
sal.max	dens.med	-0.58	0.04
sal.max	dens.min	-0.71	<0.01

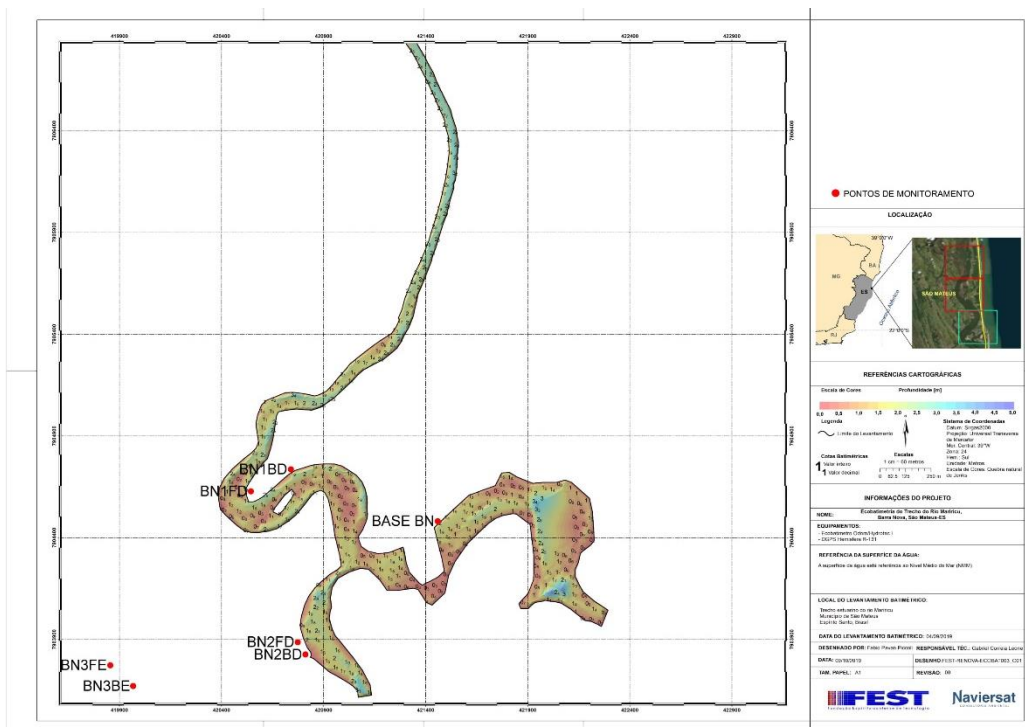
Apêndice 66: Coeficiente de correlação de Pearson e valor de p entre os parâmetros populacionais de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e as variáveis ambientais no estuário de Caravelas, Caravelas, durante o PMBA entre outubro de 2018 e setembro de 2019. dens.med: densidade média, dens.max: densidade máxima. LC.med: média da largura do cefalotórax.

Elementos seguidos da letra f correspondem aos metais foliares.

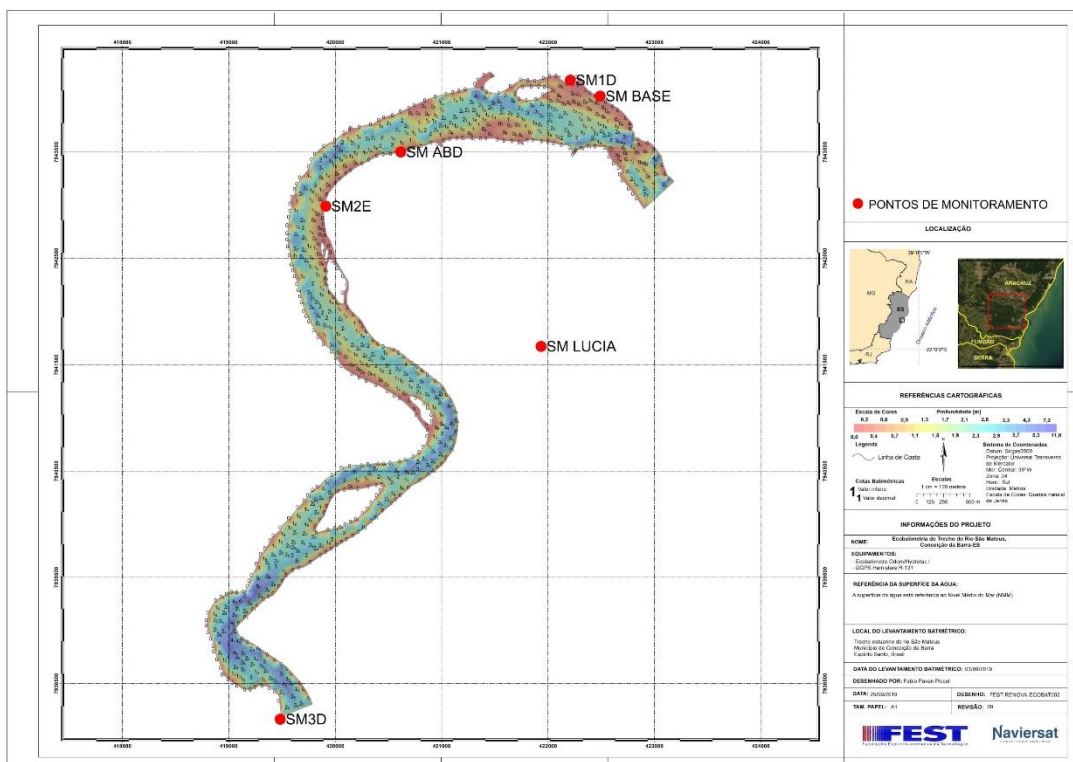
Variáveis		R	P
Al.f	dens.med	-0.58	0.05
Al.f	dens.max	-0.74	<0.01
Fe.f	dens.max	-0.56	0.06
Mn.f	LC.med	0.54	0.07

7.9 MAPAS DINÂMICA ESTUARINA

Apêndice 67: Mapa de ecobatimetria do trecho do Rio Mariricu, Barra Nova, São Mateus-ES



Apêndice 68: Mapa de ecobatimetria do trecho do Rio São Mateus, Conceição da Barra-ES



Anexo 5 – Manguezal

