

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

Material Suplementar Ambiente Dulcícola – Tema Limnologia

RT- 43/ JUN 23

RA2022 PMBA/Fest

Vitória,

Junho de 2023

SUMÁRIO

1	HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL	3
2	METODOLOGIA	4
2.1	COLETA	4
2.2	ANÁLISE.....	6
2.3	HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES E ADAPTAÇÕES DE METODOLOGIAS.....	8
3	RESULTADOS DOS INDICADORES	9
3.1	CLARIDADE DA ÁGUA: MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ	9
3.2	ACIDEZ/ ALCALINIDADE	16
3.3	ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA DOS ECOSSISTEMAS LACUSTRES: LAGOS	23
3.4	CONDIÇÃO OXIDANTE/REDUTORA DA COLUNA D'ÁGUA E ÁGUA INTERSTICIAL	34
3.5	ESTADO TRÓFICO.....	36
3.6	TESTEMUNHO DE SEDIMENTOS EM LAGOS E LAGOAS	52
4	ITENS PREVISTOS E NÃO REALIZADOS: JUSTIFICATIVAS	69
5	REFERÊNCIAS	69

1 HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL

O histórico de malha e frequência amostrais do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I (PMBA/Fest) abrange informações de suma importância para o balizamento do presente programa, uma vez que passou por modificações ao longo do tempo, visando melhor atender aos objetivos do PMBA/Fest. Estas alterações foram aprovadas pela Câmara Técnica da Biodiversidade (CTBio) por meio de: (1) ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio, de outubro de 2019 (para o período de transição) e (2) Proposta Técnica de continuação do monitoramento, apresentada no primeiro semestre de 2022 visando o “Novo Ciclo do PMBA/Fest”.

As modificações implementadas se encontram nos seguintes Materiais Suplementares: 1) **MS - Malha e frequência amostrais**, onde as diferentes malhas e frequências amostrais são apresentadas nas abas “Ano 1”, “Transição”, “Novo Ciclo” e “Histórico Frequências” e 2) **MS – Mapas das malhas amostrais**, com a espacialização referente às malhas amostrais dos Ambientes. Como forma de esclarecer os períodos contemplados em cada uma delas, “Ano 1” se refere às estações amostrais coletadas entre setembro de 2018 e setembro de 2019, “Transição” às estações entre outubro de 2019 e julho de 2022 e “Novo Ciclo” referente às estações amostrais coletadas a partir de agosto de 2022.

2 METODOLOGIA

A metodologia apresentada contempla o escopo em vigência no momento de entrega deste relatório, ou seja, as amostragens e análises previstas para o Novo Ciclo do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática – PMBA submetidas à Fundação Renova através do FORMULÁRIO DE APRESENTAÇÃO DE PLANO DE TRABALHO em 31 de agosto de 2022. Após a descrição da metodologia implementada, será apresentado um breve descritivo sobre as modificações metodológicas (parâmetros, análise de parâmetros ou grupo de parâmetros, dentre outros) que ocorreram ao longo da evolução do PMBA/Fest a fim de determinar os indicadores.

2.1 COLETA

As amostragens foram realizadas na malha amostral com cinco estações na calha fluvial do Rio Doce (E0a, E0, E21, E26 e E26f), no rio tributário (Rio Manhuaçu, E2), em três lagos, com profundidade média superior a 3 m (Nova – E19, Juparanã – E20 e Palmas E28) e em três lagoas, com profundidade média inferior a 3 m (Areal - E24, Monsarás – E25 e Cacimbas E27).

A estação amostral do Rio Guandu (E17) foi descontinuada devido aos elevados valores de material particulado em suspensão e turbidez que dificultam o uso dessa estação como ambiente fluvial de referência. Em substituição foi incluído o Rio Manhuaçu (E2). Na calha fluvial do Rio Doce as estações amostrais foram ampliadas para cinco, sendo implementada uma estação à montante da represa de Aimorés (Rio Doce em Resplendor, MG - E0a) para servir como referência ao material carreado pelo rio antes da potencial retenção de materiais pelas represas (Aimorés e Mascarenhas). À jusante das barragens o monitoramento continua a ser desenvolvido na estação de Itapina, Colatina. ES - E0 que serve como comparação para as condições da estação de Resplendor. A próxima estação à jusante é Linhares – E21 que continua sendo monitorada desde outubro de 2018 e servindo como referência para estimativa dos fluxos hidrológicos de sedimentos, nutrientes e metais. A estação E-22, intermediária entre Linhares – E21 e Regência – E26, foi descontinuada devido as dificuldades de acessibilidade durante o período de baixa vazão fluvial e os impedimentos de navegação devido aos extensos bancos de areia na calha do Rio Doce. A estação de Regência – E26 continua em monitoramento desde de outubro de 2018. Uma nova estação amostral foi estabelecida em área de remanso próximo da desembocadura do Rio Doce no mar (E26F). Essa estação está sujeita à intrusão da cunha salina e, portanto, é um importante sítio para dissolução e precipitação de elementos químicos particulados e dissolvidos na água do Rio, além de possibilitar a deposição de sedimentos finos.

Em relação aos ecossistemas lacustres, devido a impedimentos para acesso à propriedade, a estação da Lagoa Areão - E23 foi descontinuada a partir de setembro de 2021. Em substituição a Lagoa do Areão foi inserida a Lagoa Cacimbas (E27), localizada a cerca de 5,5 km a oeste da Vila de Regência. A Lagoa Monsarás, mais propriamente a Laguna de Monsarás – E25, continua sendo monitorada desde outubro de 2018, porém a estação E25a no canal de conexão entre as Lagoas do Martins e Monsarás foi descontinuada. Quanto aos lagos, a estação do Lago do Limão – E18 foi substituída pela estação E28 no Lago Palmas. O Lago Palmas, embora também tenha conexão fluvial com o Rio Doce por

córrego de drenagem, é bastante profundo ($Z_{\text{máx}} = 50,0\text{m}$ e $Z_{\text{méd}} = 21,4\text{m}$) e, portanto, representa um importante ecossistema de referência, sobretudo pela considerável extensão da coluna d'água e condições favoráveis para deposição de sedimentos no fundo da bacia lacustre.

Desde outubro de 2022 a zona litorânea dos lagos e lagoas vem sendo amostrada em profundidade de meia água, bem como o compartimento de sedimentos. A amostragem na zona litorânea deve-se as condições de menor profundidade, coluna d'água potencialmente toda iluminada e proximidade do sedimento, promovendo um ambiente físico e químico distinto para as comunidades de macrófitas aquáticas, perifíton e zooplâncton.

A partir de outubro de 2022, foram estabelecidas estações amostrais nas represas Aimorés – ERA e Mascarenhas – ERM com localização na região mais próxima das barragens, respeitando a zona de segurança para navegação nos reservatórios. Não há amostragem na zona litorânea das represas.

As amostras de água são coletadas com garrafa conversível de Niskin (2,8 L), montada na posição horizontal nas amostragens em sistema fluviais e na vertical em sistemas lacustres. Nos lagos a amostragem é realizada em três profundidades, subsuperfície, 1% da radiação fotossintética ativa – RFA e a um metro do fundo. O sedimento é coletado com draga de Ekman em ecossistemas lacustres com sedimento lamoso e draga de Van Veen em sedimentos arenoso nos ambientes fluviais e na Laguna de Monsarás. Nas amostragens da calha do Rio Doce, durante as condições de elevada vazão fluvial, têm sido utilizados amostradores com pesos extras para minimizar a deriva dos equipamentos pela correnteza.

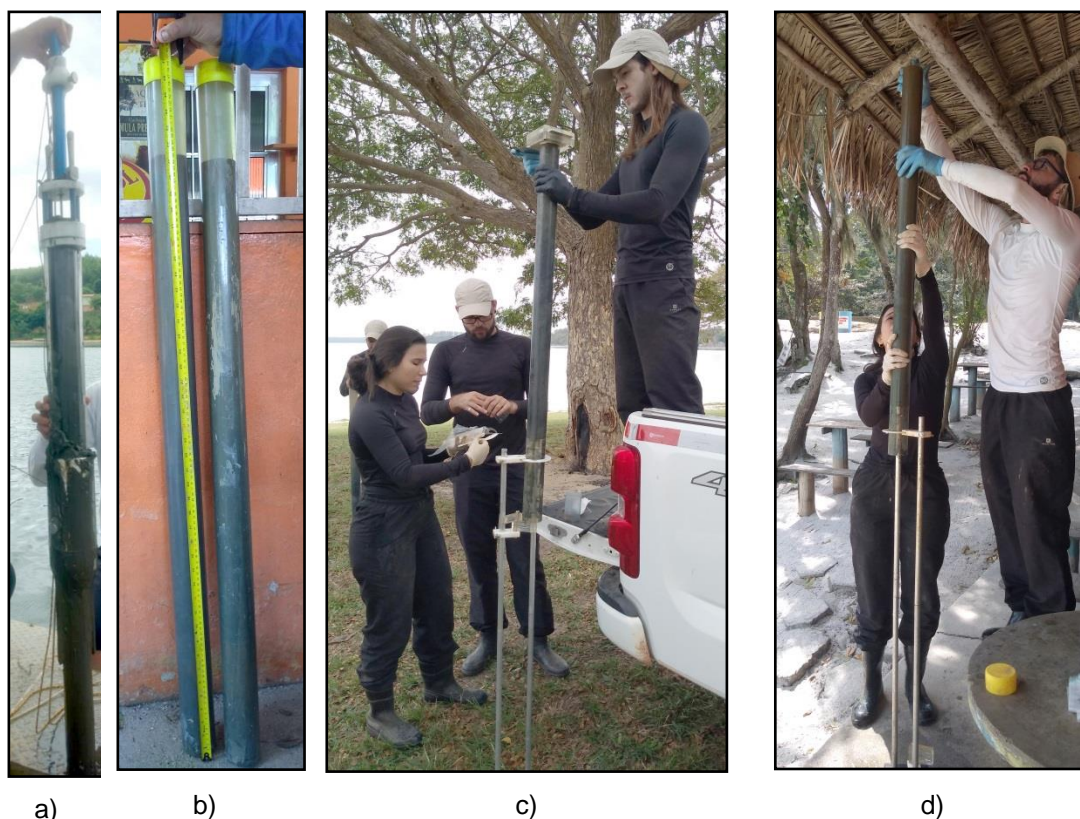
Em cada amostragem foram feitos registros *in situ* de parâmetros físicos (temperatura em °C e turbidez em UNT e material particulado em suspensão em mg/L) e físico-químicos (pH, condutividade elétrica em $\mu\text{S/cm}$, oxigênio dissolvido em mg/L e potencial de oxidação-redução em mV) da coluna d'água com a sonda YSI Exo-2 previamente calibrada. O registro *in situ* do pH e condutividade elétrica do sedimento foi feito com sondas portáteis Hanna Instruments imediatamente à coleta do sedimento (Figura 1) e na camada superficial do sedimento com a menor interferência possível na amostra.

Nos ecossistemas lacustres foi registrada a transparência da coluna d'água (m) com o disco de Secchi e a profundidade de 1% de RFA determinada pelo produto da transparência pelo coeficiente de 2,7 conforme Cole (1994).

Ao final do dia de amostragem, as amostras, devidamente acondicionadas em frascaria própria e previamente descontaminada e etiquetada, foram transportadas em coolers com gelo para o Laboratório de Limnologia e Planejamento Amostral – LimnoLab da Universidade Federal do Espírito Santo em Vitória (ES) onde foram processadas.

Durante o período de transição, mais precisamente em agosto de 2019, foram feitas coletas de testemunhos de sedimento em cada um dos lagos e lagoas. As amostragens foram feitas com o coletor *hammer corer* Uwitec com tubos de 120 cm de comprimento e 8 cm de diâmetro interno. Os testemunhos de sedimento foram fatiados ainda em campo com intervalos de 1,0 cm de 0 a 10 cm de profundidade, a cada 2,0 cm entre 10 e 30 cm e a cada 5 cm a partir de 30 cm.

Figura 1: Coleta e processamento dos testemunhos de sedimento nos lagos e lagoas do Baixo Rio Doce. a) coleta com o amostrador Uwitec hammer corer; b) testemunhos de sedimento do Lago Juparanã com 100 cm de comprimento; c) fracionamento em campo do testemunho de sedimento do Lago Juparanã.



2.2 ANÁLISE

Para as amostras da coluna d'água foram considerados os seguintes parâmetros: material particulado em suspensão em mg/L pelo método gravimétrico com filtração da água em membranas de acetato de celulose com porosidade de 0,45 μm (APHA, 2005); alcalinidade total em mg de CaCO_3/L por titulação com H_2SO_4 diluído (APHA, 2005), clorofila-a em $\mu\text{g}/\text{L}$ por fluorimetria, após filtração em filtros de fibra de vidro 0,7 μm e extração em acetona 90% (APHA, 2005); fósforo total e nitrogênio total em $\mu\text{g}/\text{L}$ após digestão simultânea com persulfato de potássio e determinação de fosfato e nitrito, respectivamente (APHA, 2005); nutrientes inorgânicos dissolvidos silicato (reação silicomolibdico), fosfato (reação fosfomolibdico), nitrato (redução em coluna de cádmio), nitrito (reação diazotização) e íon amônio (reação salicilato) foram determinados em $\mu\text{g}/\text{L}$ por espectrofotometria em sistema de análise segmentada em fluxo contínuo SEAL AutoAnalyzer3 High Resolution - AA3HR Seal Analytics (APHA, 2017).

Para a determinação do Índice de Estado Trófico dos rios e ecossistemas lacustres, foi utilizado no cálculo do IVA, composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações:

- Rios:

$$IET (CL) = 10 \times \left(6 - \left(\frac{-0,7 - 0,6 \times (in CL)}{\ln 2} \right) \right) - 20$$

Equação 1

$$IET (PT) = 10 \times \left(6 - \left(\frac{-0,42 - 0,36 \times (in CL)}{\ln 2} \right) \right) - 20$$

Equação 2

- Reservatórios:

$$IET (CL) = 10 \times \left(6 - \left(\frac{-0,92 - 0,34 \times (in CL)}{\ln 2} \right) \right)$$

Equação 3

$$IET (PT) = 10 \times \left(6 - \left(\frac{-1,77 - 0,42 \times (in PT)}{\ln 2} \right) \right)$$

Equação 4

Onde, PT é a concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g. L}^{-1}$; CL é concentração de *clorofila-a* medida à superfície da água, em $\mu\text{g. L}^{-1}$; ln: logaritmo natural. Nos meses em que estejam disponíveis dados de ambas variáveis, o resultado apresentado nas tabelas do IET será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a *clorofila-a* (equação 5):

$$IET = \frac{IET (PT) + IET (CL)}{2}$$

Equação 5

Na interpretação dos resultados, os pontos serão classificados conforme os resultados obtidos para o IET anual. Assim, para cada ponto, serão utilizadas as médias geométricas das concentrações de fósforo total e *clorofila-a* para cálculo do IET(PT) e IET(CL) anual, sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices anuais relativos ao fósforo total e a *clorofila a*. Desta forma, os ecossistemas lacustres serão posteriormente classificados de acordo com Índice de Carlson (1977) (modificado) para rios e reservatórios nas classes $IET \leq 47$ (ultraoligotrófico); $47 < IET \leq 52$ (oligotrófico); $52 < IET \leq 59$ (mesotrófico); $59 < IET \leq 63$ (eutrófico); $63 < IET \leq 67$ (supereutrófico) e $IET > 67$ (hipereutrófico).

A Resistência Térmica Relativa Integrada (RTRi) dos lagos e lagoas foram calculadas pela relação matemática por meio da equação 6:

$$RTRi = \sum \frac{(d2 - d1) \times 10^6}{8}$$

Equação 6

Onde, d1: densidade da água no estrato 1 (mais superficial); d2: densidade da água no estrato 2 mais profundo); 8: representa a diferença de densidade da água nas temperaturas de 4°C (i.e., densidade máxima da água) e 5°C, ou seja 0,000008g/cm³. Assim, foi classificado seguindo as categorias:

desestratificação (RTRi total < 10), moderadamente estratificado (RTR total: 10 a 100) e fortemente estratificado (RTR total > 100).

No sedimento foram determinados os parâmetros físicos densidade (kg/m³), granulometria (classes de cascalho < 2,0 mm, areia de 0,06 a 2,0 mm e lama < 0,06 mm), fração orgânica (%) por perda por ignição (500 °C por 4 horas) (Håkanson & Jansson, 1983) e hidroquímicos fósforo total (µg/g) por digestão com persulfto de potássio, fosfato na água intersticial em (µg/L) (reação fosfomolibdico) e extração sequencial de fósforo (mg/g) em P-trocável, P-amorfo, P-cristalino P-hidroxiapatita, P-carbonático, P-detrital e P-orgânico conforme método espectrofotométrico descrito por Anschutz & Deborde (2016).

Para análise dos testemunhos de sedimento dos ambientes lacustres, foram analisados a granulometria em %, a mineralogia em %, a matéria orgânica em % e o conteúdo de metais em mg/kg no perfil de solo, assim como, a datação baseada nas taxas de sedimentação no perfil de sedimento.

O índice de Enriquecimento (IE) foi usado para avaliar a contribuição de cargas de sedimento natural/antrópica e suas distribuições. Para cada metal, o IF foi calculado pela equação 7:

$$IE = \frac{(M / M_{ref})_{amostra}}{(M / M_{ref})_{normalizador}} \quad \text{Equação 7}$$

Onde, (M/Mref) amostra é a razão entre a concentração de metal e o número de referência do metal estudado; (M/Mref) normalizador é a razão entre a concentração do metal normalizador naquela amostra e o número de referência do metal normalizador. O cobalto foi utilizado como metal normalizador neste estudo, pois não foram observadas expressivas variações nos testemunhos entre os ambientes lacustres. A normalização com cobalto no cálculo do índice de enriquecimento apresenta uma nova abordagem na detecção de elementos antrópicos em sedimentos (Skan et al. 2015). Para o cálculo do IE, o número de referência utilizado foi o da porção superior da crosta terrestre em Wedepohl (1995). Posteriormente, foram atribuídas categorias para os índices de enriquecimento descritas por Birch, (2003), onde (IE<1) - sem enriquecimento; (IE: 1-3) - baixo enriquecimento; (IE: 3 – 5) - enriquecimento moderado; (IE: 5 – 10) enriquecimento moderadamente severo; (IE: 10 – 25) - enriquecimento severo.

2.3 HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES E ADAPTAÇÕES DE METODOLOGIAS

Não houve alterações de metodológicas.

3 RESULTADOS DOS INDICADORES

Nesta seção serão apresentados os resultados dos indicadores de qualidade ambiental e da biodiversidade aquática do Tema, os quais foram desenvolvidos pelo PMBA/Fest e obtidos ao longo do monitoramento (setembro/2018 – setembro/2022) na área ambiental I. Vale ressaltar que, os indicadores aqui apresentados têm como propósito clarificar e sintetizar a historicidade dos resultados, interpretação e conclusões do monitoramento, promovendo o acompanhamento espaço-temporal da qualidade ambiental e biodiversidade, além de configurarem importantes ferramentas de suporte a gestores ambientais. A partir destes indicadores, pode-se identificar os impactos com relação direta ou indireta ao rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana (MG).

Os indicadores do PMBA/Fest vêm se consolidando ao longo de quatro anos de monitoramento, onde seus principais resultados foram discutidos em todos os relatórios técnicos entregues até o presente, entretanto a partir do novo modelo de relatório solicitado via ofício SEI nº 85/2022-CTBio/DIBIO/ICMBio, proposto via ofício FR.2023.0214 (SEI13515133) e aprovado via ofício SEI nº4/2023-CTBio/DIBIO/ICMBio, a apresentação dos resultados será exclusivamente a partir da apresentação dos indicadores, acompanhados de legenda estendida com a explicação de sua variação espaço-temporal de forma mais direta e objetiva como se segue:

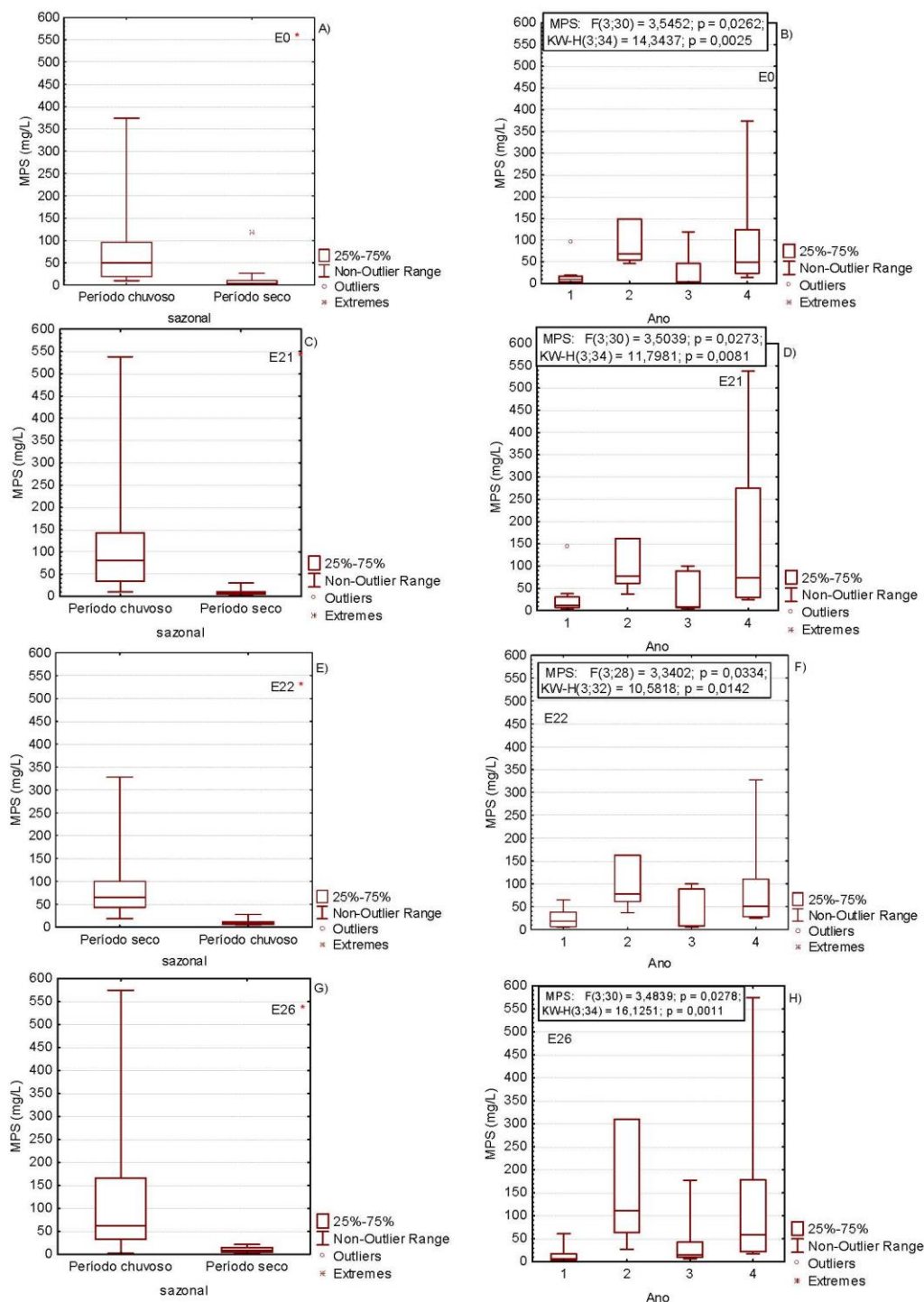
3.1 CLARIDADE DA ÁGUA: MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO E TURBIDEZ

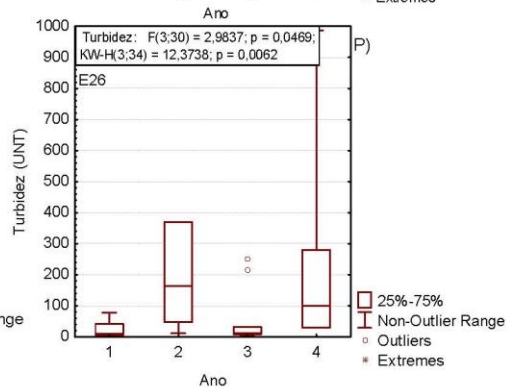
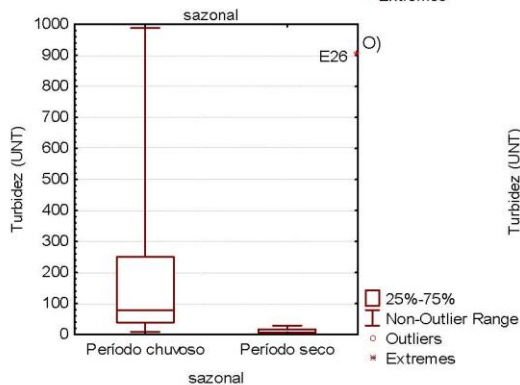
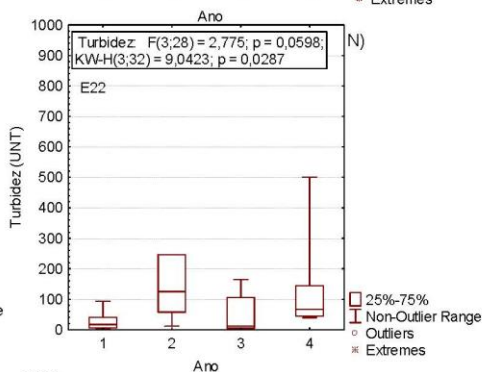
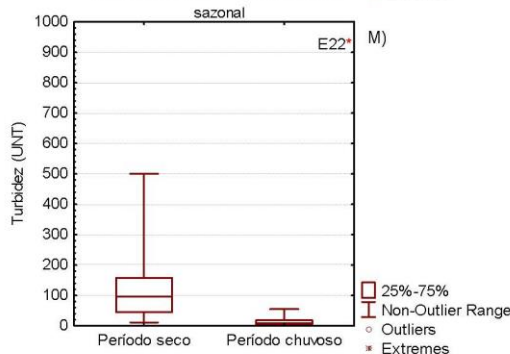
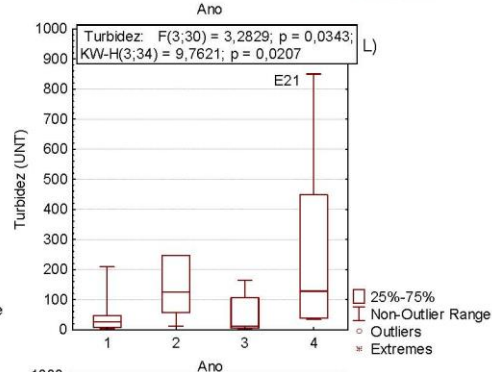
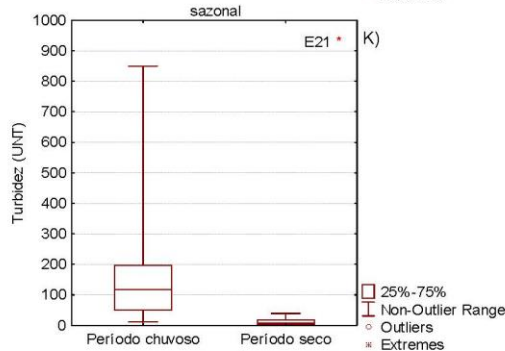
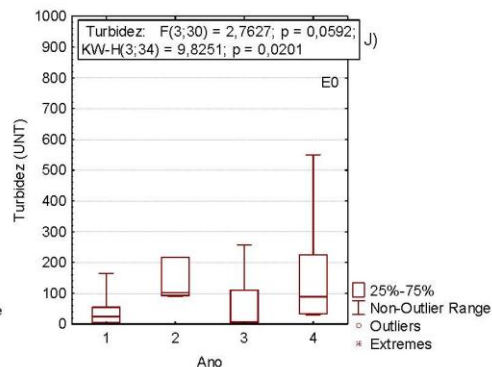
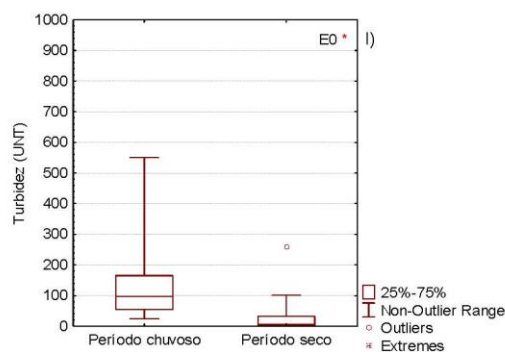
Quadro 1: Matriz água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Estatística descritiva do indicador Claridade da Água a partir dos parâmetros: Material particulado em suspensão (MPS) em mg/L e Turbidez em NTU das estações do Rio Doce (E0, E21, E22 e E26); do Rio Guandu (E17); das lagoas do Areão (E23), Lagoa do Areal (E24), Laguna Monsarás (E25 e E25a); D.P.: desvio padrão; C.V. Coeficiente de variação.

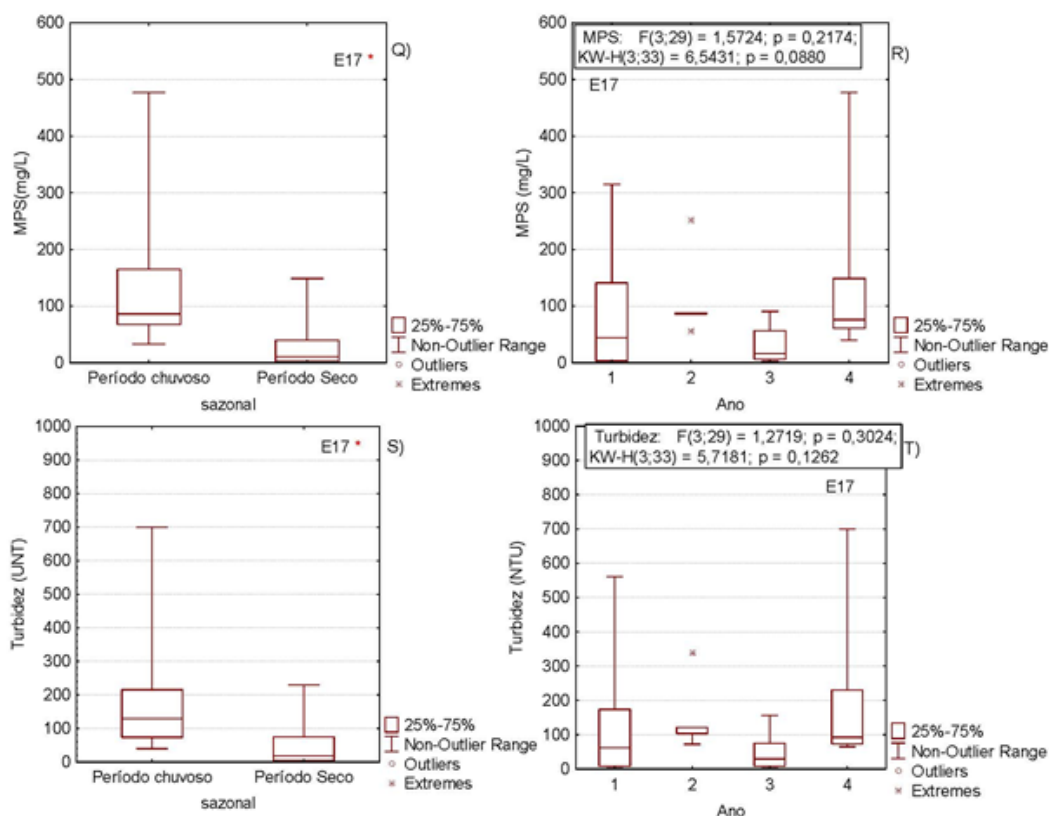
MPS- Rio Doce							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E0	34	46,5	17,8	0,5	374,0	72,6	156,1
E21	34	69,0	30,4	4,1	538,0	103,5	150,0
E22	32	54,8	33,1	5,0	327,6	66,6	121,5
E26	34	76,3	21,0	2,5	574,5	120,7	158,1
MPS- Rio Guandu							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E17	34	46,5	17,8	0,5	374,0	72,6	156,1
MPS- Lagoas							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E23	11	3,8	1,9	0,6	19,2	5,3	140,3
E24	32	17,2	11,2	3,2	88,4	17,9	104,4
E25	33	19,5	7,8	2,6	158,4	32,5	166,7
E25a	34	22,7	8,6	1,8	138,8	32,4	143,1

Turbidez – Rio Doce							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E0	34	84,1	39,0	1,5	550,0	110,9	131,8
E21	34	103,1	40,2	3,7	850,0	164,5	159,5
E22	32	77,7	40,0	3,7	500,0	103,4	133,1
E26	34	108,3	29,5	3,1	987,0	190,4	175,8
Turbidez- Rio Guandu							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E17	33	129,2	76,4	2,6	700,0	159,0	123,1
Turbidez- Lagoas							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E23	11	7,5	5,1	2,1	24,6	6,1	81,4
E24	32	39,3	23,1	12,4	174,6	35,0	88,9
E25	33	29,6	11,2	3,6	203,3	46,4	156,8
E25a	34	48,4	28,1	7,3	210,0	49,6	102,6

Figura 2: Matriz – água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Box plots do indicador claridade da água (material particulado em suspensão – MPS em mg/L e Turbidez em NTU) nos rios: A) variação sazonal do MPS na estação E0 do Rio doce; B) variação anual do MPS na estação E0 do Rio doce; C) variação sazonal do MPS na estação E21 do Rio Doce; D) variação anual do MPS na estação E21 do Rio Doce; E) variação sazonal do MPS na estação E22 do Rio Doce; F) variação anual do MPS na estação E22 do Rio Doce; G) variação sazonal do MPS na estação E26 do Rio Doce; H) variação anual do MPS na estação E26 do Rio Doce; I) variação sazonal da Turbidez na estação E0 do Rio Doce; J) variação anual da Turbidez na estação E0 do Rio Doce; K) variação sazonal da Turbidez na estação E21 do Rio Doce; L) variação anual da Turbidez na estação E21 do Rio Doce; M) variação sazonal na estação E22 do Rio Doce; N) variação anual da Turbidez na estação E22 do Rio Doce; O) variação sazonal da turbidez na estação E26 do Rio Doce; P) variação anual da Turbidez na estação E26 do Rio Doce; Q) variação sazonal do MPS na estação E17 do Rio Guandu; R) variação anual do MPS na estação E17 do Rio Guandu S) variação sazonal da turbidez na estação E17 do Rio Guandu; T) variação anual da Turbidez na estação E17 do Rio Guandu
Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *;
Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

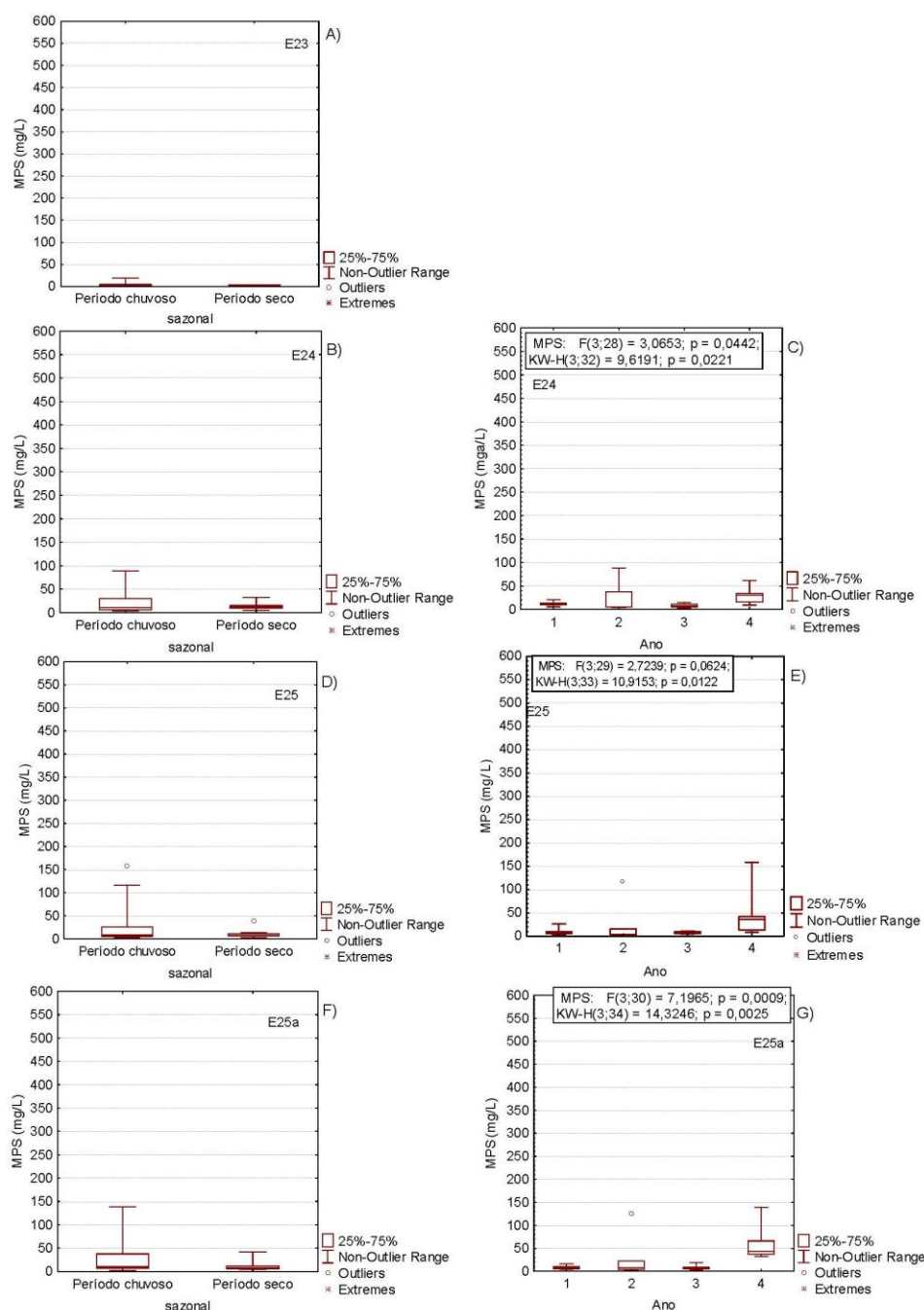


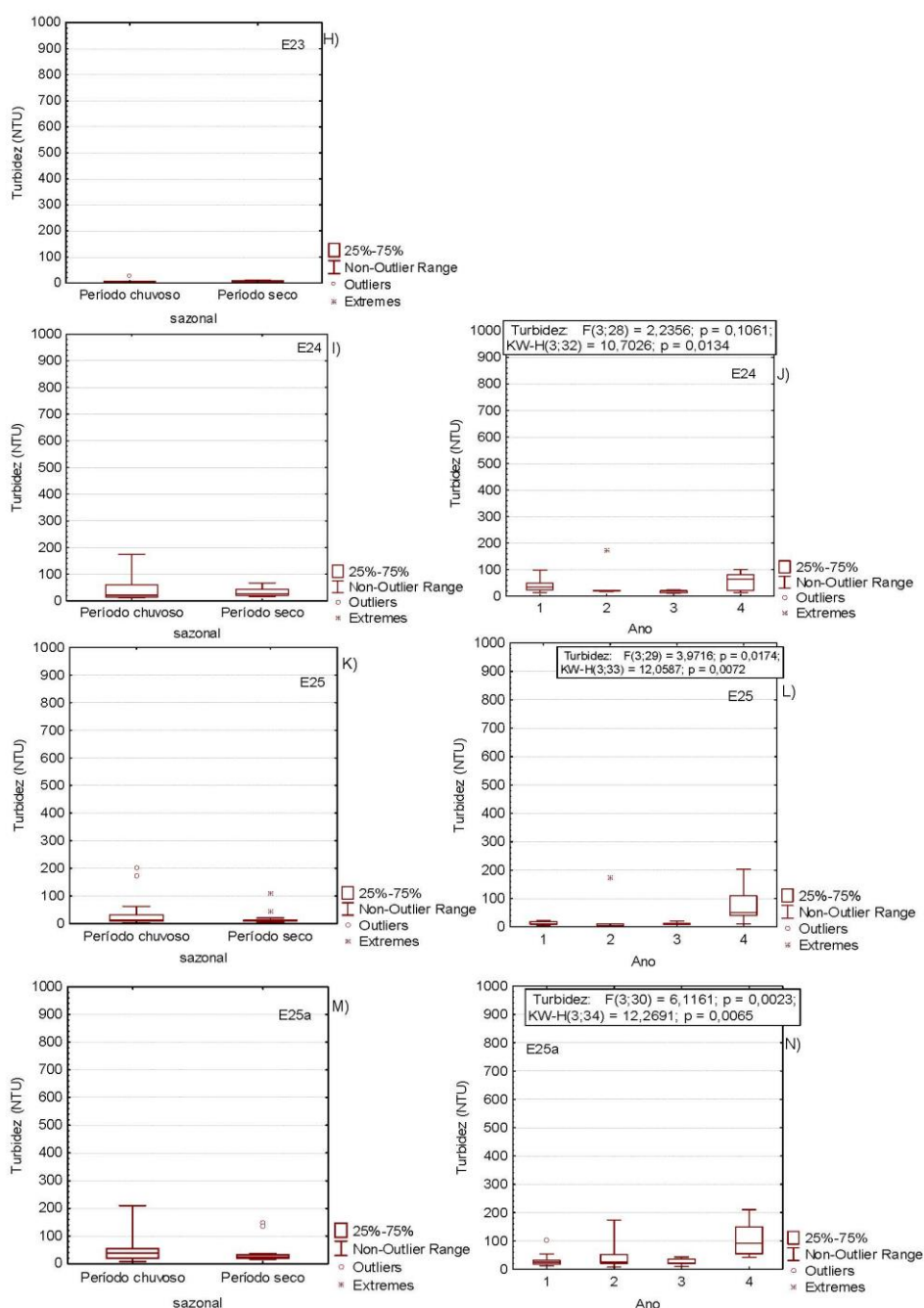




As concentrações de MPS na calha do Rio Doce (E0, E21, E22 e E26) e Rio Guandú (E17) foram maiores no período chuvoso comparados ao período seco (Mann-Whitney, $p < 0,05$; Figura 2 A, C, E, G, Q). Este mesmo padrão é observado para a turbidez (Figura 2 I, K, M, O, S). No caso da variação anual na calha do Rio Doce (E0, E21, E22 e E26) e no Rio Guandú (E17) foram observadas diferenças entre os anos (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) com tendência de aumento das concentrações de MPS (Figura 2 B, D, F, H, R) e turbidez (Figura 2 J, L, N, P, T) em relação ao Ano 1 de monitoramento. Ainda sobre a calha do Rio Doce, foram registrados incrementos das concentrações de MPS e turbidez à jusante (Quadro 1). Por exemplo, em E0 os valores médios de MPS e turbidez são respectivamente, 46,5 mg/L e 84,1 NTU, enquanto, em E26 foram registrados 76,3 mg/L e 108,3 NTU. No Rio Guandú, o MPS médio tem valor próximo a E0 com 46,5 mg/L, porém, foi registrada turbidez média de 129,2 NTU, acima das médias das estações da calha do Rio Doce (Quadro 1)

Figura 2: Matriz – água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Box plots do indicador claridade da água (material particulado em suspensão – MPS em mg/L e Turbidez em NTU) nas lagoas: A) variação sazonal do MPS na estação E23 da Lagoa do Areão; B) variação sazonal de MPS na estação E24 da Lagoa do Areal; C) variação anual do MPS na estação E24 da Lagoa do Areal; D) variação sazonal do MPS na estação E25a da Lagoa Monsarás; E) variação anual do MPS na estação E25a da Lagoa Monsarás; F) variação sazonal do MPS na estação E25 da Lagoa Monsarás; G) variação anual do MPS na estação E25 da Lagoa Monsarás; H) variação sazonal da turbidez na estação E23 da Lagoa do Areão; I) variação sazonal da turbidez na estação E24 da Lagoa do Areal; J) variação anual da turbidez na estação E24 da Lagoa do Areal; K) variação sazonal da turbidez na estação E25a da Lagoa Monsarás; L) variação anual da Turbidez na estação E25a da Lagoa Monsarás; M) variação sazonal da Turbidez na estação E25 da Lagoa Monsarás; N) variação anual da turbidez na estação E25 na Lagoa Monsarás. Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).





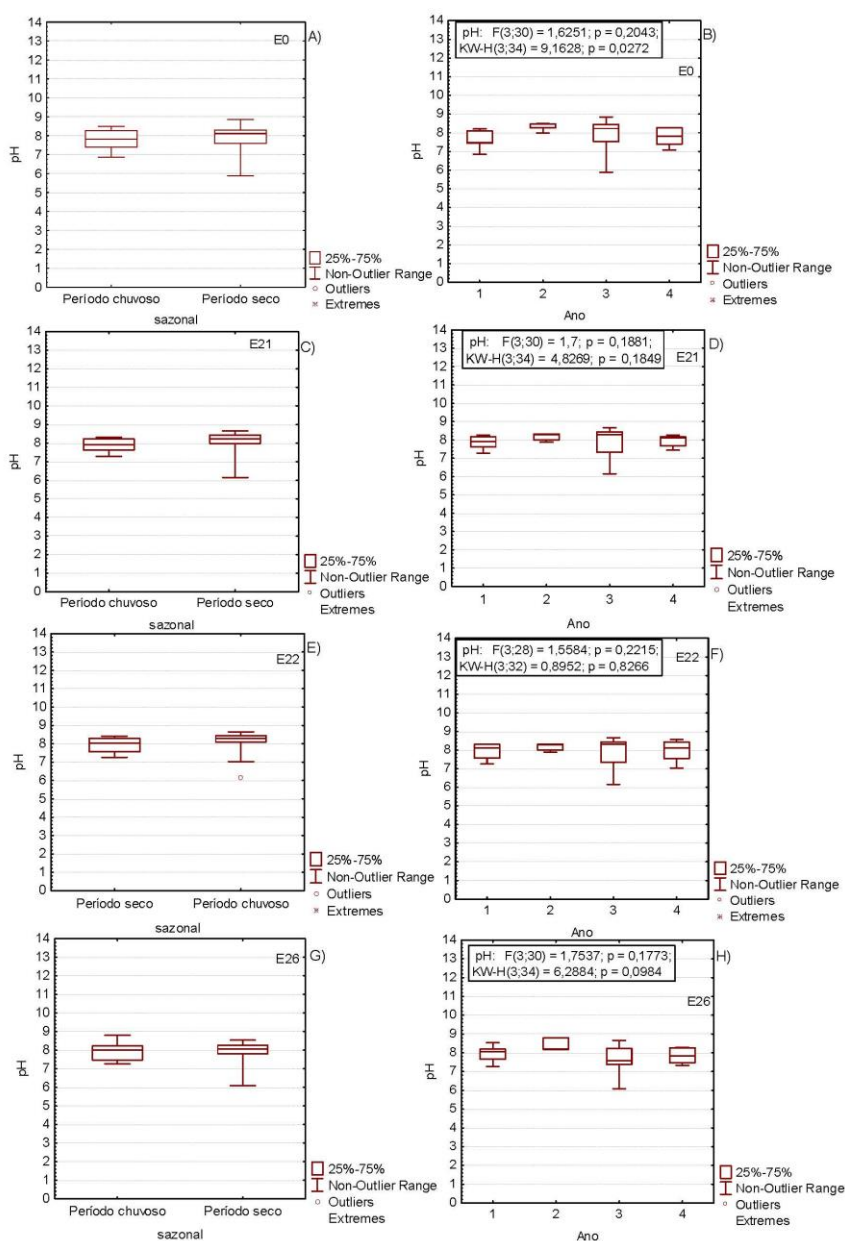
As concentrações de MPS (Figura 2 A, B, D, F) e turbidez (Figura 2 H, I, K, M) nas Lagoas do Areão (E23), Lagoa do Areal (E24), Lagoa Monsarás (E25 e E25a) não apresentaram diferença entre os períodos seco e chuvoso (Mann-Whitney, $p < 0,05$). A variação anual das concentrações de MPS (Figura 2 C, E, G) e turbidez (Figura 2 J, L, N) das Lagoas indicam diferenças significativas entre os anos (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) com tendência de aumento em relação ao primeiro ano (Ano 1) de monitoramento. Observa-se o aumento de MPS e turbidez nas lagoas da planície costeira do Rio Doce (Quadro 1), por exemplo, em E23 os valores médios de 3,8 mgL⁻¹ e 7,5 NTU, em E25a os valores médios de 22,7 mg/L e 48,4 NTU.

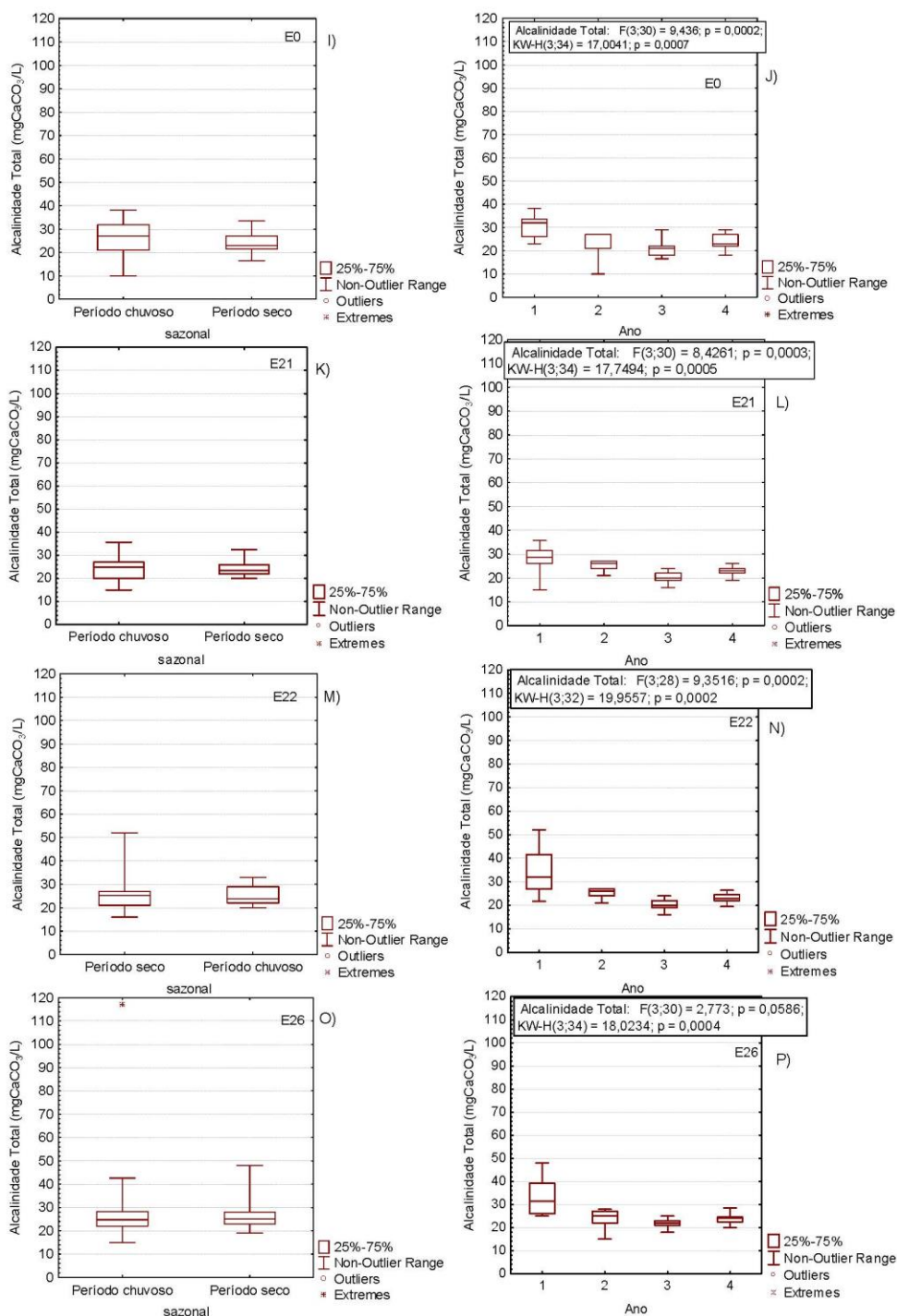
3.2 ACIDEZ/ ALCALINIDADE

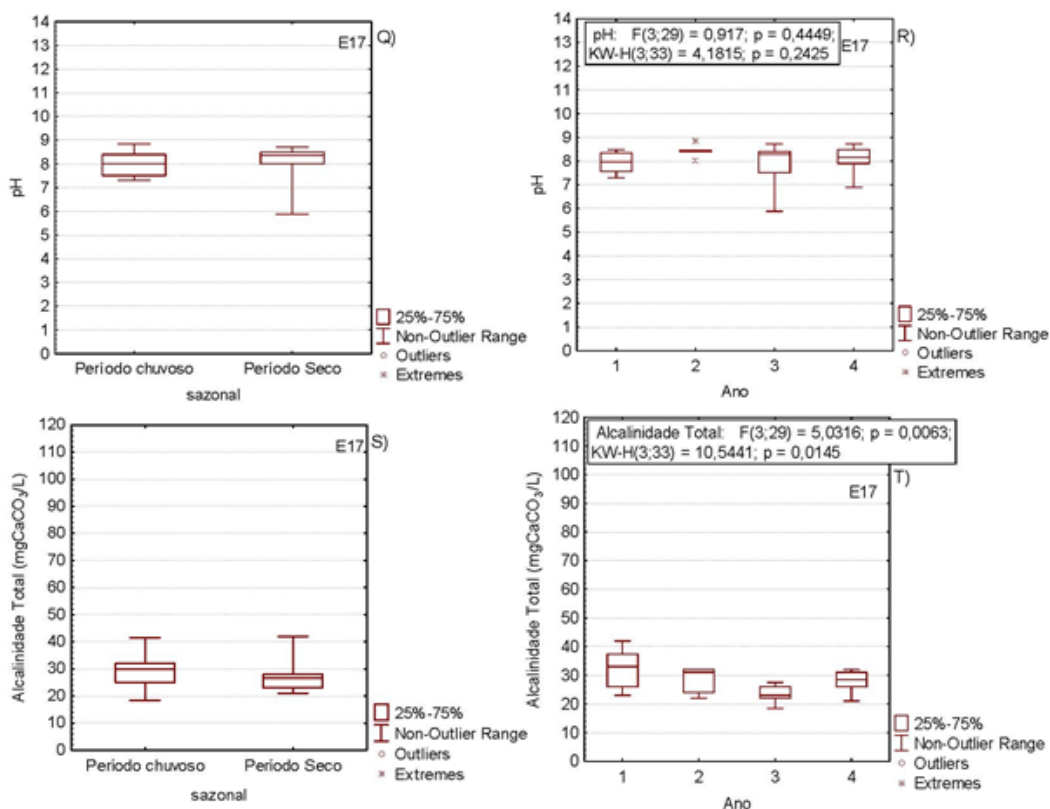
Quadro 2: Matriz água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Estatística descritiva do Indicador Acidez/Alcalinidade: Potencial hidrogeniônico (pH) e Alcalinidade Total em mg CaCO₃ mg/L das estações do Rio Doce (E0, E21, E22, E26); do Rio Guandu, das Lagoas do Areão (E23), Lagoa do Areal (E24), Laguna Monsarás (E25 e E25a); dos Lagos do Limão (E18) e Nova (E19); D.P.: desvio padrão; C.V. Coeficiente de variação.

pH- Rio Doce							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E0	33	7,9	8,0	6,2	8,7	0,5	6,2
E21	31	7,9	8,1	6,2	8,7	0,6	6,9
E22	11	7,4	7,5	6,7	7,9	0,4	5,2
E26	33	7,9	8,0	6,2	8,7	0,5	6,6
pH- Rio Guandu							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E17	33	8,0	8,2	5,9	8,8	0,6	7,6
pH- Lagoas							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E23	11	7,4	7,5	6,7	7,9	0,4	5,2
E24	31	7,4	7,5	6,1	8,2	0,5	7,1
E25	32	7,5	7,7	6,4	8,5	0,6	7,9
E25a	33	7,1	7,0	6,3	7,8	0,4	5,4
pH- Lagos							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
18	99	7,3	7,3	5,9	8,5	0,6	7,6
19	102	7,3	7,3	5,8	8,9	0,7	9,5
Alcalinidade Total – Rio Doce							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E0	34	25,6	24,5	10,0	38,1	6,6	25,7
E21	34	24,4	24,0	15,0	35,7	4,8	19,5
E22	32	26,3	24,3	16,0	52,0	7,9	30,0
E26	34	28,7	25,0	15,0	116,9	16,9	58,8
Alcalinidade Total – Rio Guandu							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E17	33	28,4	27,0	18,5	42,0	5,9	20,9
Alcalinidade Total - Lagoas							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E23	11	16,2	15,0	9,0	26,1	4,9	30,2
E24	32	24,7	24,0	17,0	40,5	4,9	19,7
E25	33	47,4	51,0	14,0	76,5	18,3	38,5
E25a	34	42,5	40,5	12,5	69,8	16,5	38,9
Alcalinidade Total - Lagos							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
18	99	27,3	25,5	13,0	43,5	5,7	21,0
19	102	20,0	19,0	13,0	37,5	4,6	23,1

Figura 3: Matriz – água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Box plots do indicador acidez/alcalinidade (Potencial hidrogeniônico – pH e Alcalinidade Total em mg CaCO₃ mg/L) nos Rios: A) variação sazonal do pH na estação E0 do Rio Doce; B) variação anual do pH na estação E0 do Rio doce; C) variação sazonal do pH na estação E21 do Rio Doce; D) variação anual do pH na estação E21 do rio Doce; E) variação sazonal do pH na estação E22 do Rio Doce; F) variação anual do pH na estação E22 do Rio Doce; G) variação sazonal do pH na estação E26 do Rio Doce; H) variação anual do pH na estação E26 do Rio Doce; I) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E0; J) variação anual da Alcalinidade Total na estação E0; K) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E21 do Rio Doce; L) variação anual da Alcalinidade Total na estação E21 do Rio Doce; M) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E22 do Rio Doce; N) variação anual da Alcalinidade Total na estação E22 do Rio Doce; O) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E26 do Rio Doce; P) variação anual da Alcalinidade Total na estação E26 do Rio Doce; Q) variação sazonal do pH na estação E17 do rio Guandu; R) variação anual do pH na estação E17 do Rio Guandu; S) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E17 do Rio Guandu; T) variação anual da Alcalinidade Total na estação E17 do Rio Guandu. Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$);

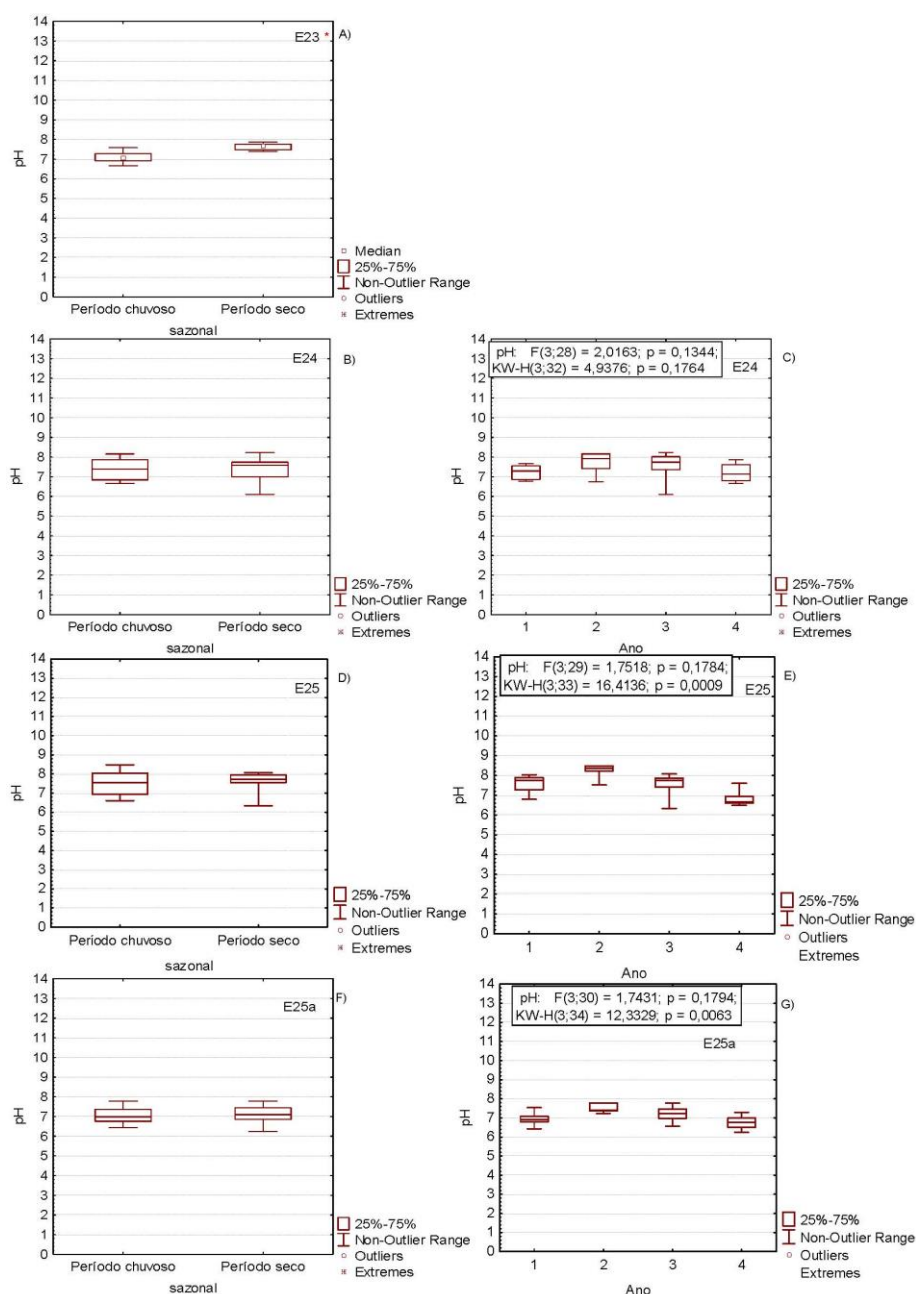


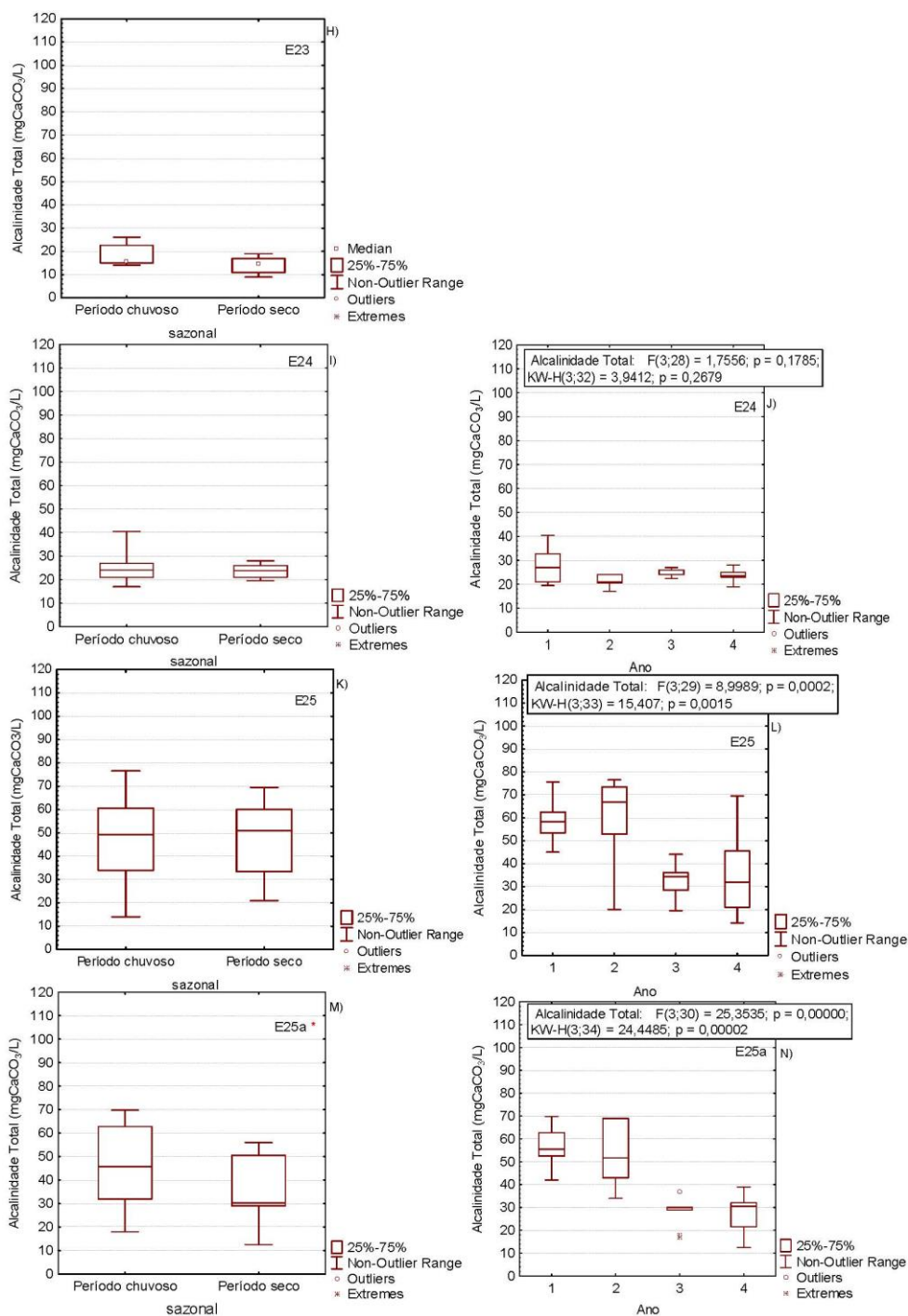




O pH na calha do Rio Doce (E0, E21, E22, E26) e no Rio Guandú (E17) é considerado de neutro para alcalino com valores médios entre 7,4 e 8,0 (Quadro 2). É possível identificar uma tendência de aumento das concentrações da alcalinidade à jusante (Quadro 2). Por exemplo, em E0 a alcalinidade foi 25,6 e em E26 de 28,7 CaCCO₃ mg/L. Na calha do Rio Doce e no Rio Guandú não foram observadas diferenças significativas (Mann-Whitney, $p < 0,05$) de pH (Figura 3 A, C, E, G, Q) e alcalinidade (Figura 3 I, K, M, O, S) entre os períodos seco e chuvoso. Em relação a variação anual, apenas em E0 nota-se que o pH (Figura 3 B) difere entre os anos de monitoramento (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Para a alcalinidade, em todas as estações amostrais (Figura 3 J, L, N, P, T) foram observadas diferenças entre os anos (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) com tendência de diminuição das médias em relação ao Ano 1 de monitoramento.

Figura 4: Matriz – água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Box plots do indicador acidez/alcalinidade (Potencial hidrogeniônico – pH e Alcalinidade Total em mg CaCO₃ mg/L) nas Lagoas: A) variação sazonal do pH na estação E23 da Lagoa do Areão; B) variação sazonal do pH Total na estação E24 da Lagoa do Areal; C) variação anual do pH na estação E24 da Lagoa do Areal; D) variação sazonal do pH na estação E25 da Lagoa Monsarás; E) variação anual do pH na estação E25 da Lagoa Monsarás; F) variação sazonal do pH na estação E25a da Lagoa Monsarás; G) variação anual do pH na estação E25a da Lagoa Monsarás; H) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E23 da Lagoa do Areão; I) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E24 da Lagoa do Areal; J) variação anual da Alcalinidade Total na estação E24 da Lagoa do Areal; K) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E25 da Lagoa Monsarás; L) variação anual da Alcalinidade Total na estação E25 da Lagoa Monsarás; M) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E25a da Lagoa Monsarás; N) variação anual da Alcalinidade Total na estação E25a da Lagoa Monsarás. Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$);

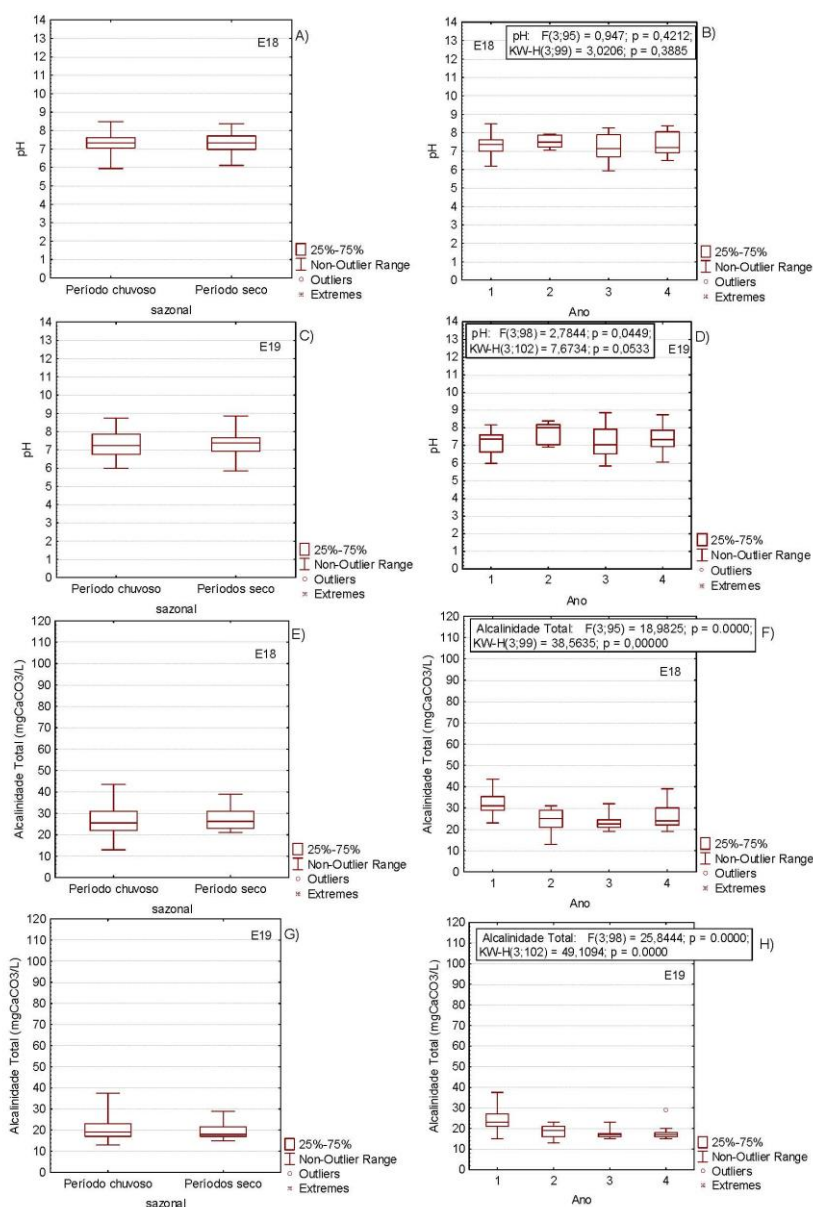




Nas Lagoas do Areão (E23), Lagoa do Areal (E24), Laguna Monsarás (E25 e E25a), apenas em E23 (Figura 4 A) foi observado o pH mais elevado (Mann-Whitney, $p < 0,05$) durante o período seco em relação ao chuvoso. Em E25a foi observada alcalinidade significativamente menor (Mann-Whitney, $p < 0,05$) durante o período seco comparada ao período chuvoso (Figura 4 N). Com relação a variação anual, exceto em E24, os valores de pH (Figura 4 C, E, G) e alcalinidade (Figura 4 J, L, N) foram diferentes (Kruskall-Wallis, $p < 0,05$) entre os anos com tendência de diminuição em relação ao Ano 1 de monitoramento. Os valores médios indicam que os ecossistemas lacustres possuem pH similares,

sendo considerados neutros (entre 7,1 e 7,5) e alcalinidade com incremento nas lagoas da planície costeira (Quadro 2). Por exemplo, em E23 o valor médio foi de 16,2, enquanto, em E25 o valor foi de 47,4 CaCO_3 mg/L.

Figura 5: Matriz – água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Box plots do indicador acidez/alcalinidade (Potencial hidrogeniônico – pH e Alcalinidade Total em mg CaCO_3 mg/L) nos Lagos: A) variação sazonal do pH na estação E18 do Lago do Limão; B) variação anual do pH na estação E18 do Lago do Limão; C) variação anual do pH na estação E19 do Lago do Limão; D) variação sazonal pH na estação E19 do Lago Nova; E) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E18 do Lago do Limão; F) variação anual da Alcalinidade Total na estação E18 do Lago do Limão; G) variação anual da Alcalinidade Total na estação E19 do Lago Nova; H) variação sazonal da Alcalinidade Total na estação E19 do Lago Nova. Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).



Nos Lagos do Limão (E18) e Nova (E19), o pH e a alcalinidade não variaram estatisticamente entre os períodos seco e chuvoso (Mann-Whitney $p < 0,05$ (Figura 5 A, B, C). A variação anual indicou diferenças de pH (Kruskall-Wallis $p < 0,05$) apenas em E19 (Figura 5 D). A alcalinidade diferiu estatisticamente entre os anos de monitoramento (Kruskall-Wallis $p < 0,05$) em E18 e E19 com tendência a diminuição dos valores (Figura 5 F, H). Os valores médios de pH e alcalinidade nos lagos foram próximos entre si (Quadro 2).

3.3 ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA DOS ECOSISTEMAS LACUSTRES: LAGOS

Quadro 3: Matriz água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Parte 1: Estatística descritiva do indicador: Estratificação Térmica dos Ecossistemas Lacustres – Lago do Limão (E18); do Lago Nova (E19); do Lago Juparanã (E20); da Lagoa do Areão (E23); da Lagoa do Areal (24); da Laguna Monsarás (E25). RTRi: resistência térmica relativa integrada; Dif. Temp. (sup-fun): diferença de temperatura entre a superfície e o fundo; Z_{EA} : profundidade da estação amostral; D.P.: desvio padrão; C.V. Coeficiente de variação. Parte 2: Teste estatístico não paramétrico de Spearman para RTRi: resistência térmica relativa integrada; Condutividade elétrica em μS^{-1} ; Potencial hidrogeniônico – pH, alcalinidade total em $CaCO_3$ mg/L; Potencial de oxirredução – ORP em mV; Oxigênio dissolvido – OD em mg/L; Fósforo em mg/L; Nitrato em mg/L; Amônio mg/L Lago do Limão (E18); do Lago Nova (E19); do Lago Juparanã (E20); da Lagoa do Areão (E23); da Lagoa do Areal (24); da Laguna Monsarás (E25). Em **negrito** estão indicadas as correlações fortes com $r > 0,7$

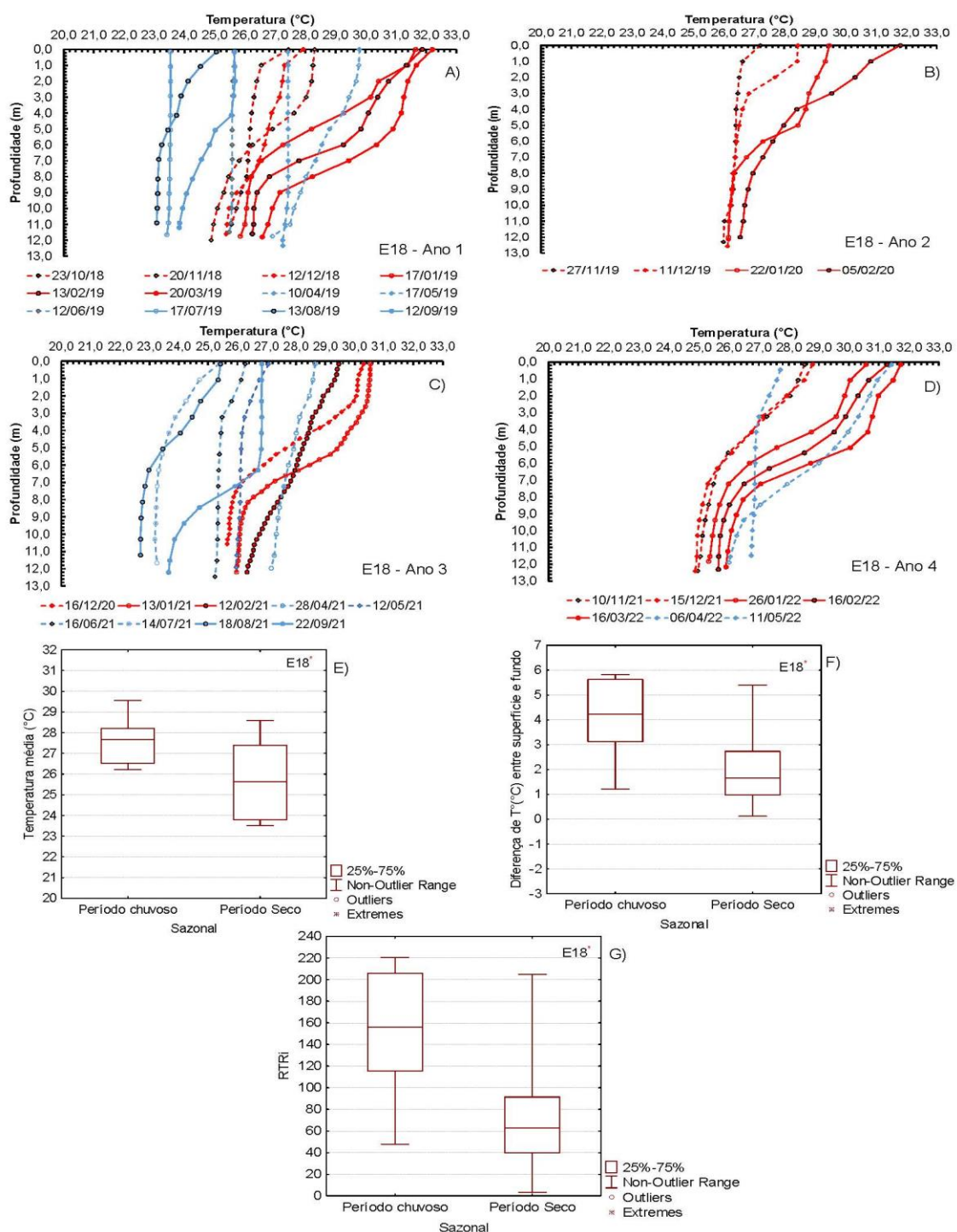
Parte 1							
E18							
Parâmetros	Unidade	N	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	C.V. (%)
Temperatura média	°C	32	23,51	29,55	26,78	1,62	6,06
RTRi		32	3,26	220,25	113,68	68,39	60,16
Dif. Temp. (sup-fun)	°C	32	0,00	2,28	1,04	0,71	68,21
Z_{EA}	m	32	10,57	12,56	11,88	0,45	3,75
E19							
Parâmetros	Unidade	N	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	C.V. (%)
Temperatura média	°C	32	23,49	27,50	26,03	1,11	4,27
RTRi		32	20,58	221,73	127,97	63,94	49,97
Dif. Temp. (sup-fun)	°C	32	0,09	5,76	3,27	1,76	54,01
ZEa	m	32	28,54	32,00	30,82	0,85	2,75
E20							
Parâmetros	Unidade	N	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	C.V. (%)
Temperatura média	°C	32	22,95	30,13	26,99	2,11	7,82
RTRi		32	5,53	82,19	28,12	21,32	75,81
Dif. Temp. (sup-fun)	°C	32	-0,01	2,08	0,63	0,59	94,33
ZEa	m	32	10,27	12,52	11,26	0,63	5,63
E23							
Parâmetros	Unidade	N	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	C.V. (%)
Temperatura média	°C	11	23,69	31,61	27,29	2,78	10,19
RTRi		11	1,00	46,68	17,40	16,27	93,53
Dif. Temp. (sup-fun)	°C	11	0,00	1,38	0,44	0,46	103,34
ZEa	m	11	1,92	2,51	2,13	0,20	9,29

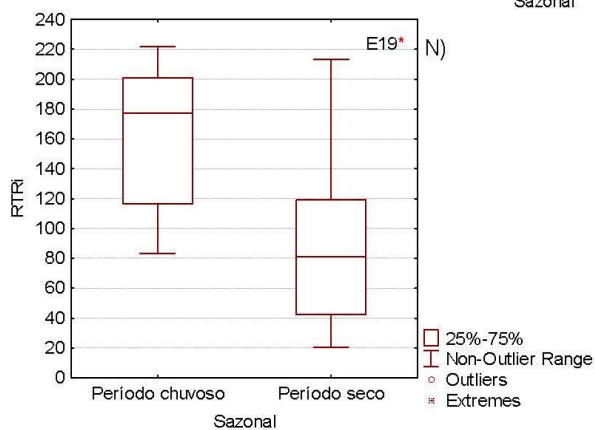
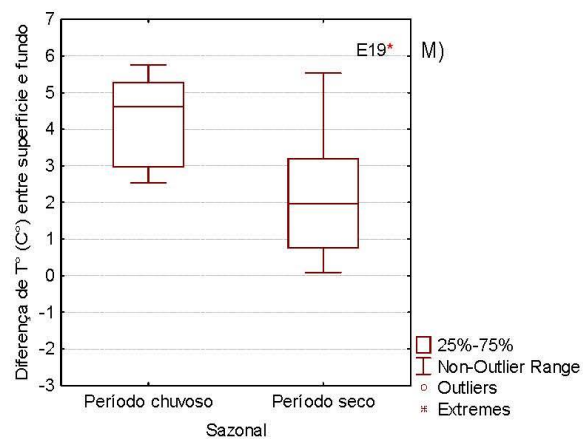
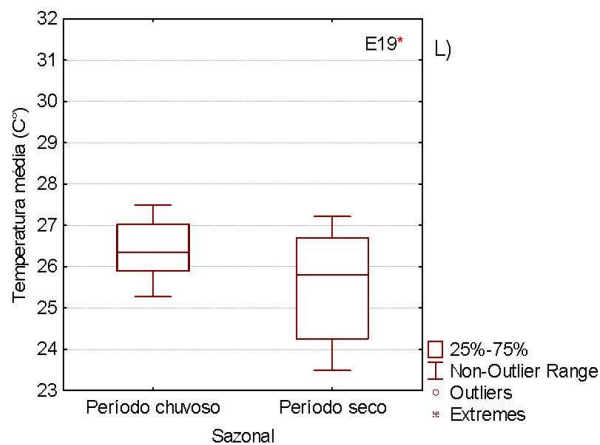
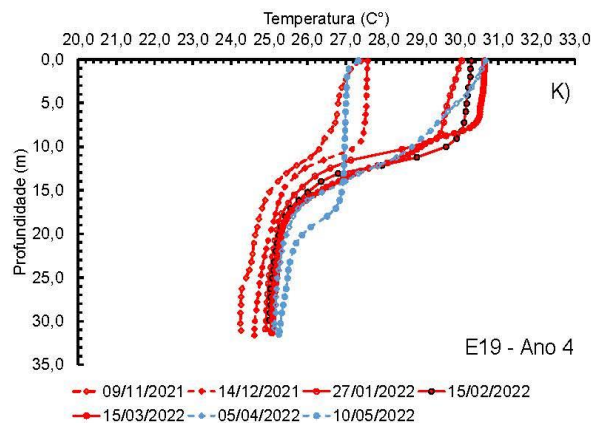
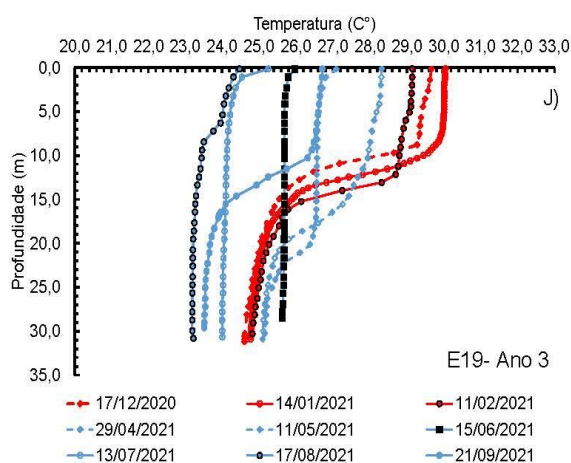
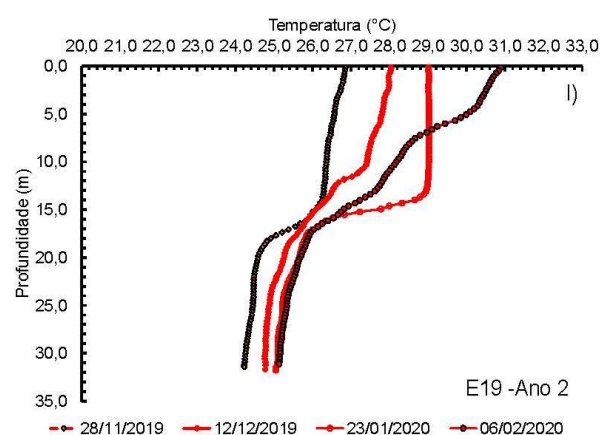
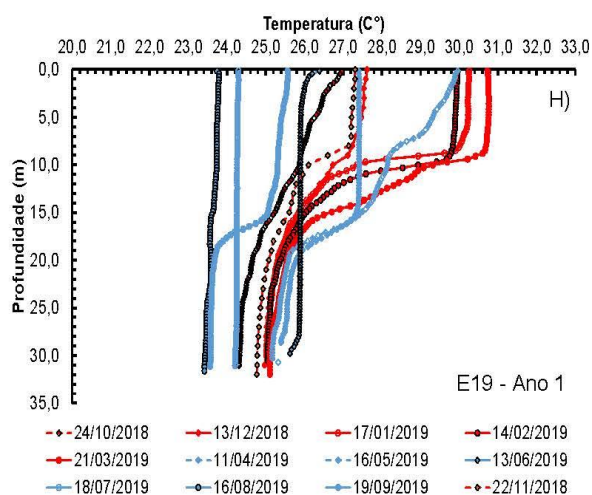
E24							
Parâmetros	Unidade	N	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	C.V. (%)
Temperatura média	°C	29	23,93	31,37	27,39	2,21	8,06
RTRi		29	-0,88	197,50	38,36	54,60	142,35
Dif. Temp. (sup-fun)	°C	29	-0,05	5,30	1,04	1,47	141,42
ZEA	m	29	1,20	2,42	1,55	0,29	18,66
E25							
	Unidade	N	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	C.V. (%)
Temperatura média	°C	33	23,32	29,45	26,59	1,93	7,25
Salinidade média	psu	33	0,06	27,95	3,06	5,25	171,29
RTRi	x103	33	1,74	2.529,60	496,34	549,55	110,72
Dif. Temp. (sup-fun)	°C	33	-2,38	6,22	0,86	1,74	201,80
Dif. Sal (sup-fun)	psu	33	0,00	26,90	4,95	5,64	113,99
ZEA	m	33	1,01	4,40	2,90	0,96	33,11

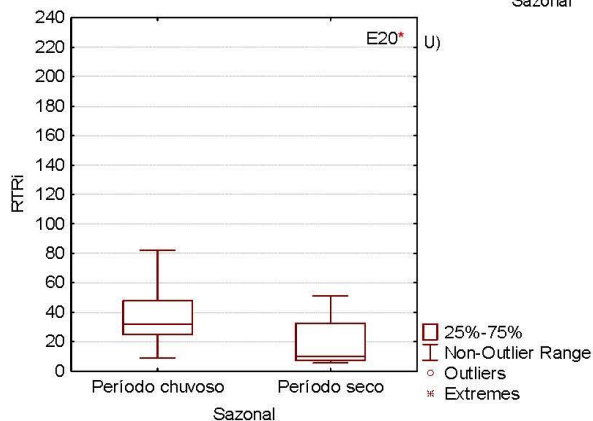
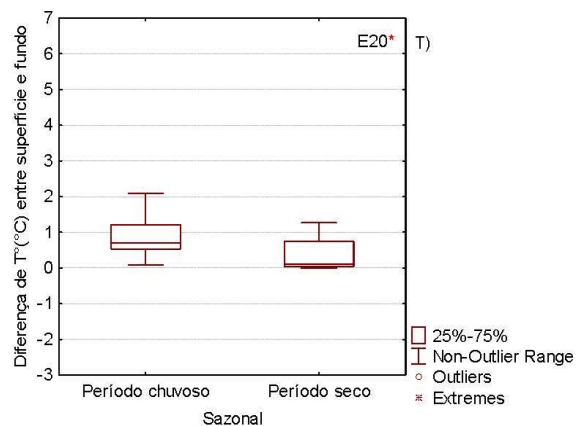
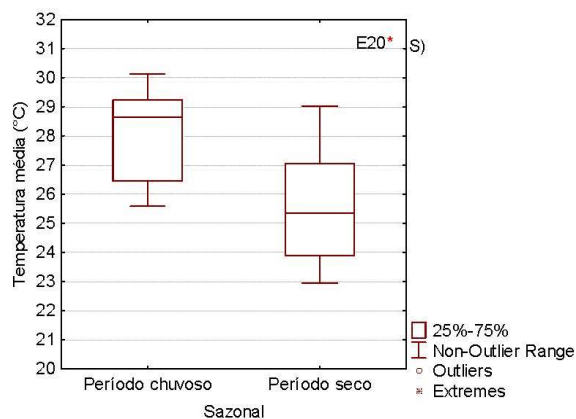
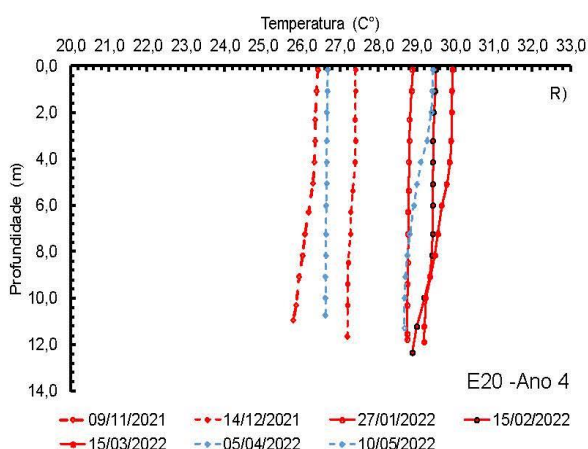
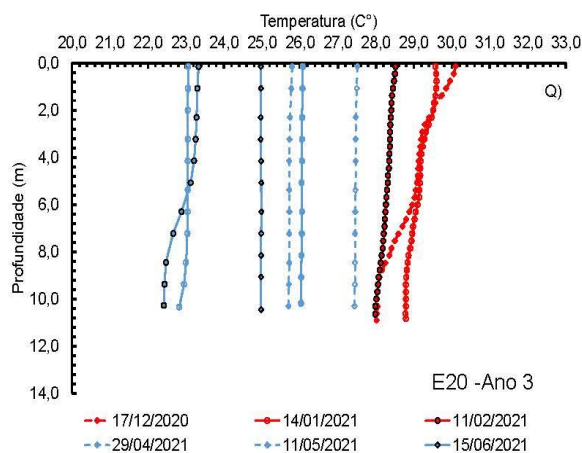
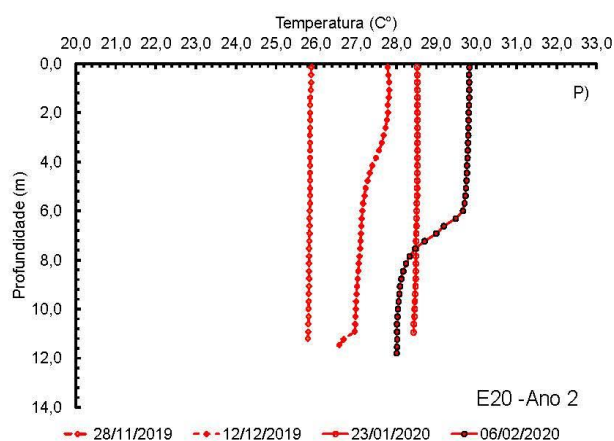
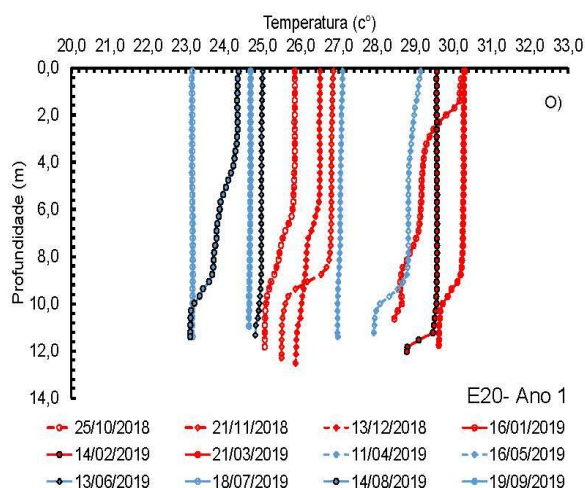
Parte 2									
E18									
Parâmetros	RTRi	CE	pH	Alcalinidade Total	ORP	OD	Fosfato	Nitrato	Amônio
RTRi	1,000000	0,218109	-0,203850	0,185094	-0,789845	-0,422114	0,021446	0,044180	0,533358
CE	0,218109	1,000000	-0,254079	0,409523	-0,372285	-0,399193	0,216479	-0,421265	0,523094
pH	-0,203850	-0,254079	1,000000	-0,295433	0,210102	0,115177	0,209002	0,017785	-0,299358
Alcalinidade Total	0,185094	0,409523	-0,295433	1,000000	-0,061949	-0,059213	0,420957	-0,075467	0,250162
ORP	-0,789845	-0,372285	0,210102	-0,061949	1,000000	0,620851	0,191017	-0,002933	-0,815324
OD	-0,422114	-0,399193	0,115177	-0,059213	0,620851	1,000000	0,341647	-0,129665	-0,598515
Fosfato	0,021446	0,216479	0,209002	0,420957	0,191017	0,341647	1,000000	-0,224402	-0,128494
Nitrato	0,044180	-0,421265	0,017785	-0,075467	-0,002933	-0,129665	-0,224402	1,000000	-0,069294
Amônio	0,533358	0,523094	-0,299358	0,250162	-0,815324	-0,598515	-0,128494	-0,069294	1,000000
E19									
Parâmetros	RTRi	CE	pH	Alcalinidade Total	ORP	OD	Fosfato	Nitrato	Amônio
RTRi	1,000000	0,439150	-0,335839	0,036758	-0,426320	-0,738704	-0,325513	-0,168164	0,241202
CE	0,439150	1,000000	-0,207883	0,359494	-0,765396	-0,700944	0,106672	-0,443792	0,707845
pH	-0,335839	-0,207883	1,000000	-0,240074	0,215765	0,277019	0,018148	0,177733	-0,097709
Alcalinidade Total	0,036758	0,359494	-0,240074	1,000000	-0,117075	-0,170206	0,506343	0,050846	0,166514
ORP	-0,426320	-0,765396	0,215765	-0,117075	1,000000	0,616809	-0,012463	0,687145	-0,754399
OD	-0,738704	-0,700944	0,277019	-0,170206	0,616809	1,000000	0,380900	0,222742	-0,458986
Fosfato	-0,325513	0,106672	0,018148	0,506343	-0,012463	0,380900	1,000000	-0,222263	0,059384
Nitrato	-0,168164	-0,443792	0,177733	0,050846	0,687145	0,222742	-0,222263	1,000000	-0,539886
Amônio	0,241202	0,707845	-0,097709	0,166514	-0,754399	-0,458986	0,059384	-0,539886	1,000000
E20									
Parâmetros	RTRi	CE	pH	Alcalinidade Total	ORP	OD	Fosfato	Nitrato	Amônio
RTRi	1,000000	0,131965	-0,192886	0,115170	-0,039956	-0,344240	-0,026762	0,043825	-0,016862
CE	0,131965	1,000000	-0,056839	0,705920	0,496334	0,006965	0,553753	-0,274503	0,162757
pH	-0,192886	-0,056839	1,000000	-0,067820	-0,239091	0,545613	0,047492	0,031734	0,002750
Alcalinidade Total	0,115170	0,705920	-0,067820	1,000000	0,482940	-0,016559	0,765047	-0,250323	-0,002576
ORP	-0,039956	0,496334	-0,239091	0,482940	1,000000	-0,016497	0,348456	-0,072614	-0,084311
OD	-0,344240	0,006965	0,545613	-0,016559	-0,016497	1,000000	0,084326	-0,108197	0,047475
Fosfato	-0,026762	0,553753	0,047492	0,765047	0,348456	0,084326	1,000000	-0,190354	0,203281
Nitrato	0,043825	-0,274503	0,031734	-0,250323	-0,072614	-0,108197	-0,190354	1,000000	-0,110938
Amônio	-0,016862	0,162757	0,002750	-0,002576	-0,084311	0,047475	0,203281	-0,110938	1,000000

Parte 2										
23										
Parâmetros	RTRi	CE	pH	Alcalinidade Total	ORP	OD	Fosfato	Nitrato	Amônio	
RTRi	1,000000	-0,409091	-0,490909	0,214614	-0,618182	-0,490909	-0,463636	0,127273	-0,200000	
CE	-0,409091	1,000000	0,845455	-0,547951	0,018182	0,772727	0,663636	0,163636	0,327273	
pH	-0,490909	0,845455	1,000000	-0,730601	-0,072727	0,600000	0,636364	0,190909	0,154545	
Alcalinidade Total	0,214614	-0,547951	-0,730601	1,000000	0,374433	-0,470325	-0,630144	-0,557083	-0,442927	
ORP	-0,618182	0,018182	-0,072727	0,374433	1,000000	0,272727	-0,090909	-0,636364	-0,345455	
OD	-0,490909	0,772727	0,600000	-0,470325	0,272727	1,000000	0,463636	0,109091	0,309091	
Fosfato	-0,463636	0,663636	0,636364	-0,630144	-0,090909	0,463636	1,000000	0,172727	0,463636	
Nitrato	0,127273	0,163636	0,190909	-0,557083	-0,636364	0,109091	0,172727	1,000000	0,781818	
Amônio	-0,200000	0,327273	0,154545	-0,442927	-0,345455	0,309091	0,463636	0,781818	1,000000	
E24										
Parâmetros	RTRi	CE	pH	Alcalinidade Total	ORP	OD	Fosfato	Nitrato	Amônio	
RTRi	1,000000	-0,481319	0,041758	0,008860	0,341034	0,094505	-0,248352	0,201595	-0,046154	
CE	-0,481319	1,000000	0,129670	-0,285723	-0,050605	0,085714	0,296703	-0,241958	-0,230769	
pH	0,041758	0,129670	1,000000	0,128465	-0,294830	-0,068132	-0,349451	0,125561	-0,191209	
Alcalinidade Total	0,008860	-0,285723	0,128465	1,000000	-0,221734	-0,086381	-0,380964	-0,047536	0,305657	
ORP	0,341034	-0,050605	-0,294830	-0,221734	1,000000	-0,292629	0,479648	0,162450	-0,006601	
OD	0,094505	0,085714	-0,068132	-0,086381	-0,292629	1,000000	0,019780	0,022363	-0,358242	
Fosfato	-0,248352	0,296703	-0,349451	-0,380964	0,479648	0,019780	1,000000	0,050591	-0,191209	
Nitrato	0,560440	-0,424176	-0,006593	0,170548	0,347635	0,032967	0,226374	1,000000	-0,147253	
Amônio	-0,046154	-0,230769	-0,191209	0,305657	-0,006601	-0,358242	-0,191209	-0,083402	1,000000	
E25										
Parâmetros	RTRi	Salinidade	CE	pH	Alcalinidade Total	ORP	OD	Fosfato	Nitrato	Amônio
RTRi	1,000000	0,906417	0,436497	0,044790	0,602140	0,109337	0,220607	0,397059	0,114816	0,324198
Salinidade	0,906417	1,000000	0,657420	0,071530	0,690572	0,147287	0,146068	0,399733	0,051475	0,260361
CE	0,436497	0,657420	1,000000	0,196875	0,569542	0,236228	-0,016378	0,016043	-0,009860	0,086564
pH	0,044790	0,071530	0,196875	1,000000	0,443618	0,390570	0,238676	-0,116821	-0,457964	-0,535473
Alcalinidade Total	0,602140	0,690572	0,569542	0,443618	1,000000	0,422109	0,333445	0,381812	-0,308953	-0,237379
ORP	0,109337	0,147287	0,236228	0,390570	0,422109	1,000000	0,218860	0,121207	-0,443070	-0,171696
OD	0,220607	0,146068	-0,016378	0,238676	0,333445	0,218860	1,000000	0,262388	-0,285141	-0,401939
Fosfato	0,397059	0,399733	0,016043	-0,116821	0,381812	0,121207	0,262388	1,000000	-0,177488	0,133356
Nitrato	0,114816	0,051475	-0,009860	-0,457964	-0,308953	-0,443070	-0,285141	-0,177488	1,000000	0,696081
Amônio	0,3241979	0,26036096	0,086564	-0,535472551	-0,237378816	-0,171696078	-0,401939	0,133356	0,6960809	1,00000

Figura 6: Matriz – água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Gráficos em barra (perfis térmicos - °C) e Boxplots (Temperatura média em °C, diferença de temperatura entre a superfície e o fundo da coluna d'água em °C e resistência térmica relativa integrada - RTRi) do indicador de Estratificação térmica dos lagos. Perfis térmicos do Lago do Limão - E18: A) Ano 1; B) Ano 2; C) Ano 3; D) Ano 4; E) temperatura média (°C) em E18; F) diferença de temperatura (°C) entre a superfície e o fundo em E18; G) resistência térmica relativa integrada (RTRi) em E18; Perfis térmico do Lago Juparanã – E20: H) Ano 1; I) Ano 2; J) Ano 3; K) Ano 4; L) temperatura média (°C) da coluna d'água em E20; M) diferença de temperatura (°C) entre a superfície e o fundo em E20; N) resistência térmica relativa integrada (RTRi) em E20. Perfis térmicos do Lago do Limão – E20: O) Ano 1; P) Ano 2; Q) Ano 3; R) Ano 4; S) temperatura média (°C) em E20; T) diferença de temperatura (°C) entre a superfície e o fundo em E18; U) resistência térmica relativa integrada (RTRi) em E20. Em vermelho – período chuvoso; Em azul – período seco; Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

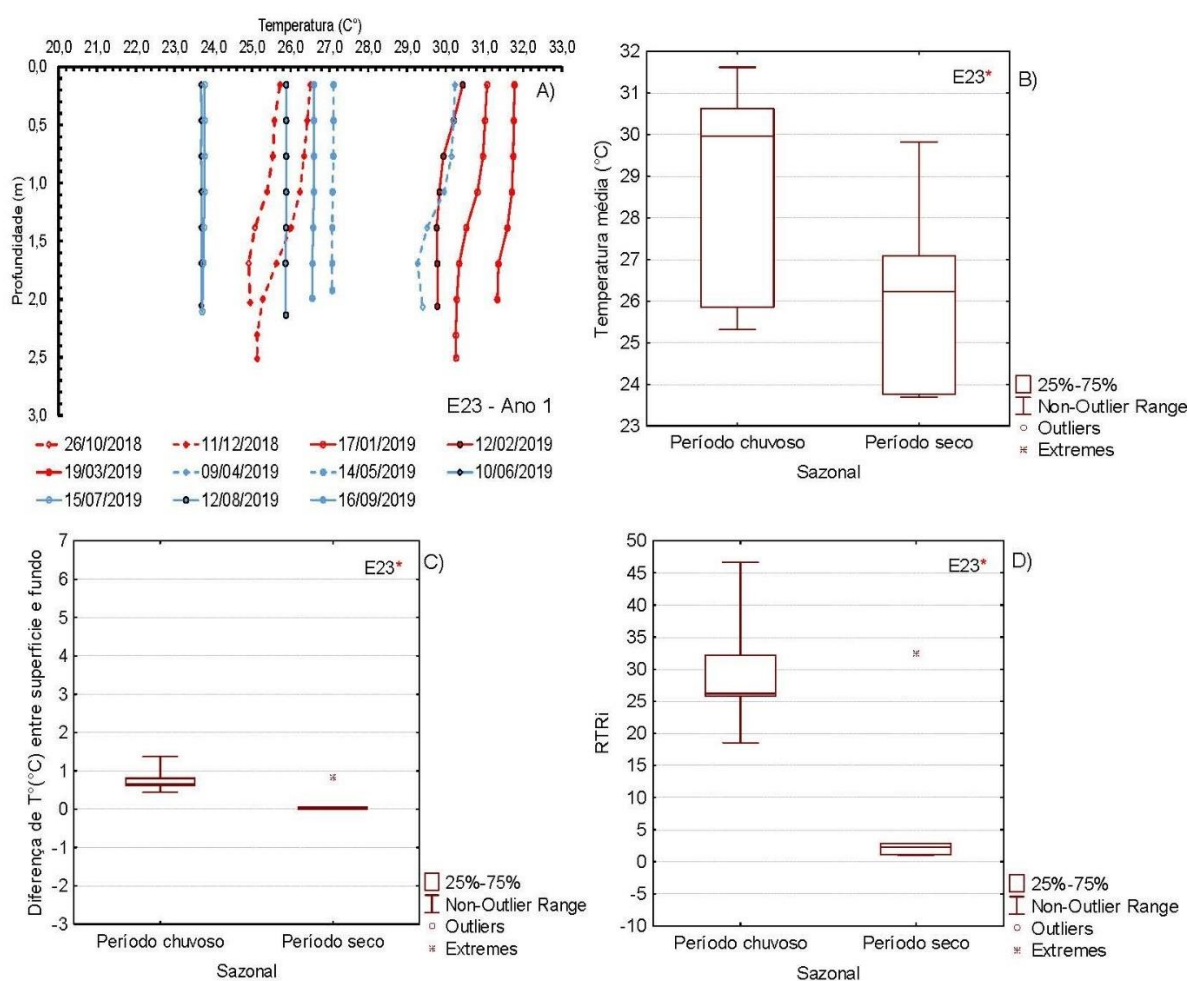


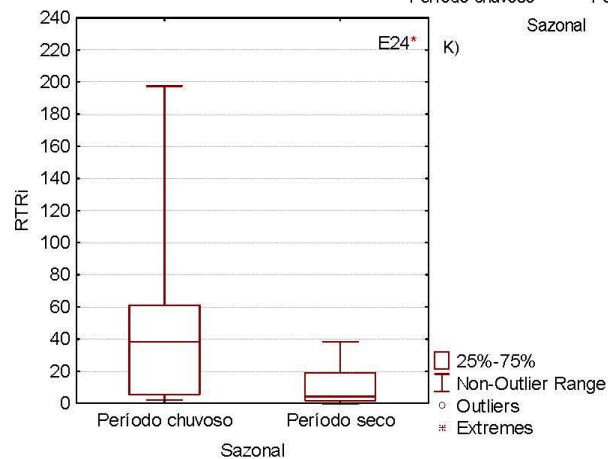
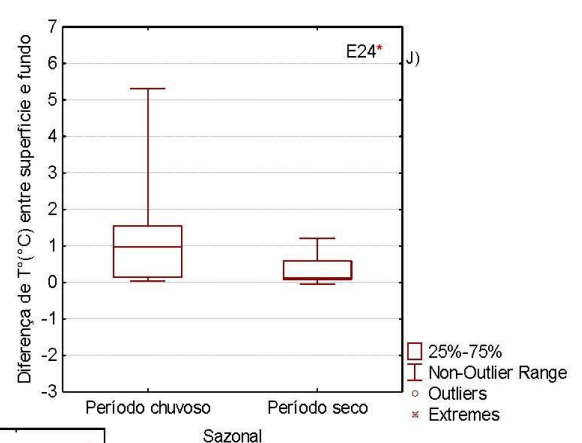
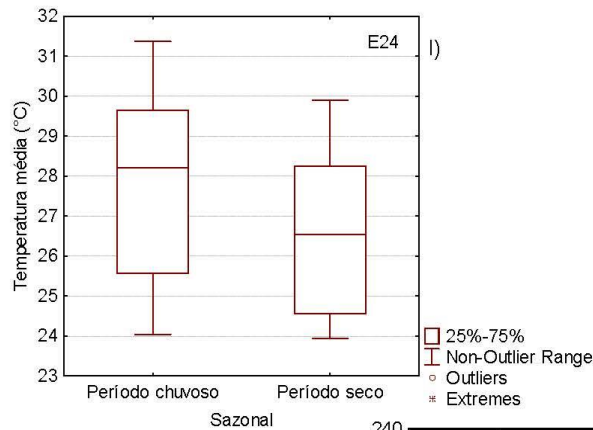
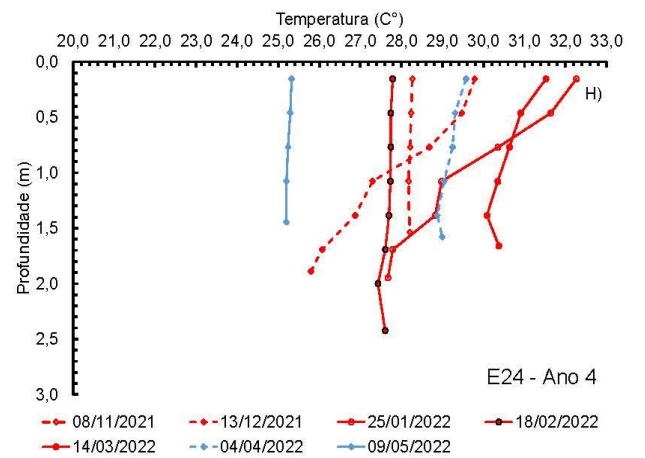
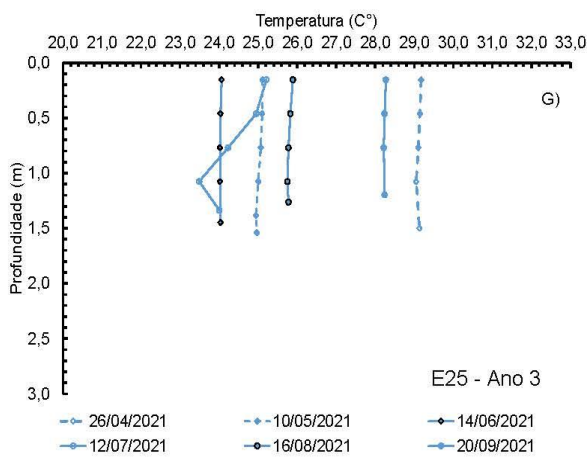
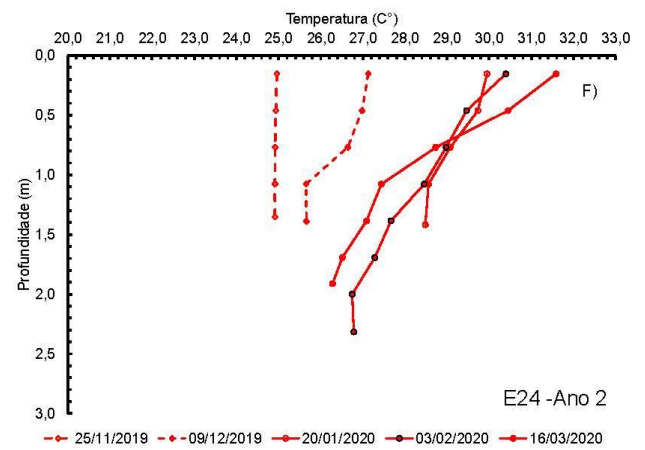
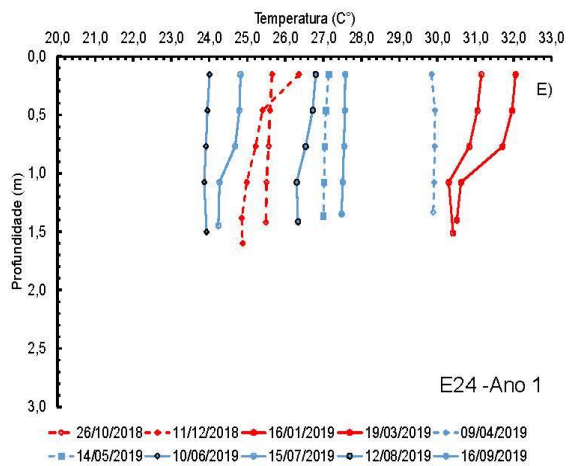


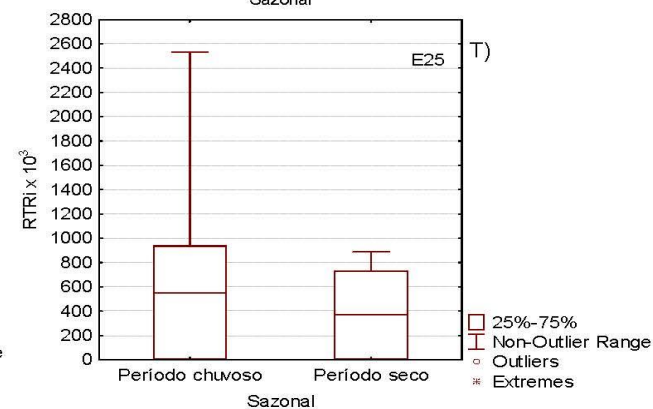
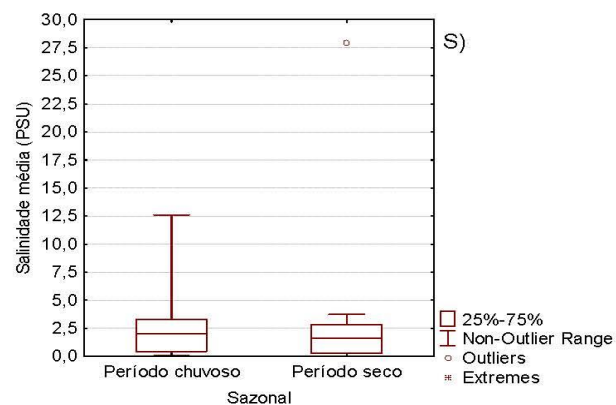
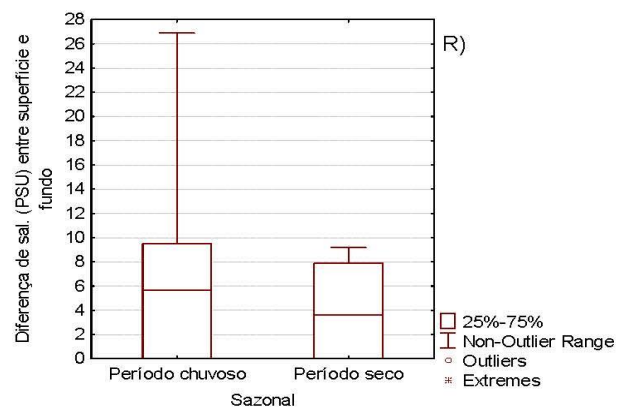
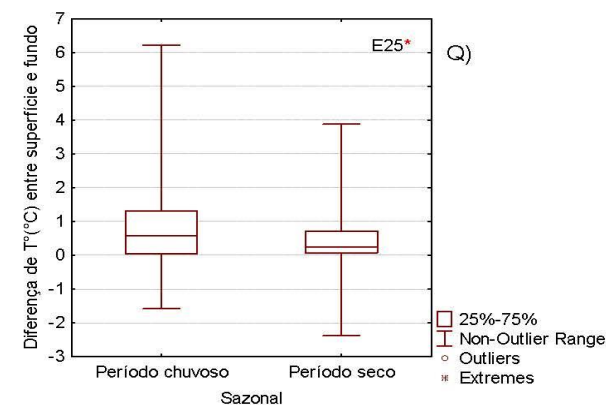
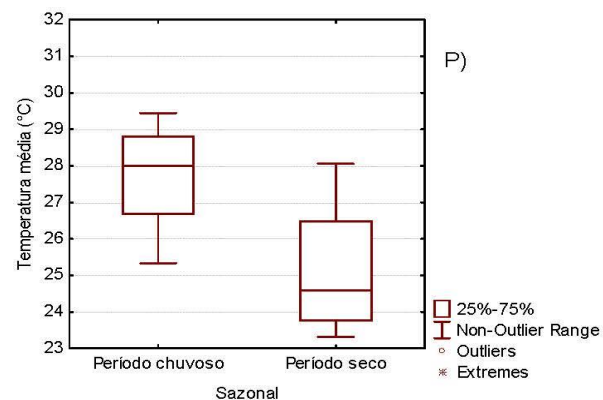
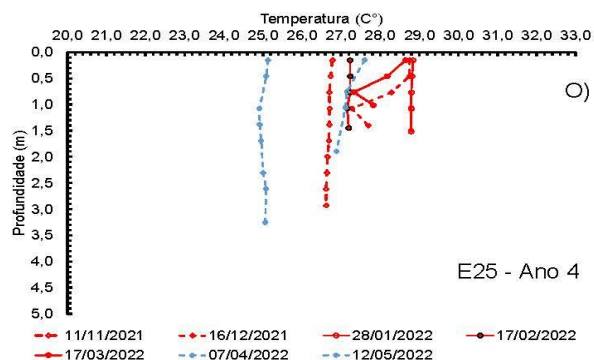
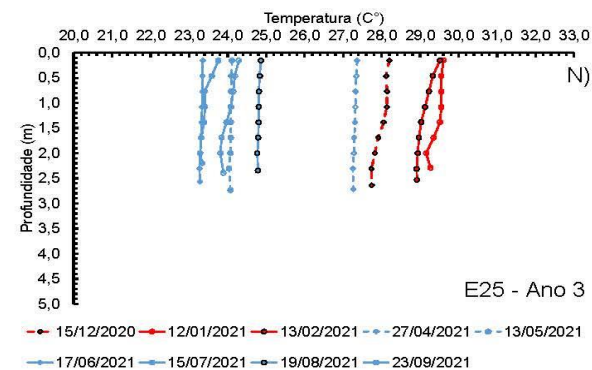
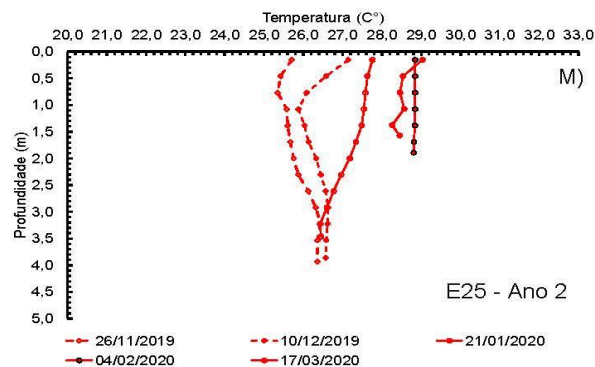
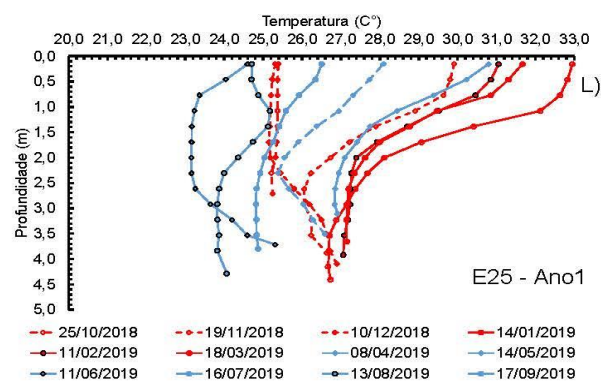


Nos lagos do Limão (E18), Nova (E19) e Juparanã (E20), cujas profundidades nas estações amostrais (Z_{EA}) estão acima de 10 m (Quadro 3), observou-se estratificação térmica da coluna d'água. Porém, apenas em E18 e E19 os perfis térmicos foram classificados como fortemente estratificados (resistência térmica relativa integrada - $RTRi > 100$) com $RTRi$ médio = 113,62 e 127,97, respectivamente. A diferença média de temperatura entre superfície e fundo foi 1,04°C para E18 e 3,27°C para E19. Este padrão pode ser visualizado observando os perfis térmicos dos Anos 1, 2, 3 e 4 de monitoramento em E18 (Figura 6 A, B, C, D) e E19 (Figura 6H, I, J, K), onde principalmente os meses referentes ao período chuvoso (em vermelho) revelam um decréscimo da temperatura com o aumento da profundidade. No caso de E20, o $RTRi$ médio 28,12 indicou estratificação térmica moderada ($RTRi < 20$) e diferença média de temperatura entre superfície e fundo de 0,63 (Quadro 3). Este padrão pode ser confirmado observando o perfil térmico dos Anos 1, 2, 3 e 4 de monitoramento, nesse caso, em E20 a temperatura não varia expressivamente em função da profundidade (Figura 6 O, P, Q, R). Em E18, o teste de Spearman apontou forte correlação inversa entre o $RTRi$ e o Potencial de oxirredução (ORP) $\rho = -0,789845$, em E19 a forte correlação inversa foi observada entre o $RTRi$ e o oxigênio dissolvido (OD) $\rho = -0,738704$ (Quadro 3). A variação temporal indicou que em E18, E19 e E20 a temperatura média (Figura 6 E, L, S), a diferença de temperatura entre superfície e fundo (Figura 6 F, M, T), e a $RTRi$ (Figura 6 G, N, U) foram maiores durante o período chuvoso (Mann-Whitney, $p > 0,05$).

Figura 7: Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Gráficos em barra (perfis térmicos - °C) e Boxplots (Temperatura média em °C, diferença de temperatura entre a superfície e o fundo da coluna d'água em °C e resistência térmica relativa integrada - RTRi) do indicador de Estratificação térmica das Lagoas. Perfis térmicos da Lagoa do Areão – E23: A) Ano 1; B) temperatura média (°C) em E23; C) diferença de temperatura (°C) entre a superfície e o fundo em E23; D) resistência térmica relativa integrada (RTRi) em E23; Perfis térmico da Lagoa do Areal – E24: E) Ano 1; F) Ano 2; G) Ano 3; H) Ano 4; I) temperatura média (°C) da coluna d'água em E24; J) diferença de temperatura (°C) entre a superfície e o fundo em E24; K) resistência térmica relativa integrada (RTRi) em E24. Perfis térmicos da Lagoa Monsarás – E25: L) Ano 1; M) Ano 2; N) Ano 3; O) Ano 4; P) temperatura média (°C) em E25; Q) diferença de temperatura (°C) entre a superfície e o fundo em E25; R) diferença de salinidade (PSU) entre superfície e fundo; S) Salinidade média (PSU); T) resistência térmica relativa integrada (RTRi) em E25. Em vermelho – período chuvoso; Em azul – período seco; Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).







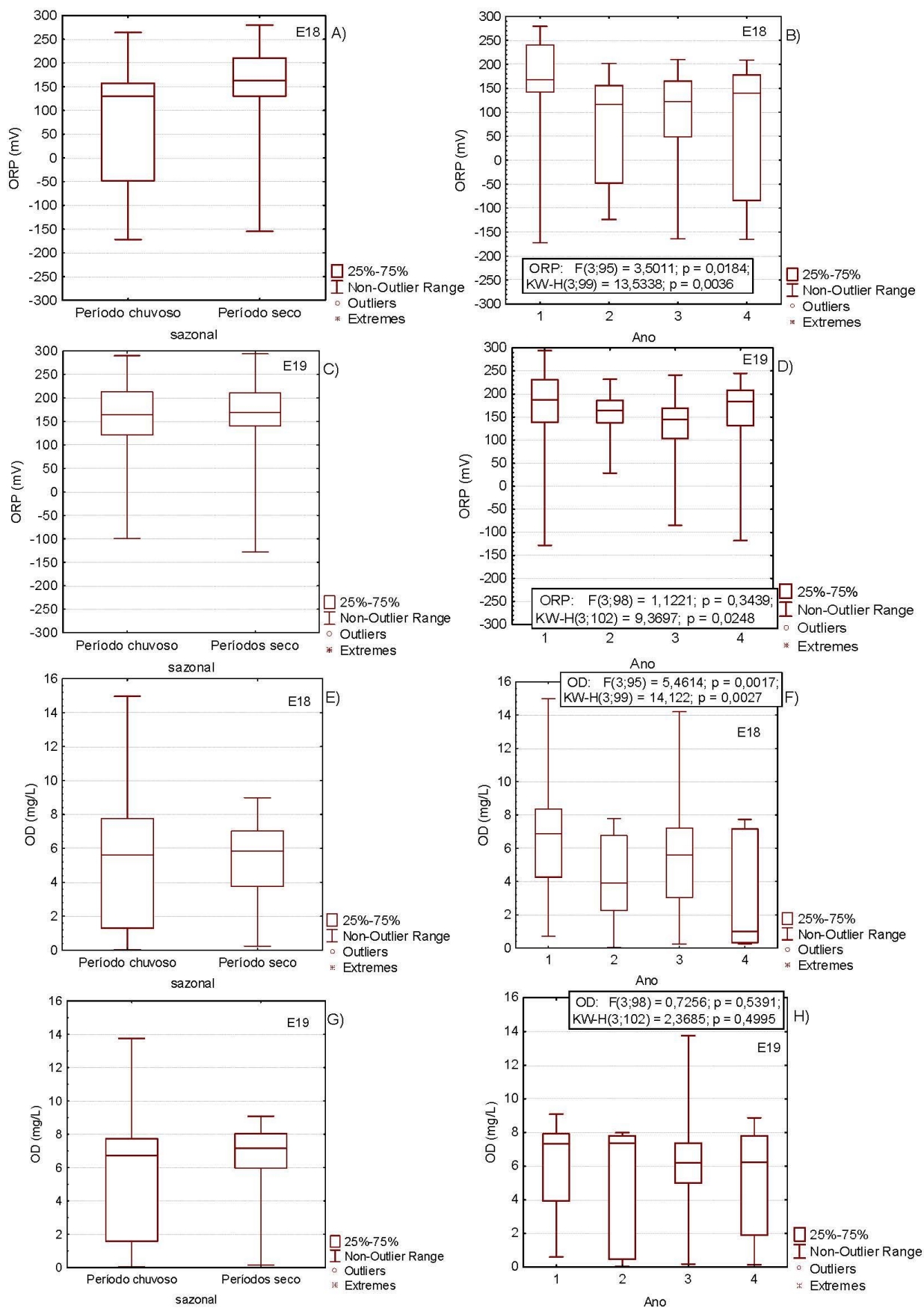
Nas Lagoas do Areão (E23), do Areal (24) e Monsarás (E25), cujas profundidades das estações amostrais (Z_{EA}) são baixas ($Z_{EA} < 3,0\text{m}$), a estratificação térmica da coluna d'água consiste em classificações distintas (Quadro 3). Enquanto em E25 a coluna d'água foi considerada fortemente estratificada com RTRi médio 496,34, em E23 e E24 foram registrados RTRi médio de 17,4 e 38,36, respectivamente, indicando estratificação moderada (Quadro 3). Nesse caso, a estratificação de E25 pode ser explicada pela salinidade cujo valor médio foi de 3,06 PSU e a diferença de salinidade entre superfície e fundo foi de 4,95 PSU (Quadro 3). Os perfis térmicos em E23 (Figura 7 A) revelam pouca variação da temperatura em decorrência do aumento da profundidade no Ano 1 de monitoramento, e em E24 é possível identificar branda variação da temperatura em função da profundidade nos meses de janeiro e março referentes ao período chuvoso (Figura 7 E, F, G, H). Considerando a variação temporal, apenas em E25 a temperatura média foi maior durante o período chuvoso (Figura 7 P), comparado ao período seco (Mann-Whitney, $p>0,05$). Em E23 e E24, o RTRi (Figura 7 D, K) e a diferença de temperatura entre superfície e fundo (Figura 7 C, J) foram superiores durante o período chuvoso, em relação ao período seco (Mann-Whitney, $p>0,05$).

3.4 CONDIÇÃO OXIDANTE/REDUTORA DA COLUNA D'ÁGUA E ÁGUA INTERSTICIAL

Quadro 4: Matriz água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Estatística descritiva do indicador: Condição oxidante/redutora da coluna d'água e água intersticial: Potencial de oxiredução (ORP) em mV e do Oxigênio dissolvido (OD) em mg/L dos Lagos do Limão (E18) e Nova (E19). D.P.: desvio padrão; C.V. Coeficiente de variação.

ORP							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
18	99	106,4	143,0	-172,0	279,5	121,4	114,1
19	102	150,8	166,8	-128,0	294,0	90,4	59,9
OD							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
18	99	5,2	5,8	0,0	15,0	3,3	63,7
19	102	5,6	7,0	0,0	13,8	3,1	55,5

Figura 8: Potencial redox (ORP) e Oxigênio dissolvido (OD). Box plots do indicador condição oxidante da coluna d'água e água intersticial (ORP em mV): a) variação sazonal na estação E18 do Lago Limão; b) variação anual na estação E18 do Lago do Limão; c) variação anual na estação E19 do Lago Nova; d) variação sazonal na estação E19 do Lago Nova; Box plots do indicador condição oxidante da coluna d'água e água intersticial (Oxigênio dissolvido em mg/L): e) variação sazonal na estação E18 do Lago Limão; f) variação anual na estação E18 do Lago do Limão; g) variação anual na estação E19 do Lago Nova; h) variação sazonal na estação E19 do Lago Nova. Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p<0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p<0,05$);



Nos lagos do Limão (E18) e Nova (E19) os potenciais de oxidação (ORP) foram respectivamente 106,4 e 150,8mV, indicando condições predominantemente oxidantes (Quadro 4). Porém, os dois

lagos, também, apresentaram condições redutoras com valores mínimos de -172,0 e -128,0mV para E18 e E19, respectivamente. Em relação ao oxigênio dissolvido (OD), foram registradas concentrações próximas entre os lagos (E18 com 5,2 e E19 com 5,6 mg/L), porém, nota-se que ambos lagos, também, apresentaram condições anóxicas com valores de 0,0 mg/L (Quadro 4). Não foram observadas diferenças sazonais para ORP e OD para os lagos (Mann-Whitney, $p < 0,05$; Figura 8 A, C, E, G). A variação anual revelou que em E18 tanto o ORP quanto as concentrações de OD variaram anualmente (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) com tendência de diminuição em relação ao Ano 1 de monitoramento (Figura 7 B, F). Em E19 apenas a ORP variou ao longo dos anos (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) com tendência a diminuição em relação ao Ano 1 de monitoramento (Figura 8 D).

3.5 ESTADO TRÓFICO

Quadro 5: Matriz água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Estatística descritiva do indicador biológico Estado Trófico: concentração de Fósforo Total (PTI) em $\mu\text{g/L}^{-1}$, concentração de clorofila-a em $\mu\text{g/L}^{-1}$, Índice de estado Trófico do Fósforo Total (IET PT), Índice de estado Trófico da Clorofila-a (IET clorofila-a), e Índice de estado Trófico médio (IET médio) das estações do Rio Doce (E0, E21, E22 e E26); do Rio Guandu (E17); das lagoas do Areão (E23), Lagoa do Areal (E24), Laguna Monsarás (E25 e E25a); D.P.: desvio padrão; C.V. Coeficiente de variação.

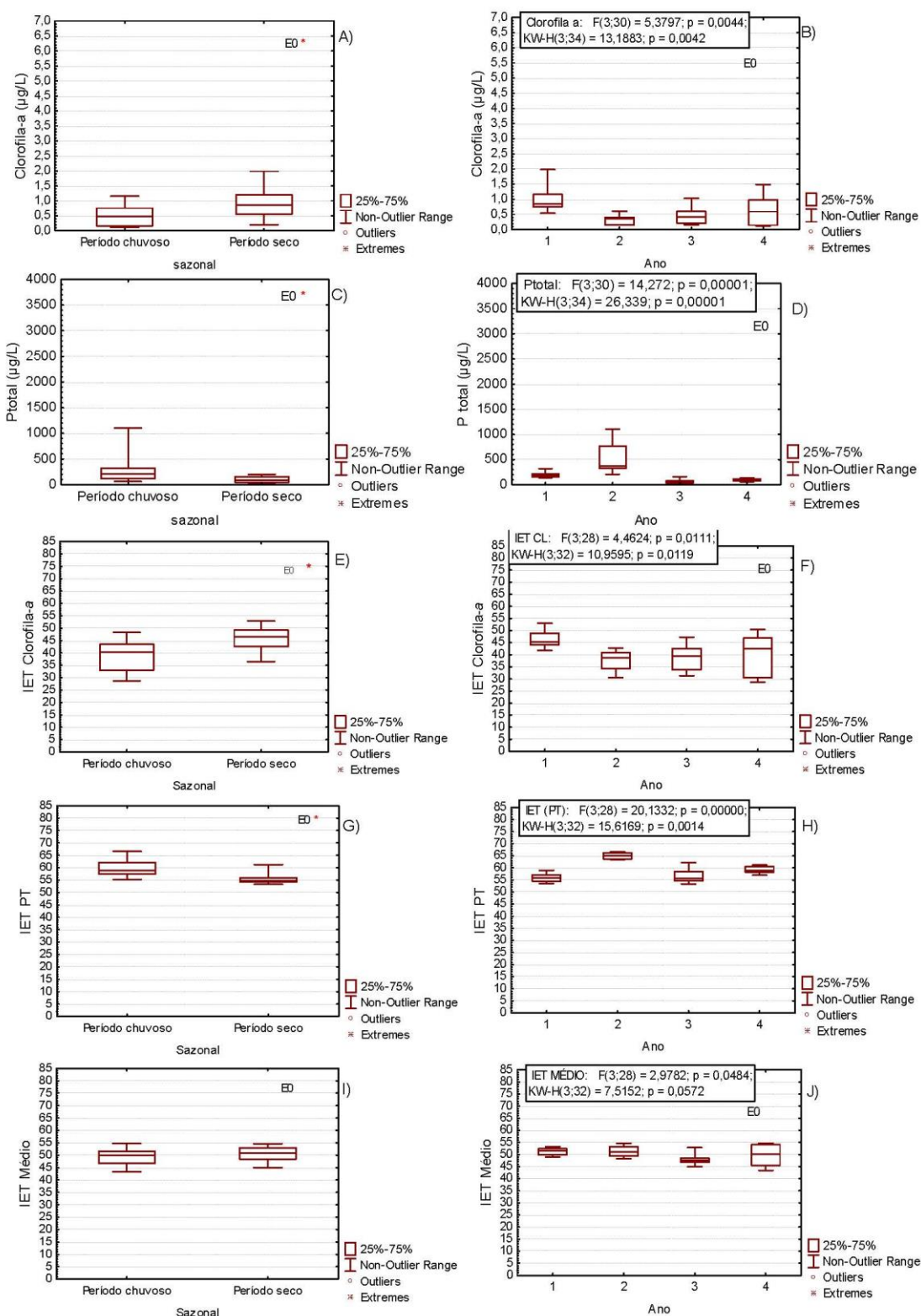
P total - Rio Doce							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E0	34	195,4	153,4	29,2	1102,2	212,1	108,6
E21	34	311,8	146,8	27,6	3747,1	646,0	207,2
E22	32	319,1	146,6	27,6	3747,1	665,8	208,6
E26	34	231,2	156,5	29,2	2000,0	344,7	149,1
P Total- Rio Guandu							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E17	33	244,5	142,5	21,9	1647,8	336,7	137,7
P Total - Lagoas							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E23	11	160,3	173,2	110,4	187,2	30,6	19,1
E24	32	146,8	149,0	16,9	649,6	130,3	88,8
E25	33	245,1	189,3	31,0	2473,5	424,3	173,1
E25a	34	231,4	170,1	22,7	2597,6	442,0	191,0
P Total - Lagos							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
18	32	65,6	64,7	61,4	78,5	3,4	5,1
19	32	63,8	63,7	56,1	75,0	3,1	4,9
Clorofila-a – Rio Doce							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E0	34	0,7	0,6	0,1	2,0	0,5	65,7
E21	34	1,6	1,3	0,0	5,0	1,4	85,4
E22	32	2,1	1,4	0,0	6,1	1,9	89,7
E26	34	2,0	1,9	0,1	6,9	1,7	81,3
Clorofila-a – Rio Guandu							

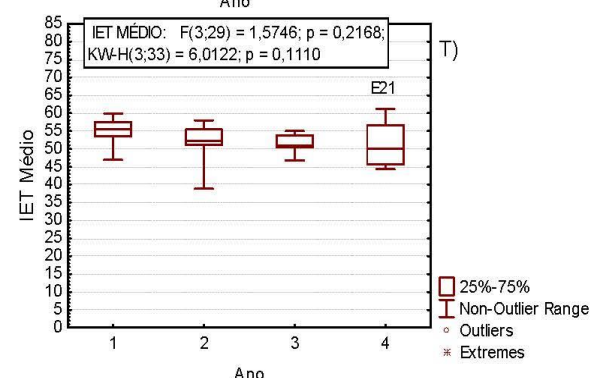
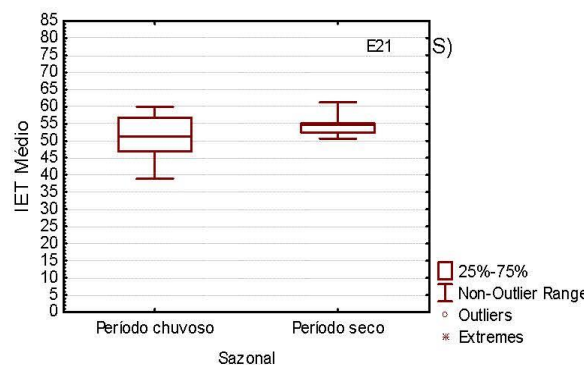
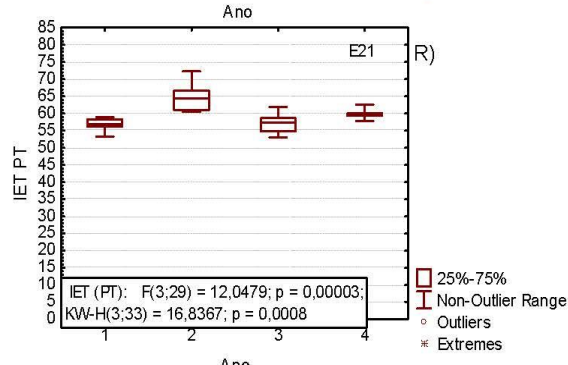
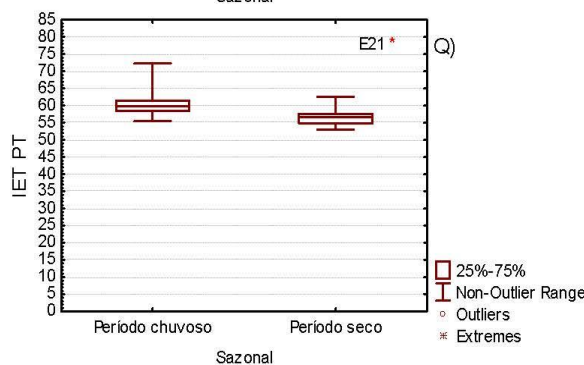
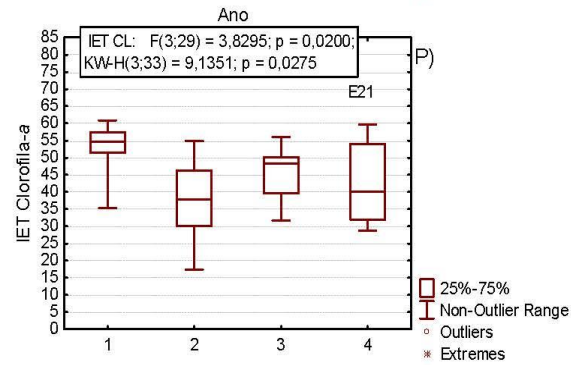
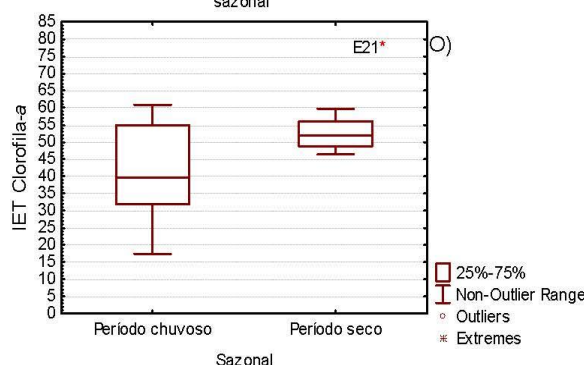
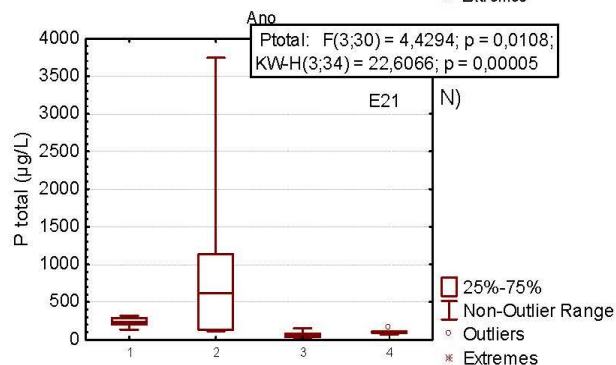
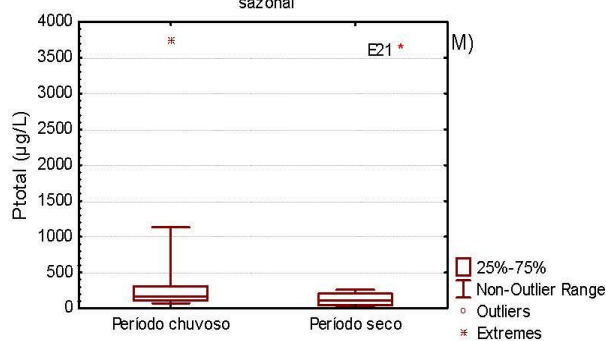
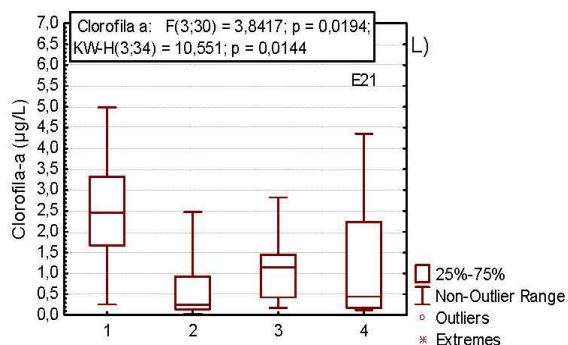
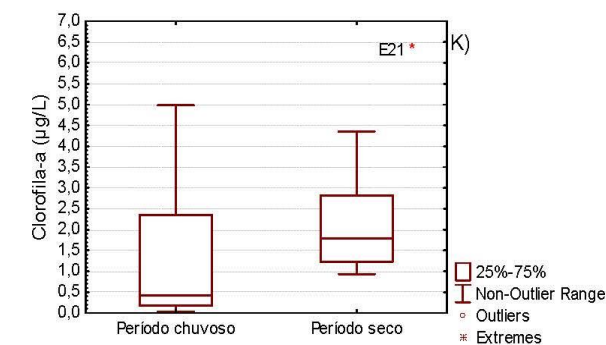
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E17	33	0,5	0,4	0,1	1,7	0,3	68,6
Clorofila-a - Lagoas							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E23	11	1,0	0,9	0,5	1,3	0,4	36,7
E24	32	3,1	2,4	0,3	15,2	2,7	86,9
E25	33	3,5	3,1	0,7	15,1	2,6	73,6
E25a	34	4,0	2,7	0,9	22,2	3,8	96,4
Clorofila-a - Lagos							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
18	99	2,2	1,7	0,1	14,9	2,3	103,6
19	102	1,3	0,9	0,0	24,2	2,5	183,4
IET PT – Rio Doce							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E0	34	58,0	57,5	53,3	66,6	3,5	6,1
E21	33	58,8	58,5	53,0	72,3	3,9	6,6
E22	31	59,0	57,6	53,8	73,0	4,0	6,7
E26	34	58,5	58,4	53,3	69,0	3,6	6,2
IET PT – Rio Guandu							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E17	32	58,2	57,0	51,8	68,0	4,3	7,4
IET PT - Lagoas							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E23	11	64,0	64,8	60,8	65,5	1,8	2,8
E24	31	66,9	65,7	59,4	76,7	4,8	7,2
E25	32	67,8	67,0	63,1	82,4	4,1	6,1
E25a	32	67,0	66,1	61,2	82,7	4,7	7,0
IET PT - Lagos							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
18	32	65,6	64,7	61,4	78,5	3,4	5,1
19	32	63,8	63,7	56,1	75,0	3,1	4,9
IET Clorofila-a – Rio Doce							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E0	34	41,6	42,8	28,7	52,9	6,6	16,0
E21	33	46,7	50,2	17,4	60,9	10,9	23,3
E22	31	49,8	56,1	17,6	62,7	12,2	24,4
E26	34	49,5	52,8	23,3	63,7	10,3	20,8
IET Clorofila-a – Rio Guandu							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E17	32	39,2	39,1	30,1	51,4	4,8	12,3
IET Clorofila-a - Lagoas							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E23	11	46,2	46,1	43,7	48,1	1,9	4,2

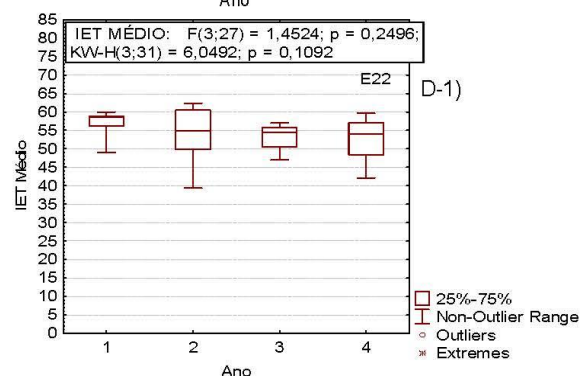
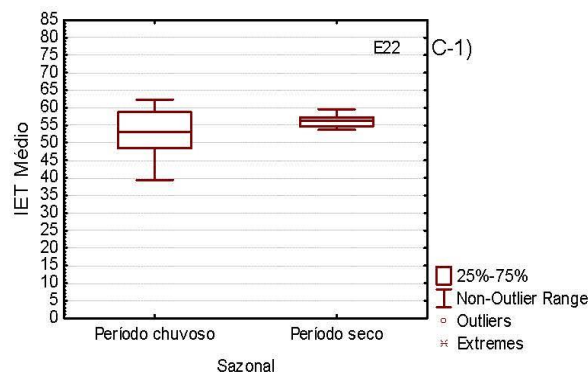
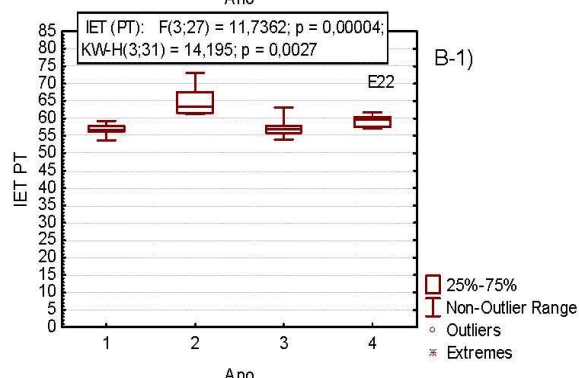
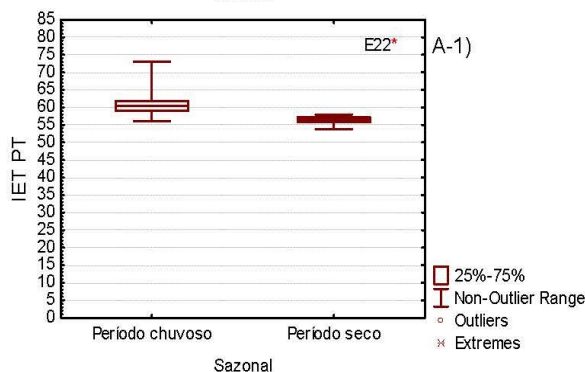
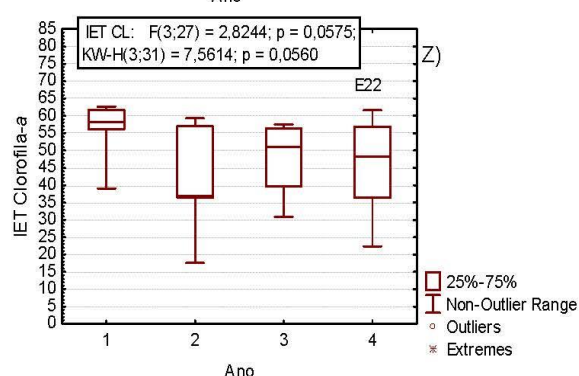
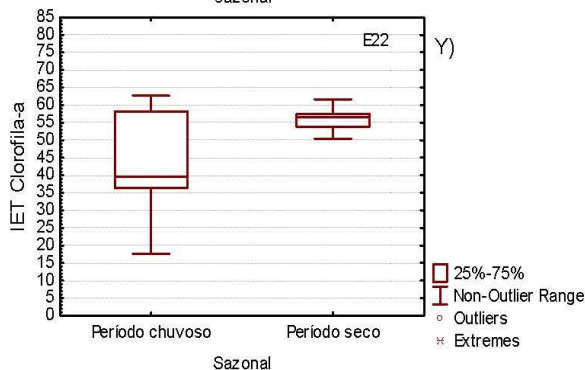
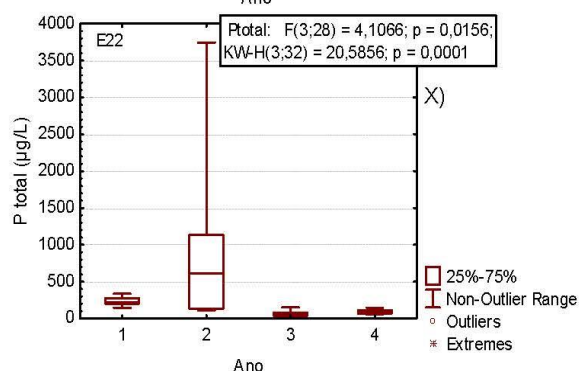
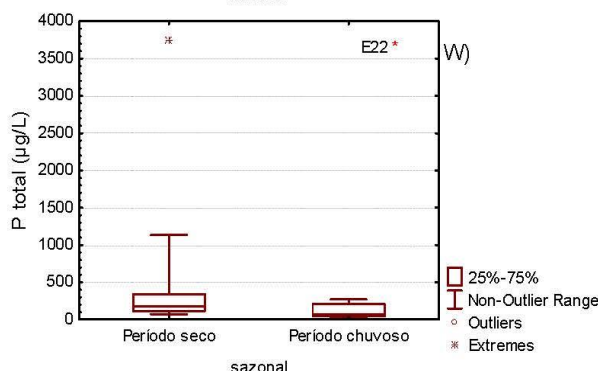
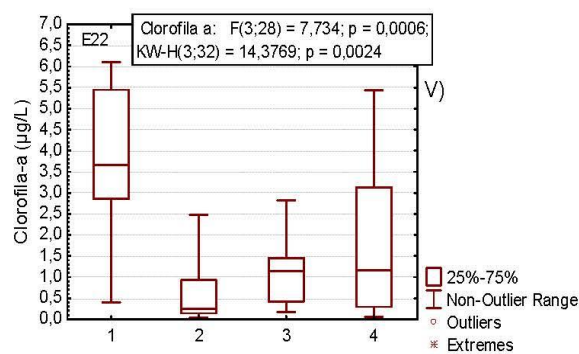
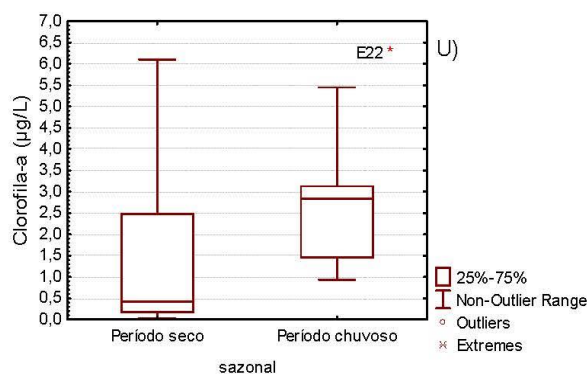
E24	32	50,9	51,1	40,8	60,1	3,9	7,7
E25	33	52,0	52,0	45,0	60,0	2,8	5,4
E25a	33	52,2	51,3	46,3	61,9	3,3	6,3
IET Clorofila-a - Lagos							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E18	32	50,37	49,87	47,33	59,83	2,51	4,99
E19	32	47,23	46,93	42,89	53,18	2,51	5,32
IET médio – Rio Doce							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E0	34	49,8	50,3	43,4	54,7	3,0	5,9
E21	33	52,8	53,7	38,9	61,2	4,9	9,2
E22	31	54,4	55,7	39,4	62,3	5,4	9,9
E26	34	54,0	54,9	42,5	61,5	4,8	8,8
IET médio – Rio Guandu							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E17	32	48,7	48,0	41,3	56,7	3,8	7,7
IET médio - Lagoas							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
E23	11	55,1	55,2	52,3	56,8	1,2	2,1
E24	32	58,5	59,4	40,8	65,0	4,4	7,5
E25	33	59,6	59,0	46,5	68,6	3,5	5,9
E25a	33	59,4	59,2	52,1	68,1	3,1	5,3
IET médio - Lagos							
Estação	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	D.P.	C.V. (%)
18	32	58,0	57,5	55,2	63,8	2,1	3,7
19	32	55,5	55,4	50,8	62,6	2,3	4,1

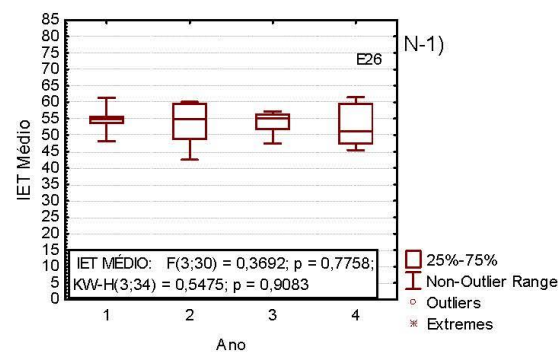
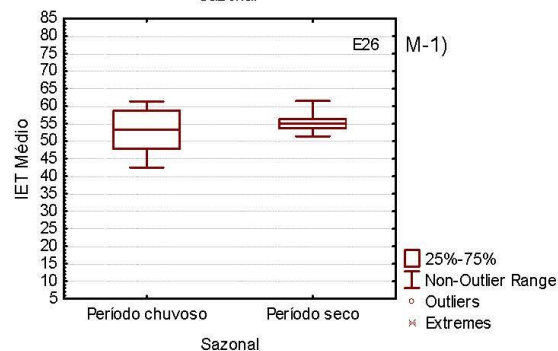
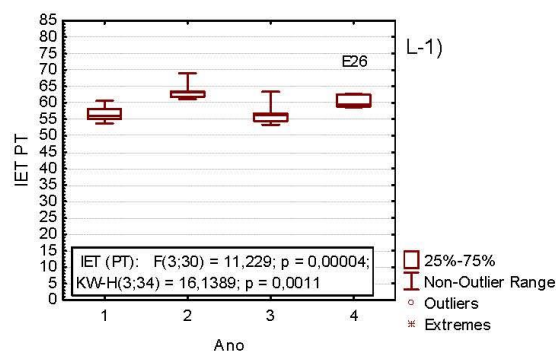
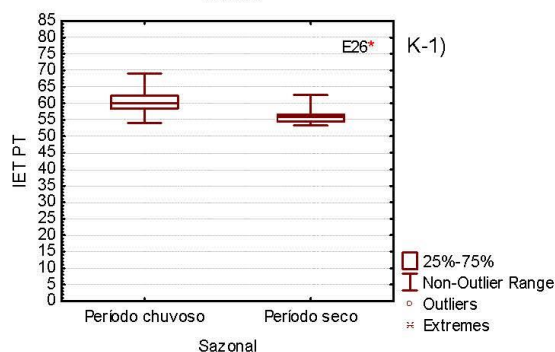
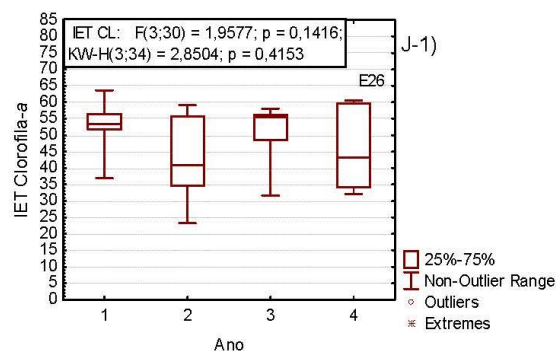
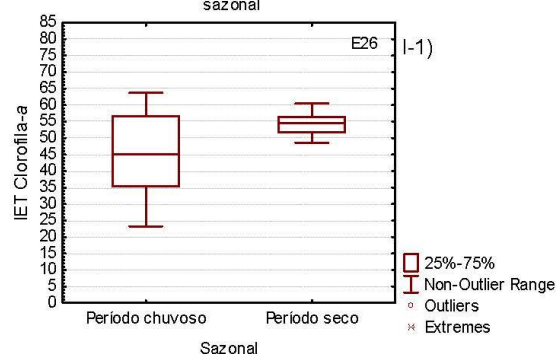
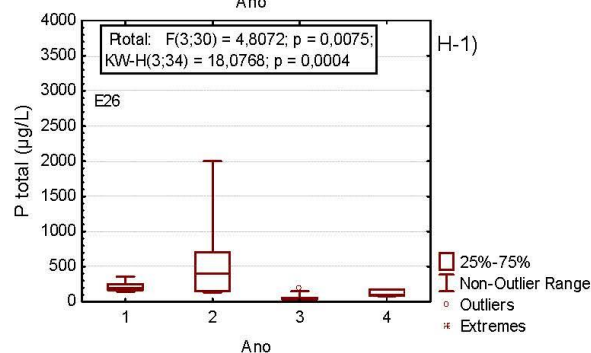
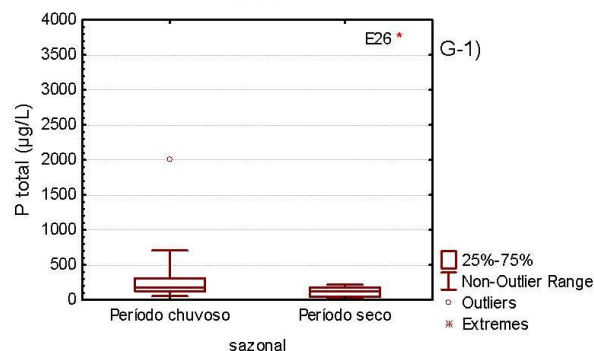
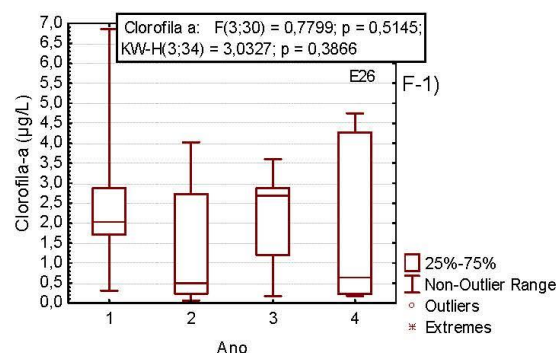
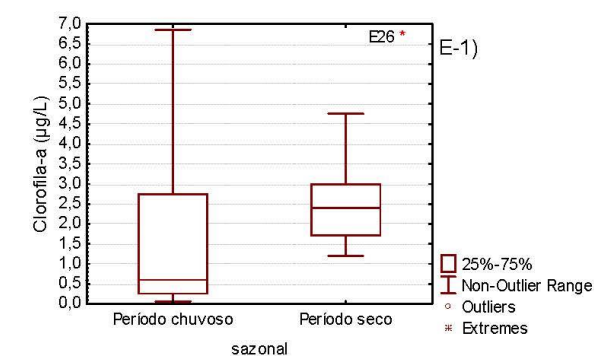
Figura 9: Matriz – água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Gráficos de Boxplots (Concentração (µg/L) de Fósforo total (P total) e Clorofila-a; Índice de Estado Trófico (IET) médio, IET da Clorofila-a e IET Ptotal do indicador Índice de Estado Trófico dos Rios: A) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E0; B) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E0; C) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E0; D) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E0; E) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E0; F) Variação anual do IET Clorofila-a em E0; G) Variação sazonal do IET Ptotal em E0; H) Variação anual do IET Ptotal em E0; I) variação sazonal do IET médio em E0; J) variação anual do IET médio em E0; K) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E21; L) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E21; M) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E21; N) Variação anual das concentrações de Ptotal em E21; O) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E21; P) Variação anual do IET Clorofila-a em E21; Q) Variação sazonal do IET Ptotal em E21; R) Variação anual do IET Ptotal em E21; S) variação sazonal do IET médio em E21; T) variação anual do IET médio em E21; U) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E22; V) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E22; W) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E22; X) Variação anual das concentrações de Ptotal em E22; Y) Variação anual do IET Clorofila-a em E22; Z) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E22; A-1) Variação sazonal do IET Ptotal em E22; B-1) Variação anual do IET Ptotal em E22; C-1) variação sazonal do IET médio em E22; D-1) variação anual do IET médio em E22; E-1) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E26; F-1) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E26; G-1) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E26; H-1) Variação anual das concentrações de Ptotal em E26; I-1) Variação anual do IET Clorofila-a em E26; J-1) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E26; K-1) Variação sazonal do IET Ptotal em E26; L-1) Variação anual do IET Ptotal em E26; M-1) variação

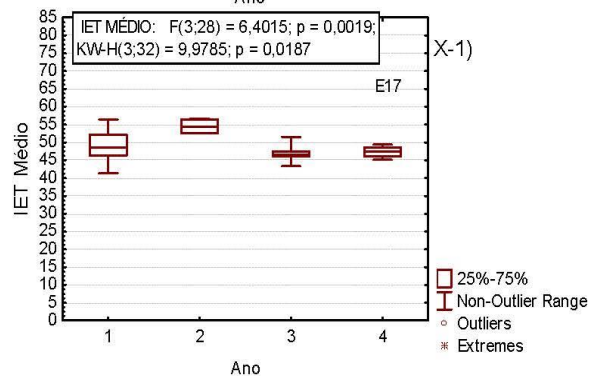
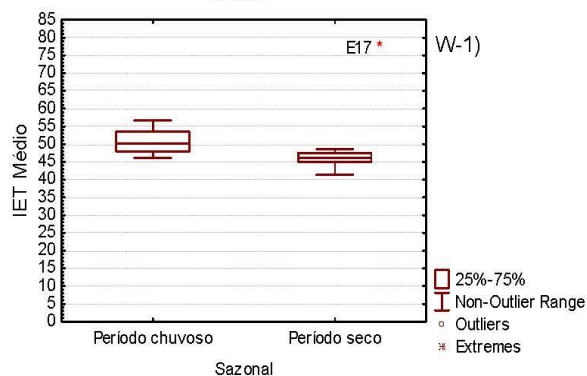
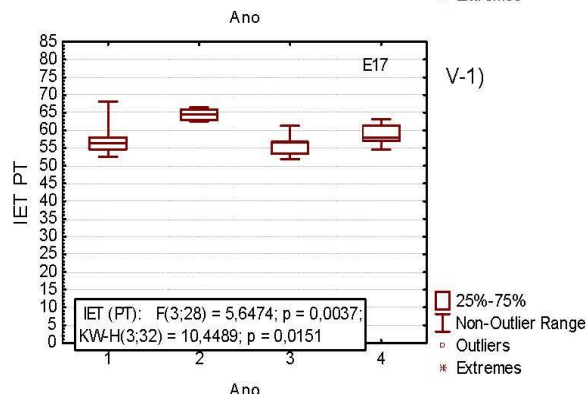
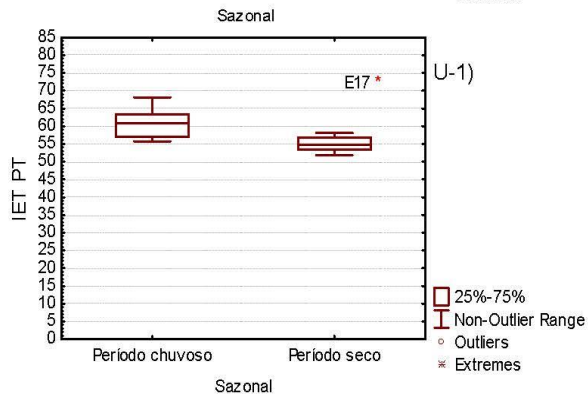
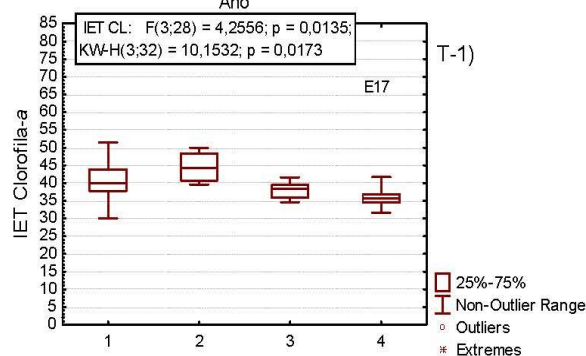
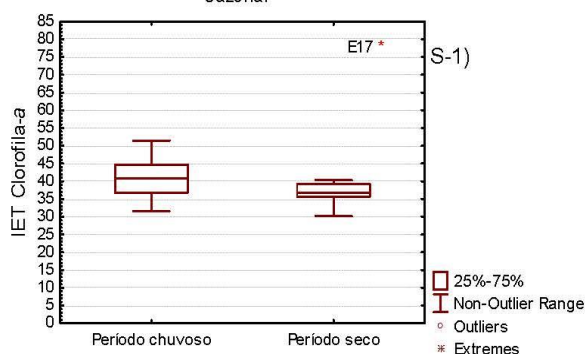
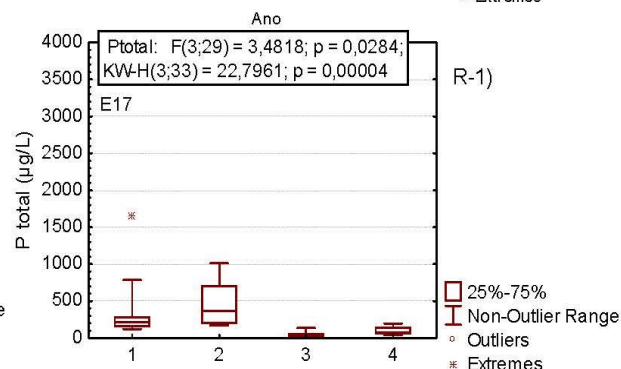
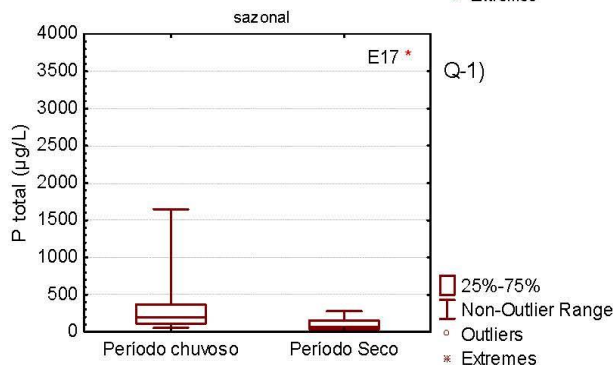
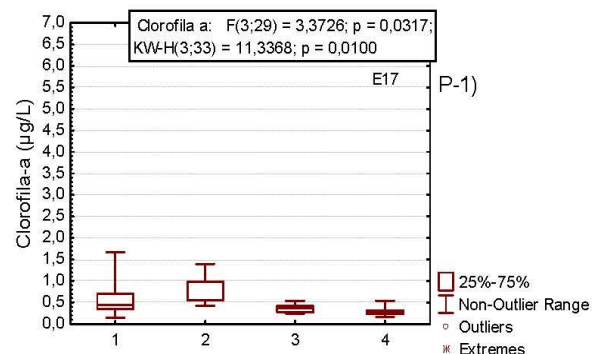
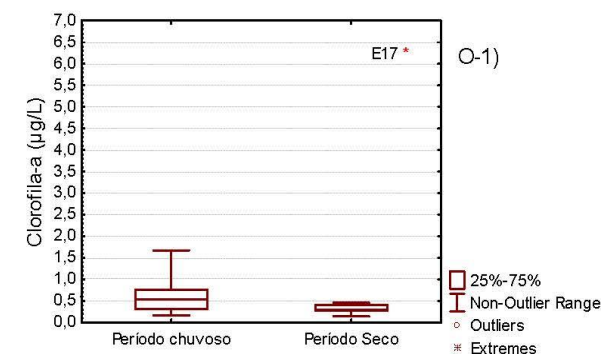
sazonal do IET médio em E26; N-1) Variação anual do IET médio em E26. O-1) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E17; P-1) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E17; Q-1) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E17; R-1) Variação anual das concentrações de Ptotal em E17; S-1) Variação anual do IET Clorofila-a em E17; T-1) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E17; U-1) Variação sazonal do IET Ptotal em E17; V-1) Variação anual do IET Ptotal em E17; W-1) variação sazonal do IET médio em E17; X-1) variação anual do IET médio em E17. Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)





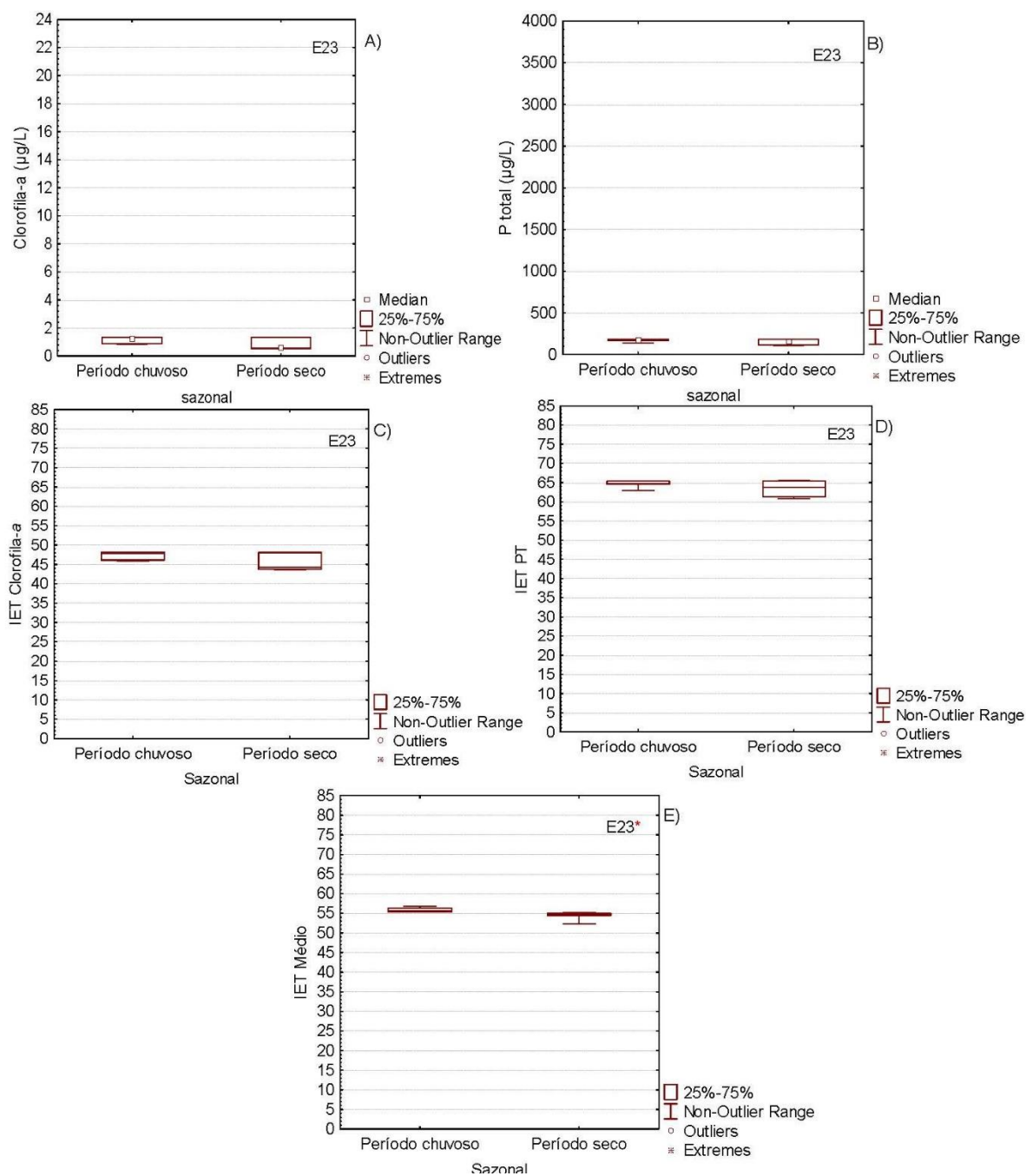


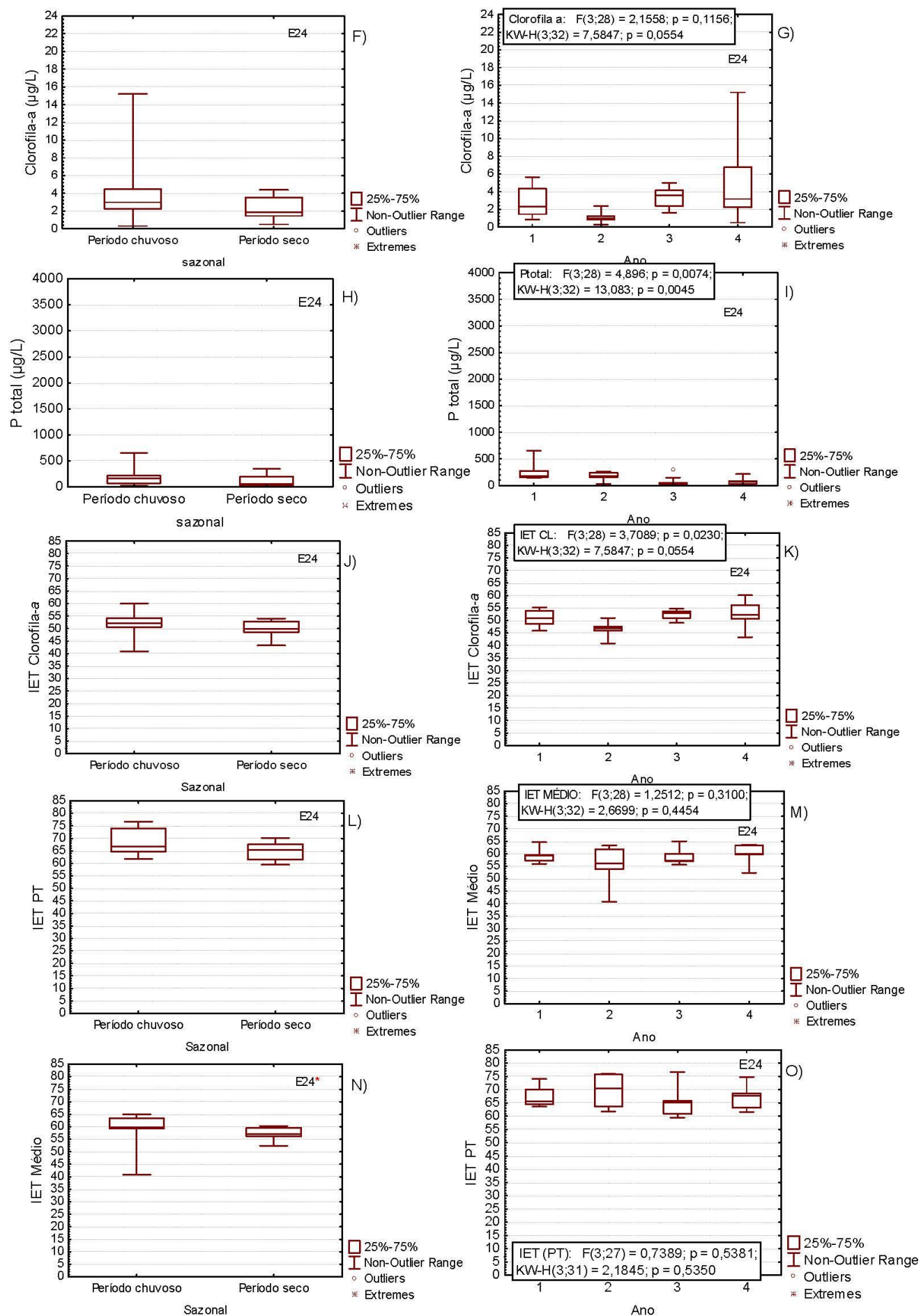


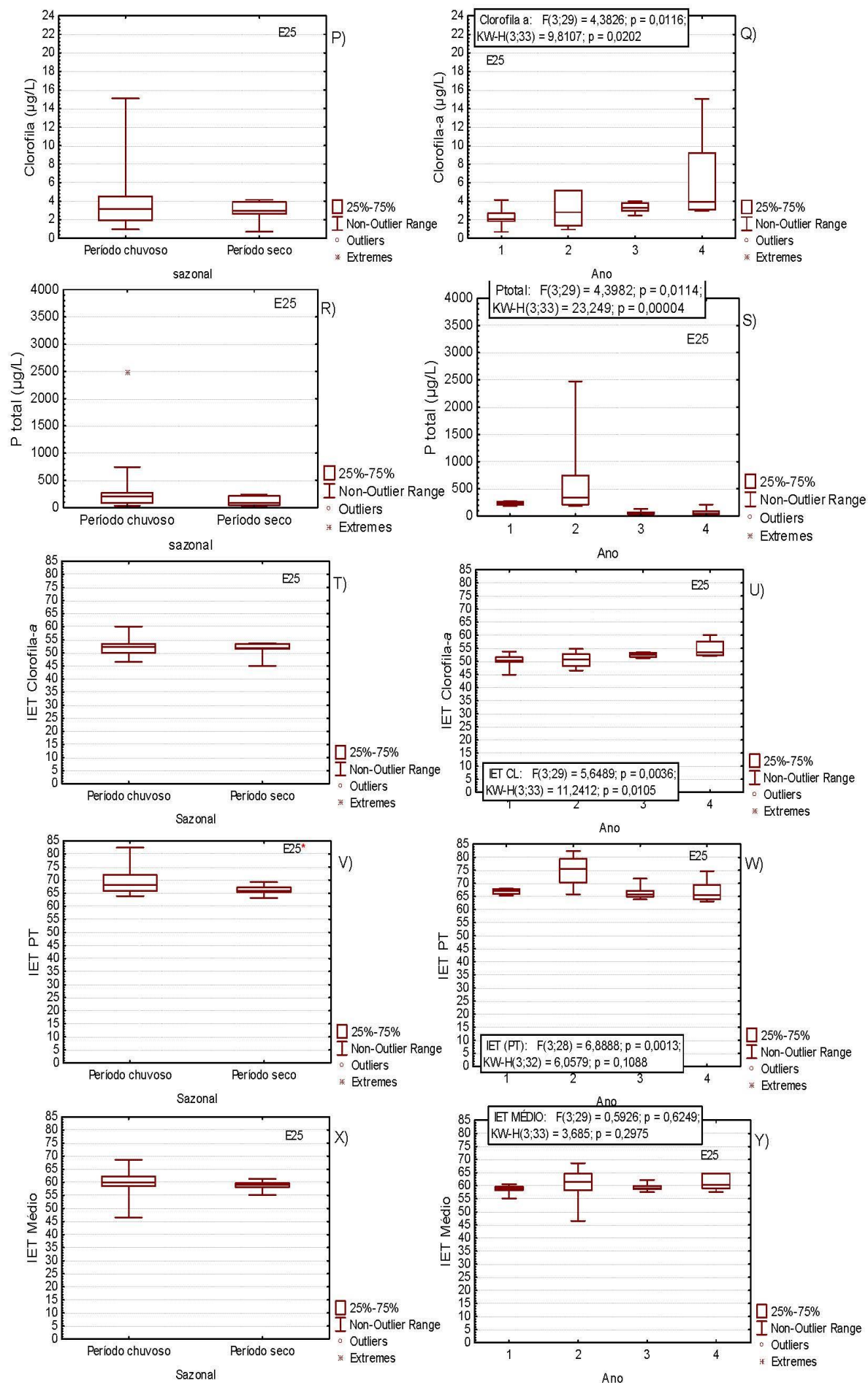


Na calha do Rio Doce, os valores médios do índice de estado trófico do fósforo total (IET PT) foram próximos entre as estações do Rio Doce, variando entre 58 e 59 (Quadro 5). A variação anual dos valores médios do IET clorofila-a (Figura 9 B, L, V, F-1) e IET médio (Figura 9 J, T, D-1, N-1) apresentaram diferenças entre os anos de monitoramento (Kruskall-Wallis, $p < 0,05$) com tendências de aumento a jusante (Quadro 5). Nesse caso, o IET médio indicou que as estações do Rio Doce possuem diferentes estados tróficos, por exemplo, na estação E0 foi classificada como oligotrófica ($47 < \text{IET} \leq 52$), enquanto, E21, E22, E26 foram classificadas como mesotróficas ($52 < \text{IET} \leq 59$; Quadro 5). Foram observadas variações sazonais que indicaram maiores valores das concentrações de Ptotal (Figura 9 C, M, W, G-1) e IET PT (Figura 9 G, Q, A-1, K-1) no período chuvoso, em relação ao período seco (Mann-Whitney, $p < 0,05$). Para as concentrações sazonais de clorofila-a (Figura 9 A, K, U, E-1) e IET clorofila-a (Figura 9 E, O, Y, I-1) os maiores valores foram registrados durante o período seco, em relação ao período chuvoso (Mann-Whitney $p < 0,05$).

Figura 10: Matriz – água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Gráficos de Boxplots (Concentração em $\mu\text{g/L}$ de Fósforo total (P total) e Clorofila-a; Índice de Estado Trófico (IET) médio, IET da Clorofila-a e IET do Ptotal do indicador Índice de Estado Trófico das Lagoas do Areão (E23), do Areal (E24), Monsarás (E25) e (E25a): A) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E23; B) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E23; C) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E23; D) Variação sazonal do IET Ptotal em E23; E) variação sazonal do IET médio em E23; F) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E24; G) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E24; H) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E24; I) Variação anual das concentrações do Ptotal em E24; J) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E24; K) Variação anual do IET Clorofila-a em E24; L) Variação sazonal do IET Ptotal em E24; M) Variação anual do IET Ptotal em E24; N) variação sazonal do IET médio em E24; O) variação anual do IET médio em E24; P) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E25; Q) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E25; R) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E25; S) Variação anual das concentrações de Ptotal em E25; T) Variação anual do IET Clorofila-a em E25; U) Variação anual do IET Clorofila-a em E25; V) Variação sazonal do IET Ptotal em E25; W) Variação anual do IET Ptotal em E25; X) variação sazonal do IET médio em E25; Y) variação anual do IET médio em E25. Z) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E25a; A-1) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E25a; B-1) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E25a; C-1) Variação anual das concentrações do Ptotal em E25a; D-1) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E25a; E-1) Variação anual do IET Clorofila-a em E25a; F-1) Variação sazonal do IET Ptotal em E25a; G-1) Variação anual do IET Ptotal em E25a; H-1) variação sazonal do IET médio em E25a; I-1) variação anual do IET médio em E25a; Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$);

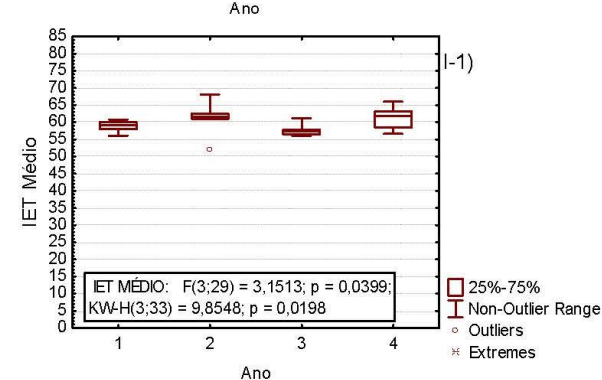
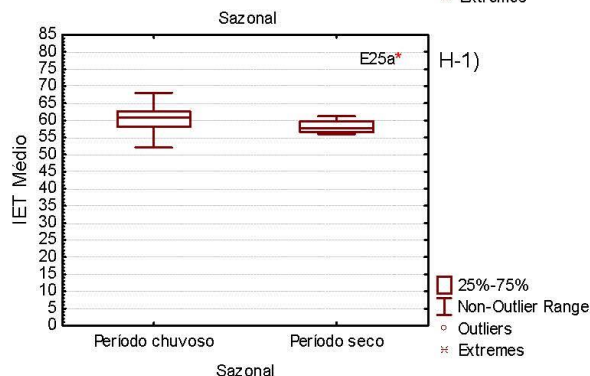
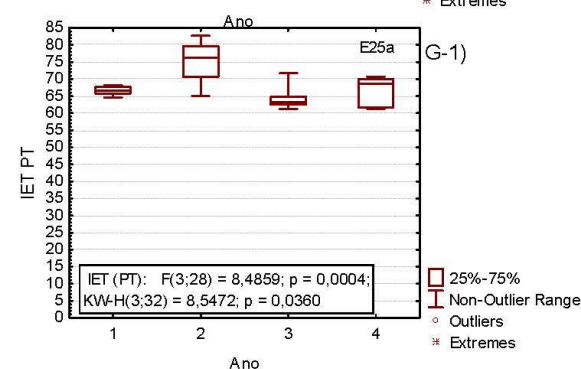
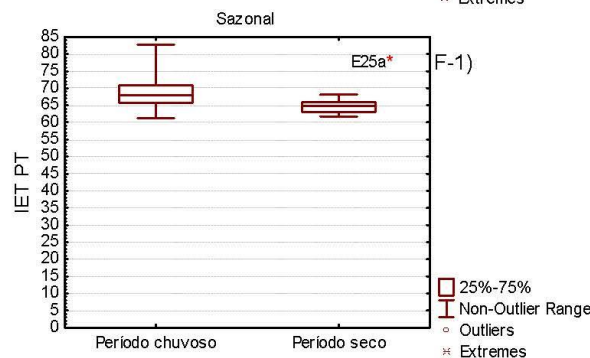
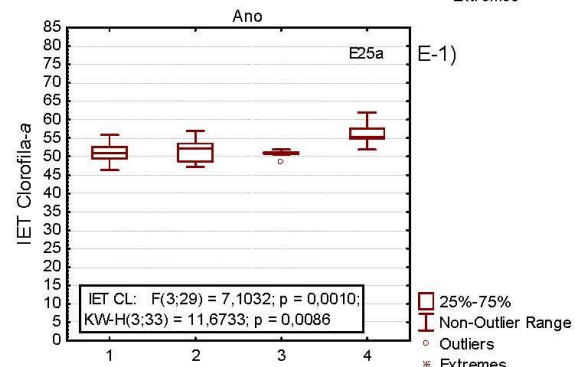
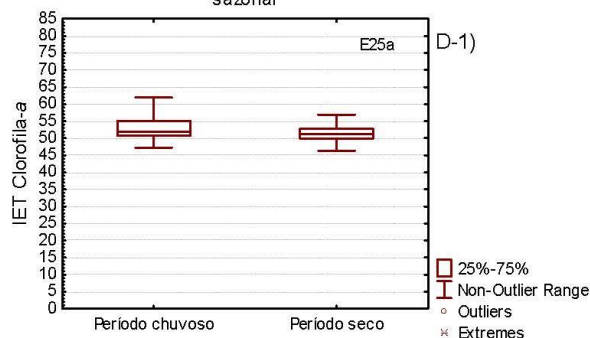
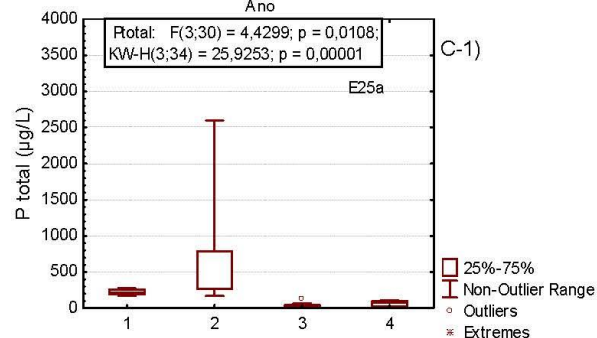
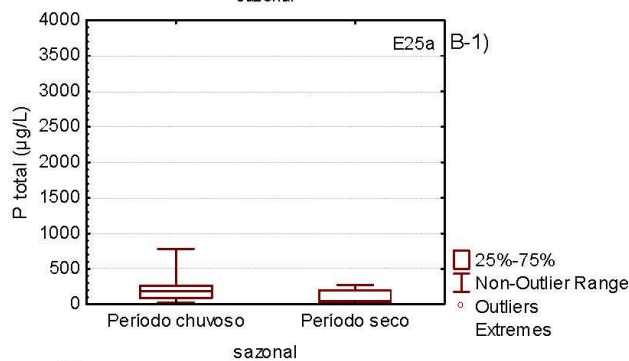
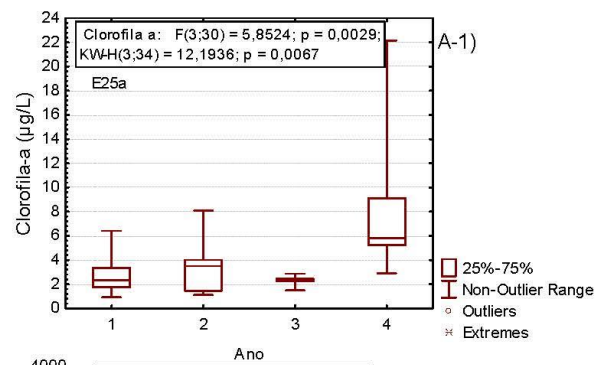
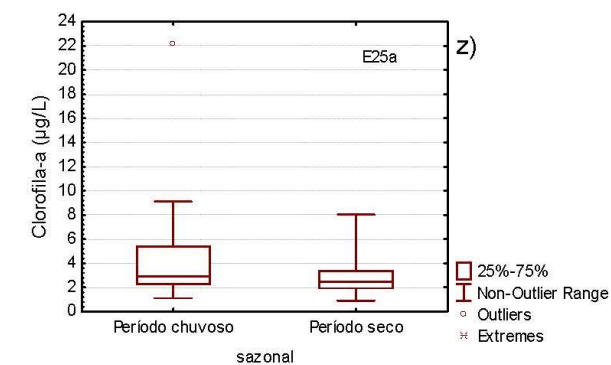


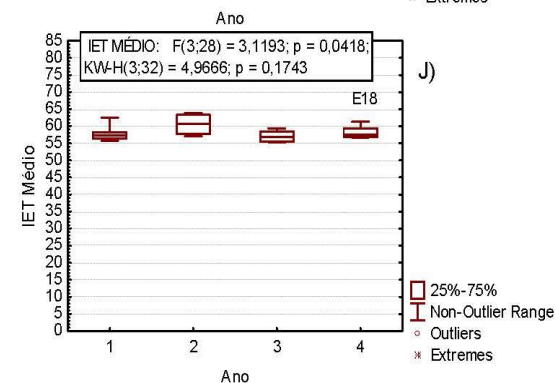
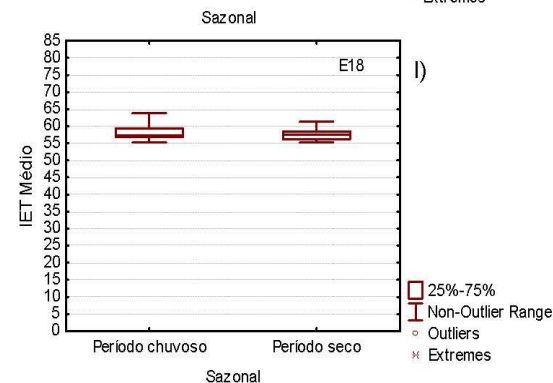
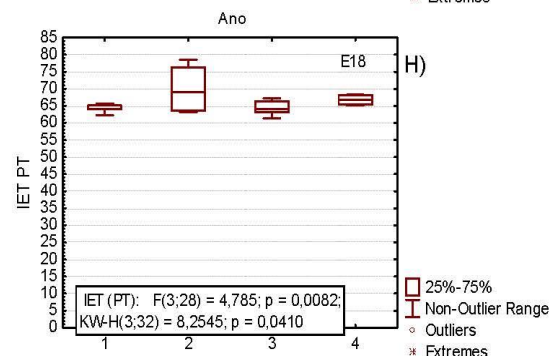
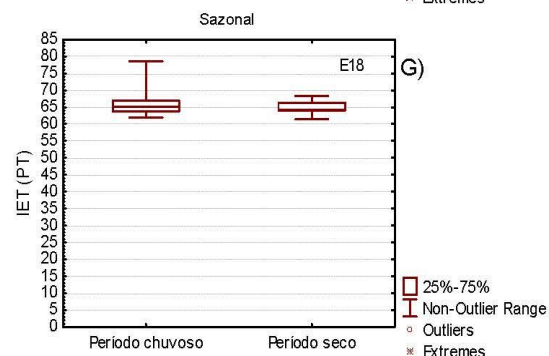
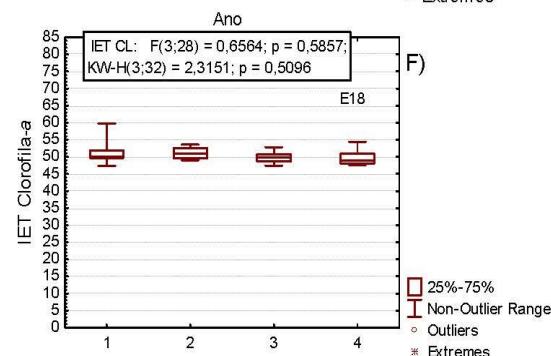
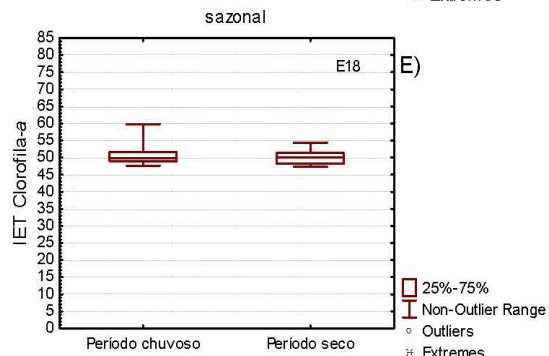
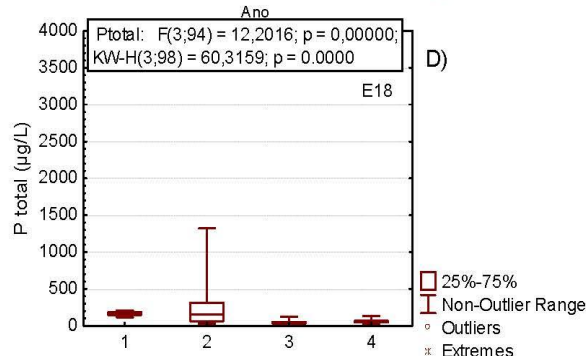
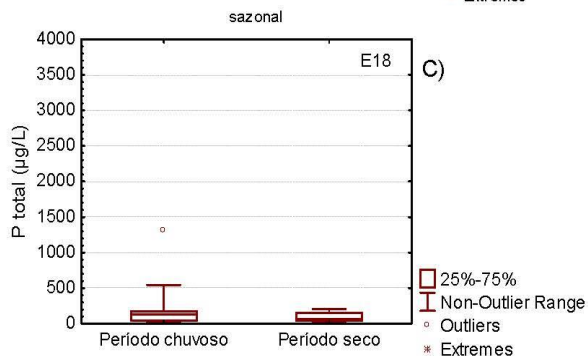
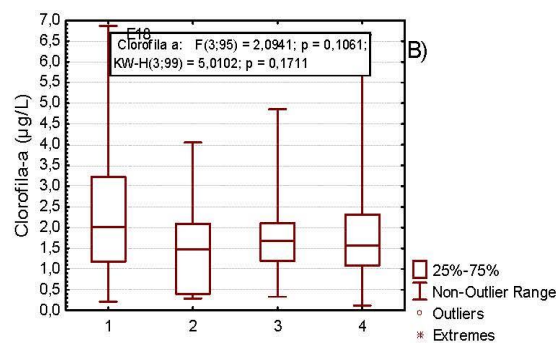
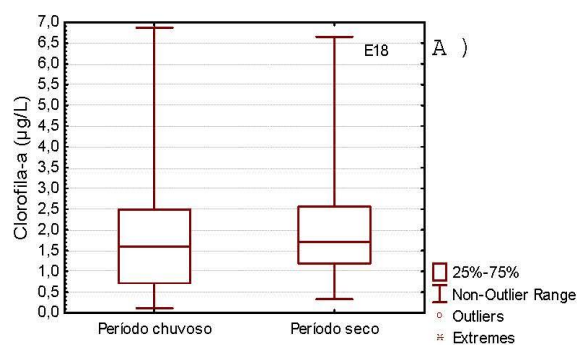


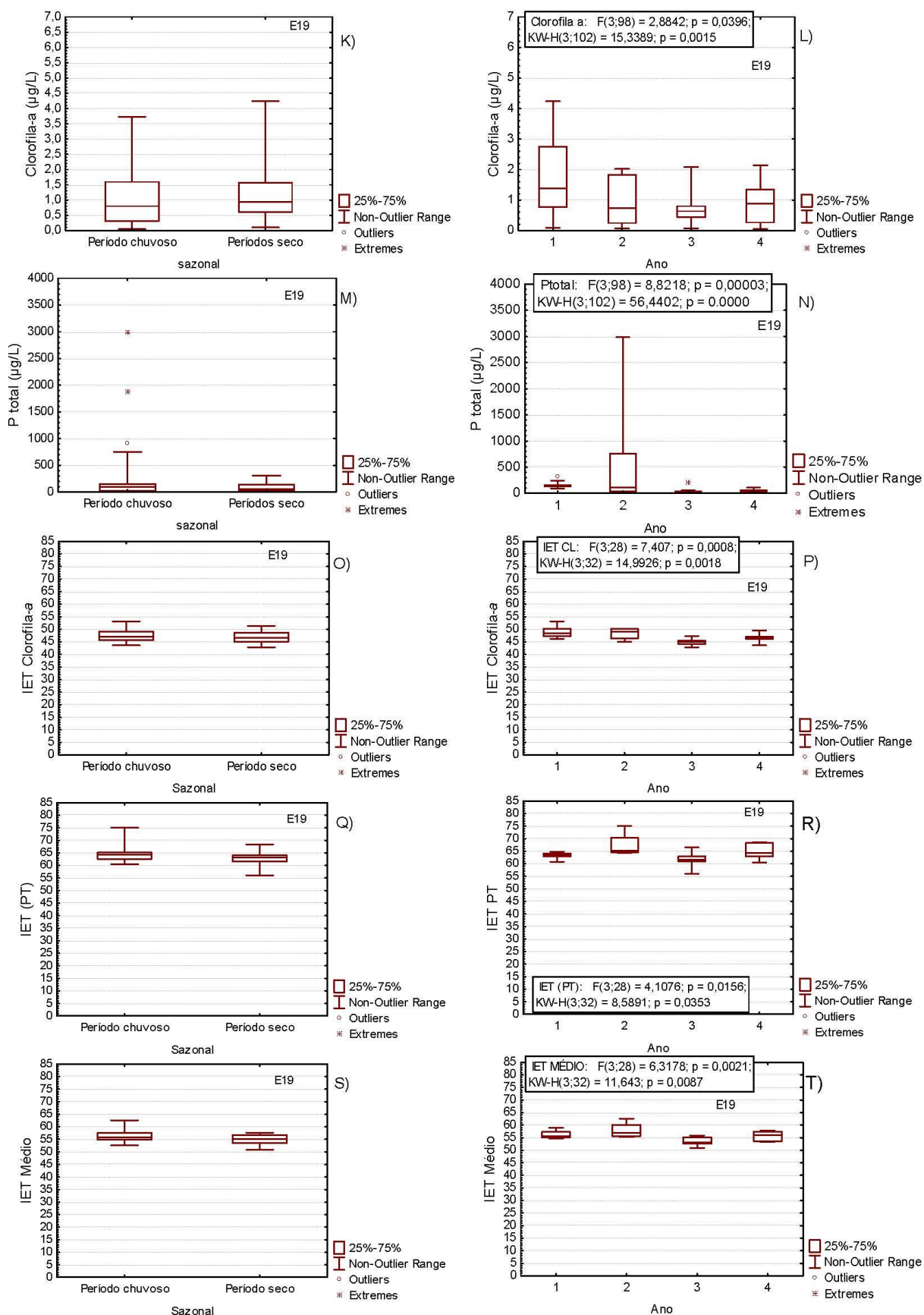


Nas Lagoas do Areão (E23), Areal (E24) e Monsarás (E25 e E25a) as concentrações médias de Ptotal, clorofila-a, IET PT e IET clorofila-a aumentam entre as lagoas, à medida que, estas se aproximam da foz do rio Doce (Quadro 5). O IET médio entre as lagoas revelou estados tróficos distintos, nesse caso, E23 classificada como oligotrófica ($47 < \text{IET} \leq 52$), E24 mesotrófica ($52 < \text{IET} \leq 59$), E25 e E25a eutróficas ($59 < \text{IET} \leq 63$; Quadro 5). O IET médio nas lagoas (Figura 10 E, N, X, H-1) foi maior durante o período chuvoso em comparação com o período seco (mann-Whitney, $p < 0,05$). A variação anual nas lagoas indicou que as concentrações de Ptotal (Figura 10 I, S, C-1 Figura 1) clorofila-a (Figura 10 G, Q, A-1) e IET PT (Figura 10 M, W, G-1) e IET clorofila-a (Figura 10 K, U, E-1) apresentaram diferenças significativas entre os anos (Kruskall-Wallis, $p > 0,05$).

Figura 11: Matriz – água. Período amostral de setembro/2018 a setembro/2022. Gráficos de Boxplots (Concentração em $\mu\text{g/L}$ de Fósforo total (P total) e Clorofila-a; Índice de Estado Trófico (IET) médio, IET da Clorofila-a e IET do Ptotal do indicador Índice de Estado Trófico dos Lagos do Limão (E18) e Nova (E19): A) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E18; B) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E18; C) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E18; D) Variação anual das concentrações de Ptotal em E18; E) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E18; F) Variação anual do IET Clorofila-a em E18; G) Variação sazonal do IET Ptotal em E18; H) Variação anual do IET Ptotal em E18; I) variação sazonal do IET médio em E18; J) variação anual do IET médio em E18; K) Variação sazonal das concentrações de Clorofila-a em E19; L) Variação anual das concentrações de Clorofila-a em E19; M) Variação sazonal das concentrações de Ptotal em E19; N) Variação anual das concentrações de Ptotal em E19; O) Variação sazonal do IET Clorofila-a em E19; P) Variação anual do IET Clorofila-a em E19; Q) Variação sazonal do IET Ptotal em E19; R) Variação anual do IET Ptotal em E19; S) variação sazonal do IET médio em E19; T) variação anual do IET médio em E19. Variação sazonal significativa com teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) marcado no canto superior direito do gráfico com *; Variação anual significativa com teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$);







Nos Lagos do Limão (E18) e Nova (E19) as concentrações médias sazonais de Ptotal (Figura 11C, M), clorofila-a (Figura 11 A, K) e os índices IET PT (Figura 11 G,Q), IET clorofila-a (Figura 11 E, O) e IET

médio (Figura 11 I, S) apresentaram valores próximos entre os lagos (Quadro 5) e não variam sazonalmente (Mann-Whitney, $p < 0,05$). Com relação a variação anual, em E19 foram observadas diferenças significativas para as concentrações médias de Ptotal (Figura 11 D, N), clorofila-a (Figura 11 B, L) e os índices IET PT (Figura 11 G, Q), IET clorofila-a (Figura 11 E, O) e IET médio (Figura 11 I, S). A partir dos valores de IET médio E18 = 58,0 E19= 55,5 (Quadro 5) os lagos foram considerados como mesotróficos ($52 < IET \leq 59$).

3.6 TESTEMUNHO DE SEDIMENTOS EM LAGOS E LAGOAS

Quadro 6: Matriz – sedimento. Parte 1: Estatística descritiva do indicador: Testemunhos de Sedimento em Lagos e Lagoas para a granulometria, matéria orgânica, composição mineralógica e conteúdo de metais do Lago do Limão (E18), Lago Nova (E19), Lago Juparanã (E20), Lagoa do Areão (E23), Lagoa do Areal (E24) e Laguna Monsarás (E25). Parte 2: Teste estatístico não paramétrico de Spearman para granulometria, matéria orgânica (MO), composição mineralógica e conteúdo de metais do Lago Nova. Em **negrito** estão indicadas as correlações fortes com $r > 0,7$

Parte 1					
E18					
Parâmetros	N amostral	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
Matéria orgânica (%)	30	21,05	10,67	27,13	4,13
Quartzo (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Muscovita (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Anatásio (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Caulinita (%)	30	3,81	0,00	8,20	2,29
Gibbsita (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Goethita (%)	30	93,29	83,00	98,00	4,41
Hematita (%)	30	2,90	0,00	12,00	3,56
Mt/Mh (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Óxidos de Fe (%)	30	96,19	91,80	100,00	2,29
Silte (%)	29	69,70	0,00	89,42	29,15
Argila (%)	29	14,54	0,00	41,98	10,29
Al (mg/kgx10 ³)	30	114,54	84,28	147,48	22,20
As (mg/kg)	30	6,63	5,48	8,83	0,69
Ba (mg/kg)	30	299,30	237,04	361,15	36,25
Cr (mg/kg)	30	42,12	15,07	61,03	9,96
Cu (mg/kg)	30	10,32	0,00	44,50	12,80
Fe (mg/kgx10 ³)	30	66,72	19,81	102,75	17,56
La (mg/kg)	30	23,52	10,53	34,77	7,47
Mn (mg/kg)	30	337,00	210,91	422,40	50,89
Ni (mg/kg)	30	7,28	2,64	14,40	3,32
Pb (mg/kg)	30	23,37	13,77	30,13	4,31
V (mg/kg)	30	98,13	63,80	134,79	15,05
Zn (mg/kg)	30	56,56	27,65	80,86	15,36

E19					
Parâmetros	N amostral	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
MO (%)	34	21,61	9,04	28,25	5,24
Quartzo (%)	34	5,54	0,00	12,00	2,86
Muscovita (%)	34	0,90	0,00	2,00	0,81
Anatásio (%)	34	3,55	0,00	6,00	1,19
Caulinita (%)	34	81,36	76,00	86,00	2,72
Gibbsita (%)	34	2,38	1,50	4,00	0,62
Goethita (%)	34	5,41	2,00	8,00	1,56
Hematita (%)	34	0,78	0,00	3,50	0,84
Mt/Mh (%)	34	0,00	0,00	0,00	0,00
Óxidos de Fe (%)	34	6,19	3,00	10,00	1,52
Silte (%)	23	85,41	75,05	91,76	5,33
Argila (%)	23	14,07	7,66	24,88	5,54
Al (mg/kgx10 ³)	34	100,74	1,17	161,87	42,02
As (mg/kg)	34	7,87	4,20	11,80	1,32
Ba (mg/kg)	34	323,58	147,76	486,48	53,03
Cr (mg/kg)	34	45,74	34,02	60,39	5,14
Cu (mg/kg)	34	26,47	0,00	128,49	32,85
Fe (mg/kgx10 ³)	34	104,99	51,60	143,27	23,44
La (mg/kg)	34	31,18	18,66	41,05	4,46
Mn (mg/kg)	34	696,97	394,98	1154,31	243,80
Ni (mg/kg)	34	16,54	6,89	36,70	7,55
Pb (mg/kg)	34	32,30	22,78	41,21	5,27
V (mg/kg)	34	99,05	69,13	131,06	16,49
Zn (mg/kg)	34	61,33	39,28	117,87	19,13
E20					
Parâmetros	N amostral	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
MO (%)	35	16,05	14,33	17,89	1,15
Quartzo (%)	35	5,47	3,00	11,00	1,96
Muscovita (%)	35	4,44	0,00	14,00	3,15
Anatásio (%)	35	3,97	2,00	5,50	0,78
Caulinita (%)	35	74,57	65,00	83,00	4,51
Gibbsita (%)	35	3,89	3,00	5,00	0,46
Goethita (%)	35	6,10	1,20	10,00	2,09
Hematita (%)	35	1,56	0,00	7,00	1,73
Mt/Mh (%)	35	0,00	0,00	0,00	0,00
Óxidos de Fe (%)	35	7,66	2,00	13,00	2,50
Silte (%)	29	82,73	77,98	91,22	3,37

Argila (%)	29	17,27	8,78	22,02	3,37
Al (mg/kgx10 ³)	35	142,67	65,32	157,80	15,95
As (mg/kg)	35	12,25	3,24	21,66	5,56
Ba (mg/kg)	35	492,51	121,43	625,07	75,91
Cr (mg/kg)	35	69,95	50,37	134,52	21,72
Cu (mg/kg)	35	22,93	12,95	90,18	14,47
Fe (mg/kgx10 ³)	34	78,95	32,83	97,25	11,39
La (mg/kg)	35	43,08	32,46	54,24	6,32
Mn(mg/kg)	35	934,34	626,77	1705,87	251,77
Ni (mg/kg)	35	27,46	20,74	38,41	4,82
Pb (mg/kg)	35	39,37	32,58	49,41	3,73
V (mg/kg)	35	91,22	73,44	110,21	8,52
Zn (mg/kg)	35	83,94	51,28	122,33	16,52
E23					
Parâmetros	N amostral	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
MO (%)	28	12,64	0,83	16,56	4,86
Quartzo (%)	27	24,56	9,00	100,00	30,56
Muscovita (%)	28	7,47	0,00	18,00	4,81
Anatásio (%)	28	2,15	0,00	3,50	1,09
Caulinita (%)	28	53,50	0,00	74,00	24,82
Gibbsita (%)	28	3,46	0,00	6,00	2,08
Goethita (%)	28	4,78	0,00	8,00	2,44
Hematita (%)	28	1,39	0,00	3,31	1,28
Mt/Mh (%)	28	0,00	0,00	0,00	0,00
Óxidos de Fe (%)	28	6,17	0,00	9,50	3,21
Silte (%)	25	46,55	0,00	87,25	40,17
Argila (%)	25	11,02	0,00	43,07	11,77
Al (mg/kgx10 ³)	28	119,81	10,23	177,72	48,95
As (mg/kg)	28	16,61	0,00	31,97	8,67
Ba (mg/kg)	28	515,54	284,45	611,71	84,75
Cr (mg/kg)	28	58,95	0,00	85,75	24,63
Cu (mg/kg)	28	20,13	0,00	34,97	6,93
Fe (mg/kgx10 ³)	28	86,84	7,97	130,35	37,40
La (mg/kg)	28	37,96	1,64	55,10	16,54
Mn (mg/kg)	28	1314,22	264,58	2310,83	548,21
Ni (mg/kg)	28	26,72	0,00	52,15	13,75
Pb (mg/kg)	28	30,47	9,08	38,84	9,39
V (mg/kg)	28	68,64	5,25	90,43	27,02
Zn (mg/kg)	28	57,92	11,93	85,57	18,39

E24					
Parâmetros	N amostral	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
MO (%)	30	25,01	19,70	26,96	2,06
Quartzo (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Muscovita (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Anatásio (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Caulinita (%)	30	3,81	0,00	8,20	2,29
Gibbsita (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Goethita (%)	30	93,29	83,00	98,00	4,41
Hematita (%)	30	2,90	0,00	12,00	3,56
Mt/Mh (%)	30	0,00	0,00	0,00	0,00
Óxidos de Fe (%)	30	96,19	91,80	100,00	2,29
Silte (%)	14	50,81	28,32	88,86	17,05
Argila (%)	14	48,61	10,38	71,42	17,08
Al (mg/kgx10 ³)	30	39,00	18,82	52,11	8,93
As (mg/kg)	30	62,76	45,93	78,40	9,09
Ba (mg/kg)	30	166,81	133,36	196,14	14,66
Cr (mg/kg)	30	84,90	60,79	130,75	21,32
Cu (mg/kg)	30	12,13	0,00	50,13	12,13
Fe (mg/kgx10 ³)	30	406,46	352,94	494,49	34,13
La (mg/kg)	30	2,30	0,00	12,78	3,52
Mn (mg/kg)	30	868,17	541,50	1607,82	195,94
Ni (mg/kg)	30	2,17	0,00	26,20	6,70
Pb (mg/kg)	30	10,98	6,90	16,97	2,48
V (mg/kg)	30	108,00	58,93	156,84	21,40
Zn (mg/kg)	30	55,57	36,46	84,08	12,94
E25					
Parâmetros	N amostral	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
MO (%)	27	0,86	0,22	6,07	1,10
Quartzo (%)	27	99,19	88,00	100,00	2,95
Muscovita (%)	27	0,00	0,00	0,00	0,00
Anatásio (%)	27	0,00	0,00	0,00	0,00
Caulinita (%)	27	0,81	0,00	12,00	2,95
Gibbsita (%)	27	0,00	0,00	0,00	0,00
Goethita (%)	27	0,00	0,00	0,00	0,00
Hematita (%)	27	0,00	0,00	0,00	0,00
Mt/Mh (%)	27	0,00	0,00	0,00	0,00
Óxidos de Fe (%)	27	0,00	0,00	0,00	0,00
Silte (%)	14	50,81	28,32	88,86	17,05

Argila (%)	14	48,61	10,38	71,42	17,08
Al (mg/kgx10 ³)	27	1,70	0,51	6,52	1,41
As (mg/kg)	27	1,56	0,00	12,17	3,25
Ba (mg/kg)	27	319,69	250,15	358,17	28,66
Cr (mg/kg)	27	1,03	0,00	27,85	5,36
Cu (mg/kg)	27	10,77	0,00	80,53	17,36
Fe (mg/kgx10 ³)	27	10,38	2,37	43,45	9,73
La (mg/kg)	27	1,71	0,00	4,07	1,14
Mn (mg/kg)	27	150,85	50,36	624,46	124,93
Ni (mg/kg)	27	4,20	0,00	77,48	15,40
Pb (mg/kg)	27	8,89	6,07	17,25	2,38
V (mg/kg)	27	10,38	3,58	31,87	5,74
Zn (mg/kg)	27	19,42	8,06	52,31	10,10

Parte 2

E18

	MO (%)	Quartzo (%)	Muscovita (%)	Anatásio (%)	Caulinita (%)	Gibbsita (%)	Goethita (%)	Hematita (%)	Mt/Mh (%)	Óxidos de Fe (%)	Silte (%)	Argila (%)	Al (mg/kg x 10 ³)	As (mg/kg)	Ba(mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe(mg/kg x 10 ³)	La(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Ni(mg/kg)	Pb(mg/kg)	V(mg/kg)	Zn(mg/kg)
MO (%)	1,000000				-0,60853		0,652350	-0,417403		0,60853	0,491739	-0,823675	-0,911457	-0,514127	0,431368	-0,547497	0,643652	-0,636485	0,685873	0,047386	0,645384	0,430478	-0,174638	0,563070
Quartzo (%)		1,000000																						
Muscovita (%)			1,000000																					
Anatásio (%)				1,000000																				
Caulinita (%)	-0,608527				1,00000		-0,631014	0,111550		-1,00000	-0,499310	0,584770	0,666243	0,127645	-0,702165	0,081664	-0,383168	0,438015	-0,816399	-0,220564	-0,687557	-0,673427	-0,052926	-0,789816
Gibbsita (%)						1,000000																		
Goethita (%)	0,652350				-0,63101		1,000000	-0,825960		0,63101	0,356773	-0,593451	-0,746548	-0,400852	0,421962	-0,296894	0,544146	-0,517749	0,661883	-0,121436	0,589476	0,490738	-0,108498	0,645086
Hematita (%)	-0,417403				0,11155		-0,825960	1,000000		-0,11155	-0,111597	0,398638	0,483665	0,492855	-0,002902	0,399749	-0,391838	0,368553	-0,216440	0,373631	-0,261421	-0,100844	0,199754	-0,222002
Mt/Mh (%)									1,000000															
Óxidos de Fe (%)	0,608527				-1,00000		0,631014	-0,111550		1,00000	0,499310	-0,584770	-0,666243	-0,127645	0,702165	-0,081664	0,383168	-0,438015	0,816399	0,220564	0,687557	0,673427	0,052926	0,789816
Silte (%)	0,491739				-0,49931		0,356773	-0,111597		0,49931	1,000000	-0,243457	-0,518373	-0,125524	0,251295	-0,003699	0,112351	-0,358817	0,554131	0,076942	0,480888	0,428607	0,120099	0,458447
Argila (%)	-0,823675				0,58477		-0,593451	0,398638		-0,58477	-0,243457	1,000000	0,795562	0,451542	-0,473243	0,199236	-0,620191	0,619236	-0,527497	0,103083	-0,576079	-0,330950	0,193095	-0,483108
Al (mg/kg x 10 ³)	-0,911457				0,66624		-0,746548	0,483665		-0,66624	-0,518373	0,795562	1,000000	0,395773	-0,511902	0,463404	-0,702144	0,850723	-0,753504	0,048721	-0,669410	-0,517686	0,185762	-0,671635
As (mg/kg)	-0,514127				0,12764		-0,400852	0,492855		-0,12764	-0,125524	0,451542	0,395773	1,000000	0,179533	0,601780	-0,266544	0,313014	-0,060734	0,397108	-0,355284	0,131479	-0,006452	
Ba (mg/kg)	0,431368				-0,70217		0,421962	-0,002902		0,70217	0,251295	-0,473243	-0,511902	1,000000	0,069633	0,406354	-0,340156	0,814461	0,392659	0,605339	0,830033	0,181758	0,811791	
Cr (mg/kg)	-0,547497				0,08166		-0,296894	0,399749		-0,08166	-0,003699	0,550185	0,463404	0,601780	0,069633	1,000000	-0,208051	0,163960	0,045161	0,226251	0,018020	0,287653	0,774861	0,129700
Cu (mg/kg)	0,643652				-0,38317		0,544146	-0,391838		0,38317	0,112351	-0,620191	-0,702144	-0,266544	0,406354	-0,208051	1,000000	-0,465322	0,591342	0,128635	0,618448	0,533325	-0,016882	0,615119
Fe (mg/kg x 10 ³)	-0,636485				0,43801		-0,517749	0,368553		-0,43801	-0,358817	0,619236	0,650723	0,313014	0,163960	-0,465322	1,000000	-0,503893	0,235150	-0,563960	-0,331257	-0,054505	-0,449166	
La (mg/kg)	0,685873				-0,81640		0,661883	-0,216440		0,81640	0,554131	-0,527497	-0,753504	-0,060734	0,814461	0,045161	0,591342	-0,503893	1,000000	0,325028	0,812236	0,915907	0,226696	0,940823
Mn (mg/kg)	0,047386				-0,22056		-0,121436	0,373631		0,22056	0,076942	0,103083	0,048721	0,397108	0,392659	0,226251	0,128635	0,235150	0,325028	1,000000	0,153726	0,404227	0,072747	0,254283
Ni (mg/kg)	0,645384				-0,68756		0,589476	-0,261421		0,68756	0,480888	-0,576079	-0,669410	-0,355284	0,605339	0,018020	0,618448	-0,563960	0,812236	0,153726	1,000000	0,745940	0,227586	0,799333
Pb (mg/kg)	0,430478				-0,67343		0,490738	-0,100844		0,67343	0,428607	-0,330950	-0,517686	0,131479	0,830033	0,287653	0,533325	-0,331257	0,915907	0,404227	0,745940	1,000000	0,418465	0,929700
V (mg/kg)	-0,174638				-0,05293		-0,108498	0,199754		0,05293	0,120099	0,193095	0,185762	0,363737	0,181758	0,774861	-0,016882	-0,054505	0,226696	0,072747	0,227586	0,418465	1,000000	0,254283
Zn (mg/kg)	0,563070				-0,78982		0,645086	-0,222002		0,78982	0,458447	-0,483108	-0,671635	-0,006452	0,811791	0,129700	0,615119	-0,449166	0,940823	0,254283	0,799333	0,929700	0,254283	1,000000

E19

	MO (%)	Quartzo (%)	Muscovita (%)	Anatásio (%)	Caulinita (%)	Gibbsita (%)	Goethita (%)	Hematita (%)	Mt/Mh (%)	Óxidos de Fe (%)	Silte (%)	Argila (%)	Al (mg/kg x10 ³)	As (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg x10 ³)	La (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
MO (%)	1,000000	0,149917	-0,647745	-0,138476	0,183181	-0,594288	0,183971	-0,018643		0,149835	0,633399	-0,613636	-0,670894	0,184721	-0,036211	-0,149274	0,811463	0,736898	0,068908	0,817876	0,570359	-0,438350	0,580138	0,618640
Quartzo (%)	0,149917	1,000000	0,030212	-0,089226	-0,609495	-0,369743	-0,483590	0,216372		-0,367308	0,194386	0,016406	-0,080406	0,300601	-0,091454	-0,200247	0,170140	0,126133	0,027467	0,225106	0,014577	-0,001534	0,191501	0,054780
Muscovita (%)	-0,647745	0,030212	1,000000	-0,015034	-0,352289	0,385313	-0,056970	-0,164005		-0,168552	-0,355961	0,286428	0,512212	0,064532	0,121462	-0,005337	-0,537825	-0,504772	-0,106259	-0,491186	-0,408055	0,345626	-0,331070	-0,451076
Anatásio (%)	-0,138476	-0,089226	-0,015034	1,000000	-0,359438	0,159856	0,123637	-0,092725		0,090634	-0,118381	0,064662	0,106983	-0,083672	-0,108064	-0,352751	-0,154526	-0,243761	-0,069315	-0,181856	-0,190038	0,099110	-0,150672	-0,146658
Caulinita (%)	0,183181	-0,609495	-0,352289	-0,359438	1,000000	-0,053637	-0,041016	-0,210986		-0,152897	-0,049280	-0,107021	-0,222280	-0,191339	0,071117	0,324645	0,130124	0,244754	0,148700	0,059418	0,117913	-0,112371	0,128073	0,100980
Gibbsita (%)	-0,594288	-0,369743	0,385313	0,159856	-0,053637	1,000000	-0,013746	-0,006326		0,006418	-0,621359	0,590321	0,649648	-0,136368	0,021225	0,004952	-0,614250	-0,649825	-0,238776	-0,616573	-0,520532	0,319783	-0,558029	-0,436518
Goethita (%)	0,183971	-0,483590	-0,056970	0,123637	-0,041016	-0,013746	1,000000	-0,302852		0,836261	0,048763	-0,108586	-0,041019	-0,017734	0,043487	0,122442	0,327069	0,073249	0,098539	0,180116	0,414204	-0,026832	0,117661	0,369946
Hematita (%)	-0,018643	0,216372	-0,164005	-0,092725	-0,210986	-0,006326	-0,302852	1,000000		0,195437	0,364983	-0,339303	-0,176309	-0,092253	0,013822	-0,166666	-0,205671	0,018001	-0,406941	0,157826	-0,015429	-0,443103	-0,294438	-0,383476
Mt/Mh (%)									1,000000															
Óxidos de Fe (%)	0,149835	-0,367308	-0,168552	0,090634	-0,152897	0,006418	0,836261	0,195437		1,000000	0,182921	-0,244394	-0,105331	-0,085312	0,081154	0,090702	0,226670	0,094090	-0,016939	0,254704	0,433644	-0,181096	0,010010	0,202193
Silte (%)	0,633399	0,194386	-0,355961	-0,118381	-0,049280	-0,621359	0,048763	0,364983		0,182921	1,000000	-0,932806	-0,790514	-0,194664	0,036561	-0,450593	0,566840	0,697628	-0,412055	0,818182	0,446640	-0,717391	0,165020	0,160079
Argila (%)	-0,613636	0,016406	0,286428	0,064662	-0,107021	0,590321	-0,108586	-0,339303		-0,244394	-0,932806	1,000000	0,793478	0,234190	-0,074111	0,380435	-0,507536	-0,738142	0,358696	-0,816206	-0,589921	0,780632	-0,177866	0,005929
Al (mg/kg x10 ³)	-0,670894	-0,080406	0,512212	0,106983	-0,222280	0,649648	-0,041019	-0,176309		-0,105331	-0,790514	0,793478	1,000000	0,223529	0,154775	0,273644	-0,591384	-0,743621	0,094576	-0,646142	-0,376623	0,647059	-0,391902	-0,393125
As (mg/kg)	0,184721	0,300601	0,064532	-0,083672	-0,191339	-0,136368	-0,017734	-0,092253		-0,085312	-0,194664	0,234190	0,223529	1,000000	0,432850	0,248281	0,062635	-0,108938	0,266921	0,240336	0,216501	0,416854	0,161497	0,165775
Ba (mg/kg)	-0,036211	-0,091454	0,121462	-0,108064	0,071117	0,021225	0,043487	0,013822		0,081154	0,036561	-0,074111	0,154775	0,432850	1,000000	0,378457	0,009170	-0,072880	0,427349	0,322231	0,309702	0,241558	0,053629	0,070435
Cr (mg/kg)	-0,149274	-0,200247	-0,005337	-0,352751	0,324645	0,004952	-0,614250	-0,649825		0,090702	-0,450593	0,380435	0,273644	0,248281	0,378457	1,000000	0,018184	-0,101604	0,629641	0,015126	0,346066	0,337510	0,311841	0,194194
Cu (mg)	0,811463	0,170140	-0,537825	-0,154526	0,130124	-0,614250	0,327069	-0,056711		0,226670	0,566840	-0,507536	-0,591384	0,062635	0,009170	0,018184	1,000000	0,716655	0,244169	0,735927	0,683394	0,312866	0,703599	0,723493
Fe (mg/kg x10 ³)	0,736898	0,126133	-0,504772	-0,243761	0,244754	-0,649825	0,073249	0,018001		0,094090	0,697628	-0,738142	-0,743621	-0,108938	-0,072880	-0,101604	0,716655	1,000000	0,069213	0,756150	0,568831	-0,588999	0,617418	0,486020
La (mg/kg)	0,068908	0,027467	-0,106259	-0,069315	0,148700	-0,238776	0,098539	-0,406941		-0,016939	-0,412055	0,358696	0,094576	0,266921	0,273439	0,629641	0,244169	0,069213	1,000000	0,166387	0,405348	0,473186	0,617112	0,487242
Mn (mg/kg)	0,817876	0,225106	-0,491186	-0,181856	0,059418	0,106157	0,180116	0,157826		0,254704	0,818182	-0,816206	-0,646142	0,240336	0,322231	0,015126	0,735927	0,756150	0,166387	1,000000	0,679144	-0,493354	0,528801	0,495187
Ni (mg/kg)	0,570359	0,014577	-0,408055	-0,190038	0,117913	-0,520532	0,414204	-0,015429		0,433644	0,446640	-0,589921	-0,736263	0,216501	0,309702	0,346066	0,683394	0,568831	0,405348	0,679144	1,000000	-0,238808	0,558442	0,497632
Pb (mg/kg)	-0,438350	-0,001534	0,345626	0,099110	-0,112371	0,319783	-0,026832	-0,443103		-0,181096	-0,717391	0,780632	0,647059	0,416654	0,241558	0,337510	-0,312866	-0,588999	0,473186	-0,493354	-0,238808	1,000000	0,056990	0,129106
V (mg/kg)	0,580138	0,191501	-0,331070	-0,150672	0,128073	-0,558029	0,117661	-0,294438		0,010010	0,165020	-0,177866	-0,391902	0,161497	0,053629	0,311841	0,703599	0,617418	0,617112	0,528801	0,558442	0,056990	1,000000	0,804736
Zn (mg/kg)	0,618640	0,054780	-0,451076	-0,146658	0,100980	-0,436518	0,369946	-0,383476		0,202193	0,160079	0,005929	-0,393125	0,165775	0,070435	0,194194	0,723493	0,486020	0,487242	0,495187	0,497632	0,129106	0,804736	1,000000

E20

	MO (%)	Quartzo (%)	Muscovita (%)	Anatásio (%)	Caulinita (%)	Gibbsita (%)	Goethita (%)	Hematita (%)	Mt/Mh (%)	Óxidos de Fe (%)	Silte (%)	Argila (%)	Al (mg/kg x 10 ³)	As (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	La (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
MO (%)	1,000000	0,085811	-0,380675	0,473701	0,278594	0,266375	-0,113261	0,001858		-0,055450	0,06502	-0,06502	-0,522689	-0,824650	-0,181793	-0,740616	-0,257983	-0,654393	0,258263	-0,512885	-0,631653	-0,245378	-0,496639	-0,010924
Quartzo (%)	0,085811	1,000000	0,445184	0,476305	-0,693776	0,323483	-0,436255	0,076811		-0,233813	-0,08337	0,08337	-0,385294	-0,185164	0,283519	-0,041338	0,038202	-0,314037	0,565612	-0,507739	0,142116	0,447158	0,149528	0,390854
Muscovita (%)	-0,380675	0,445184	1,000000	0,232281	-0,802813	0,099471	-0,086212	-0,088592		-0,103772	-0,26248	0,26248	0,197324	0,294575	0,325345	0,398459	0,040933	0,261951	0,249972	-0,125057	0,399871	0,478490	0,396625	0,177846
Anatásio (%)	0,473701	0,476305	0,232281	1,000000	-0,388149	0,340378	-0,309636	-0,010977		-0,223832	0,00259	-0,00259	-0,267802	-0,528140	0,061024	-0,390142	-0,124535	-0,400446	0,433751	-0,684577	-0,322533	0,165510	-0,122779	0,099218
Caulinita (%)	0,278594	-0,693776	-0,802813	-0,388149	1,000000	-0,161073	0,019303	-0,177776		-0,135890	0,11405	-0,11405	-0,028365	-0,111915	-0,261322	-0,193078	-0,009268	-0,175746	-0,233519	0,284070	-0,297691	-0,411853	-0,222987	-0,279998
Gibbsita (%)	0,266375	0,323483	0,099471	0,340378	-0,161073	1,000000	-0,441147	-0,174280		-0,394287	-0,02153	0,02153	-0,367190	-0,236644	0,307274	-0,092062	-0,081195	-0,469595	0,429520	-0,349079	0,024902	0,171144	0,072442	0,217477
Goethita (%)	-0,113261	-0,436255	-0,086212	-0,309636	0,019303	-0,441147	1,000000	-0,012955		0,683898	0,18550	-0,18550	0,187311	0,031454	-0,349656	-0,144997	-0,220316	0,265597	-0,577447	0,148805	-0,098169	-0,368890	-0,270811	-0,330192
Hematita (%)	0,001858	0,076811	-0,088592	-0,010977	-0,177776	-0,174280	-0,012955	1,000000		0,651302	-0,14847	0,14847	0,174813	-0,111063	-0,144653	-0,100485	0,326756	0,262873	-0,076615	0,157375	-0,082332	0,014151	-0,143653	0,315321
Mt/Mh (%)									1,000000															
Óxidos de Fe (%)	-0,055450	-0,233813	-0,103772	-0,223832	-0,135890	-0,394287	0,683898	0,651302		1,000000	0,01333	-0,01333	0,263354	-0,065417	-0,349127	-0,190918	0,102759	0,359349	-0,485156	0,269672	-0,152875	-0,279779	-0,305469	0,050818
Silte (%)	0,065025	-0,083372	-0,262481	0,002590	0,114054	-0,021528	0,185504	-0,148470		0,013333	1,00000	-1,00000	0,053202	-0,128571	-0,401478	-0,191626	-0,058621	0,079803	-0,251724	-0,046305	-0,027094	-0,358128	-0,224631	0,065025
Argila (%)	-0,065025	0,083372	0,262481	-0,002590	-0,114054	0,021528	-0,185504	0,148470		-0,013333	-1,00000	1,00000	-0,053202	0,128571	0,401478	0,191626	0,058621	-0,079803	0,251724	0,046305	0,027094	-0,358128	-0,224631	-0,065025
Al (mg/kg x 10 ³)	-0,522689	-0,385294	0,197324	-0,267802	-0,028365	-0,367190	0,187311	0,174813		0,263354	0,05320	-0,05320	1,000000	0,501961	0,076190	0,362465	-0,008683	0,715814	-0,432773	0,619328	0,259384	-0,030812	0,152661	-0,105322
As (mg/kg)	-0,824650	-0,185164	0,294575	-0,528140	-0,111915	-0,236644	0,031454	-0,111063		-0,065417	-0,12857	0,12857	0,501961	1,000000	0,349020	0,886835	0,280672	0,638503	-0,149300	0,561905	0,685994	0,401401	0,661345	-0,005602
Ba (mg/kg)	-0,181793	0,283519	0,325345	0,061024	-0,261322	0,307274	-0,349656	-0,144653		-0,349127	-0,40148	0,40148	0,076190	0,349020	1,000000	0,505882	-0,033333	-0,032544	0,650140	0,027731	0,371709	0,778431	0,682073	0,245658
Cr (mg/kg)	-0,740616	-0,041338	0,398459	-0,390142	-0,193078	-0,092062	-0,144997	-0,100485		-0,190918	-0,19163	0,19163	0,362465	0,886835	0,505882	1,000000	0,321849	0,460657	0,084594	0,472829	0,793838	0,566947	0,831653	0,102241
Cu (mg/kg)	-0,257983	0,038202	0,040933	-0,124535	-0,009268	-0,081195	-0,220316	0,326756		0,102759	-0,05862	0,05862	-0,008683	0,280672	-0,033333	0,321849	1,000000	0,209473	0,170028	0,099440	0,385714	0,323810	0,243697	0,589636
Fe (mg/kg x 10 ³)	-0,654393	-0,314037	0,261951	-0,400446	-0,175746	-0,469595	0,265597	0,262873		0,359349	-0,175746	0,07980	0,715814	0,638503	-0,032544	0,460657	0,209473	1,000000	-0,393125	0,622918	0,278839	0,056379	0,182277	-0,003514
La (mg/kg)	0,258263	0,565612	0,249972	0,433751	-0,233519	0,429520	-0,577447	-0,076615		-0,485156	-0,25172	0,25172	-0,432773	-0,149300	0,650140	0,084594	0,170028	-0,393125	1,000000	-0,457423	0,088515	0,723529	0,441737	0,452941
Mn (mg/kg)	-0,512885	-0,507739	-0,125057	-0,684577	0,284070	-0,349079	0,148805	0,157375		0,269672	-0,04631	0,04631	0,619328	0,561905	0,027731	0,472829	0,099440	0,622918	-0,457423	1,000000	0,213165	-0,083754	0,252381	-0,128852
Ni (mg/kg)	-0,631653	0,142116	0,399871	-0,322533	-0,297691	0,024902	-0,098169	-0,082332		-0,152875	-0,02709	0,02709	0,259384	0,685994	0,371709	0,793838	0,385714	0,278839	0,088515	0,213165	1,000000	0,494118	0,645098	0,333613
Pb (mg/kg)	-0,245378	0,447158	0,478490	0,165510	-0,411853	0,171144	-0,368890	0,014151		-0,279779	-0,35813	0,35813	-0,030812	0,401401	0,778431	0,566947	0,323810	0,056379	0,723529	-0,083754	0,494118	1,000000	0,809804	0,548179
V (mg/kg)	-0,496639	0,149528	0,396625	-0,122779	-0,222987	0,072442	-0,270811	-0,143653		-0,305469	-0,22463	0,22463	0,152661	0,661345	0,682073	0,831653	0,243697	0,182277	0,441737	0,252381	0,645098	0,809804	1,000000	0,340336
Zn (mg/kg)	-0,010924	0,390854	0,177846	0,099218	-0,279998	0,217477	-0,330192	0,315321		0,050818	0,06502	-0,06502	-0,105322	-0,005602	0,245658	0,102241	0,589636	-0,003514	0,452941	-0,128852	0,333613	0,548179	0,340336	1,000000

E23

	MO (%)	Quartzto (%)	Muscovita (%)	Anatásio (%)	Caulinita (%)	Gibbsita (%)	Goethita (%)	Hematita (%)	Mt/Mh (%)	Óxidos de Fe (%)	Silte (%)	Argila (%)	Al (mg/kg x10 ³)	As(mg/kg)	Ba(mg/kg)	Cr(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Fe(mg/kg x10 ³)	La(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Ni(mg/kg)	Pb(mg/kg)	V (mg/kg)	Zn(mg/kg)
MO (%)	1,000000	-0,587507	0,088688	0,894684	0,726677	0,091814	0,594889	0,512753		0,661083	0,485254	0,582461	0,604269	0,118291	0,050903	0,186747	-0,029287	0,648057	0,147783	0,420361	0,377608	0,238095	0,313082	0,429666
Quartzto (%)	-0,587507	1,000000	-0,114005	-0,677173	-0,794304	-0,037432	-0,218137	-0,383418		-0,419958	-0,236836	-0,344850	-0,567842	-0,061618	-0,141039	-0,091009	0,247662	-0,528818	-0,100786	-0,243361	-0,075397	-0,108468	-0,377025	-0,195426
Muscovita (%)	0,088688	-0,114005	1,000000	0,018868	-0,049559	0,936384	0,549326	0,235114		0,388054	-0,142695	-0,375841	0,097749	0,924179	0,723233	0,902476	0,377044	0,409942	0,914338	0,651019	0,743943	0,875348	0,582650	0,620267
Anatásio (%)	0,894684	-0,677173	0,018868	1,000000	0,832249	0,028699	0,492907	0,522453		0,607763	0,555538	0,699157	0,689197	0,034866	0,100393	0,091316	-0,118386	0,593783	0,303975	0,267990	0,273719	0,131921	0,332983	0,307263
Caulinita (%)	0,726677	-0,794304	-0,049559	0,832249	1,000000	-0,053913	0,212926	0,404814		0,390874	0,512496	0,758993	0,801046	-0,119166	0,158618	-0,003020	-0,191026	0,491220	-0,026345	0,202800	0,060539	0,030187	0,397093	0,178925
Gibbsita (%)	0,091814	-0,037432	0,936384	0,028699	-0,053913	1,000000	0,550916	0,271812		0,382880	0,049460	-0,281060	0,143649	0,861538	0,779454	0,902366	0,415563	0,361466	0,917132	0,617607	0,762519	0,867132	0,638562	0,638286
Goethita (%)	0,594889	-0,218137	0,549326	0,492907	0,212926	0,550916	1,000000	0,334626		0,747891	0,241928	0,026620	0,186729	0,558841	0,378967	0,528254	0,201629	0,553302	0,551374	0,613067	0,741236	0,551925	0,405682	0,506207
Hematita (%)	0,512753	-0,383418	0,235114	0,522453	0,404814	0,271812	0,334626	1,000000		0,813576	0,402098	0,314279	0,436476	0,228392	0,171483	0,388662	0,134775	0,579708	0,316127	-0,031076	0,296883	0,365849	0,503148	0,456534
Mt/Mh (%)									1,000000															
Óxidos de Fe (%)	0,661083	-0,419958	0,388054	0,607763	0,390874	0,382880	0,747891	0,813576		1,000000	0,348731	0,192174	0,356666	0,407488	0,264543	0,484803	0,108362	0,627259	0,454563	0,332466	0,560597	0,471613	0,399565	0,613234
Silte (%)	0,485254	-0,236836	-0,142695	0,555538	0,512496	0,049460	0,241928	0,402098		0,348731	1,000000	0,642296	0,460369	-0,176663	0,017108	0,055256	0,277286	0,241849	0,017108	-0,110426	0,161596	0,104983	0,605013	0,164084
Argila (%)	0,582461	-0,344850	-0,375841	0,699157	0,758993	-0,281060	0,026620	0,314279		0,192174	0,642296	1,000000	0,670335	-0,471619	-0,218520	-0,329200	-0,115503	0,236406	-0,370162	-0,150864	-0,188139	-0,255070	0,256625	-0,157863
Al (mg/kg x10 ³)	0,604269	-0,567842	0,097749	0,689197	0,801046	0,143649	0,186729	0,436476		0,356666	0,460369	0,670335	1,000000	-0,001095	0,307608	0,078313	-0,210483	0,639299	0,068418	0,133552	0,184962	0,058019	0,344828	0,285167
As(mg/kg)	0,118291	-0,061618	0,924179	0,034866	-0,119166	0,861538	0,558841	0,228392		0,407488	-0,176663	-0,471619	-0,001095	1,000000	0,690033	0,893699	0,360948	0,389376	0,906900	0,670318	0,748511	0,868018	0,502191	0,685652
Ba(mg/kg)	0,050903	-0,141039	0,723233	0,100393	0,158618	0,779454	0,378967	0,171483		0,264543	0,017108	-0,218520	0,307608	0,690033	1,000000	0,753012	0,281667	0,209086	0,785441	0,521620	0,563668	0,689108	0,492611	0,546251
Cr(mg/kg)	0,186747	-0,091009	0,902476	0,091316	-0,003020	0,902366	0,528254	0,388662		0,484803	0,055256	-0,329200	0,078313	0,893699	0,753012	1,000000	0,467753	0,354326	0,970427	0,606243	0,792973	0,976999	0,646769	0,733845
Cu(mg/kg)	-0,029287	0,247662	0,377044	-0,118386	-0,191026	0,415563	0,201629	0,134775		0,108362	0,277286	-0,115503	-0,210483	0,360948	0,261667	0,467753	1,000000	0,026002	0,495415	0,195703	0,332648	0,567949	0,480361	0,294786
Fe (mg/g)	0,648057	-0,528818	0,409942	0,593783	0,491220	0,361466	0,553302	0,579708		0,627259	0,241849	0,236406	0,639299	0,389376	0,209086	0,354326	0,026002	1,000000	0,346470	0,366278	0,440726	0,361795	0,461412	0,405583
La (mg/kg)	0,147783	-0,100786	0,914338	0,030975	-0,026345	0,917312	0,551374	0,316127		0,454563	0,017108	-0,370162	0,068418	0,906900	0,785441	0,970427	0,495415	0,346470	1,000000	0,626710	0,768938	0,957307	0,635468	0,707718
Mn (mg/kg)	0,420361	-0,243361	0,651019	0,267990	0,202800	0,061760	0,613067	-0,031076		0,332466	-0,110426	-0,150864	0,133552	0,670318	0,521620	0,606243	0,195703	0,396278	0,626710	1,000000	0,614163	0,622332	0,269294	0,550629
Ni (mg/kg)	0,377608	-0,075397	0,743943	0,273719	0,060539	0,762519	0,741236	0,296883		0,560597	0,161596	-0,188139	0,184962	0,774851	0,563668	0,792973	0,332648	0,440726	0,768938	0,614163	1,000000	0,793088	0,547203	0,786501
Pb(mg/kg)	0,238095	-0,108468	0,875348	0,131921	0,030187	0,867132	0,551925	0,365849		0,471613	0,104983	-0,255070	0,058019	0,868018	0,689108	0,976999	0,567949	0,361795	0,957307	0,622332	0,793088	1,000000	0,685276	0,685824
V(mg/kg)	0,313082	-0,377025	0,582650	0,332983	0,397093	0,638562	0,405682	0,503148		0,399565	0,605013	0,256625	0,344828	0,502191	0,492611	0,646769	0,441412	0,635468	0,269294	0,547203	0,685276	1,000000	0,471264	
Zn(mg/kg)	0,429666	-0,195426	0,620267	0,307263	0,178925	0,638286	0,506207	0,456534		0,613234	0,164084	-0,157863	0,285167	0,685652	0,546251	0,733845	0,294381	0,405583	0,707718	0,550629	0,786501	0,685824	0,471264	1,000000

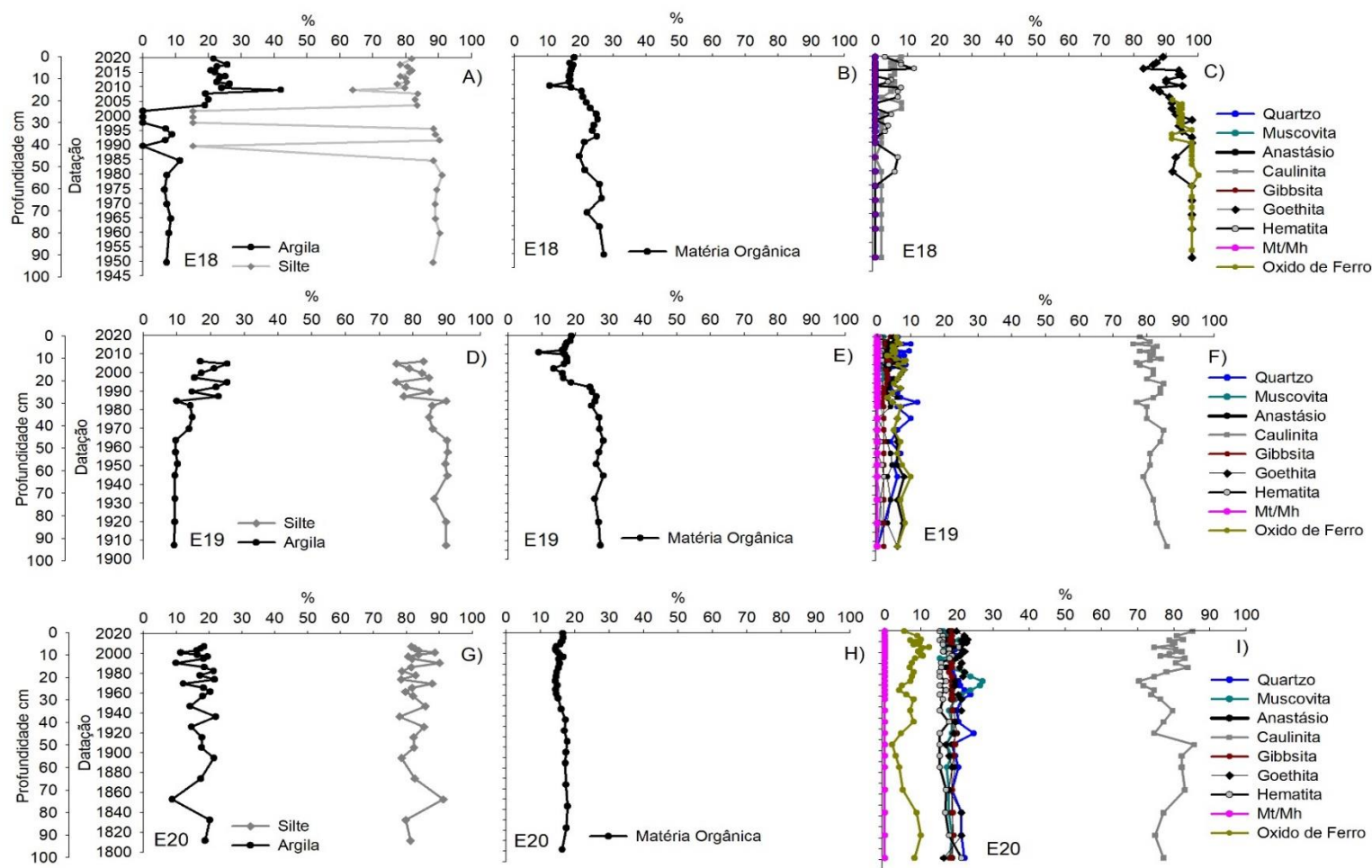
E24

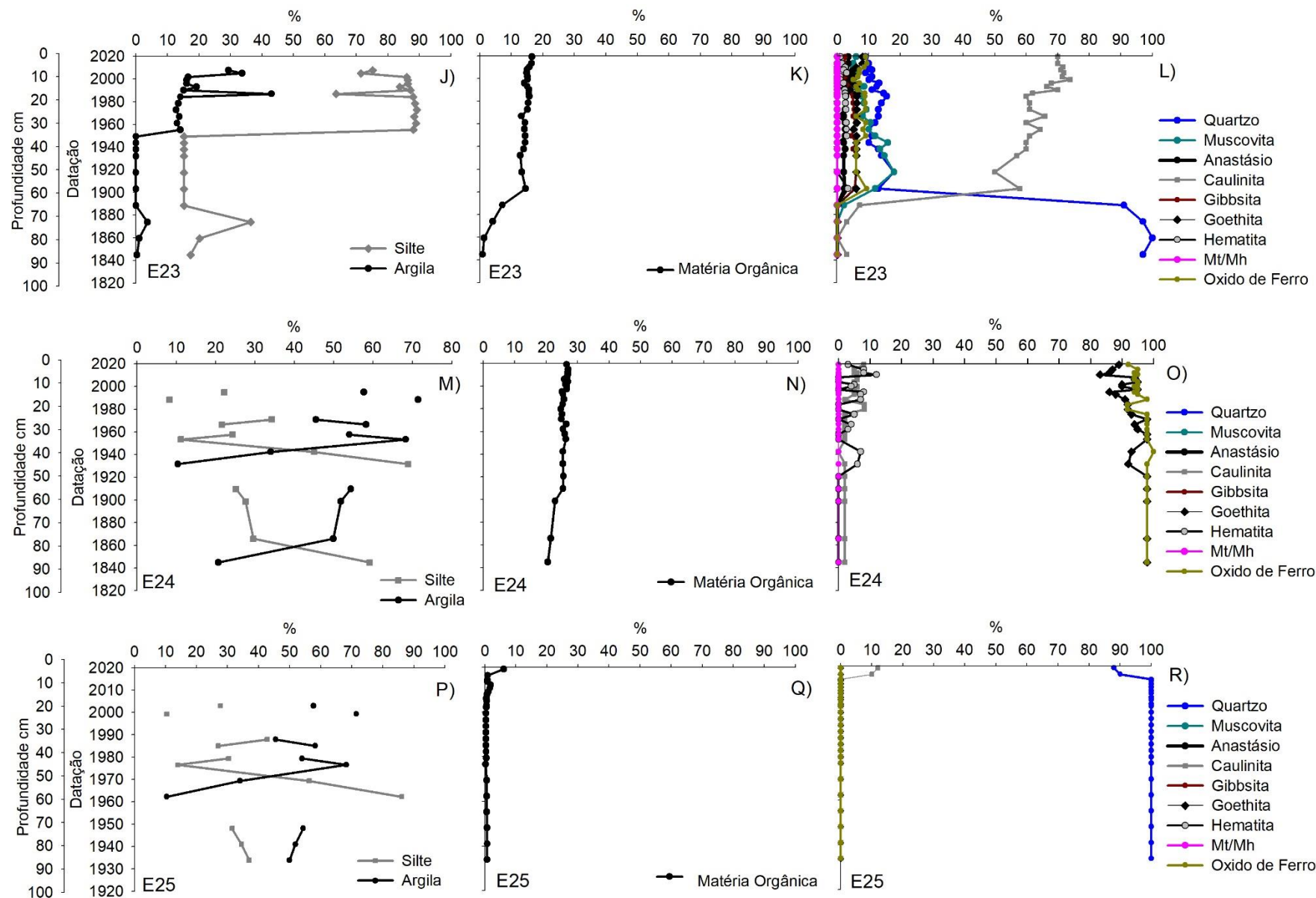
	MO (%)	Quartzo (%)	Muscovita (%)	Anatásio (%)	Caulinita (%)	Gibbsita (%)	Goethita (%)	Hematita (%)	Mt/Mh (%)	Óxidos de Fe (%)	Silte (%)	Argila (%)	Al (mg/kg x 10 ³)	As (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg x 10 ³)	La (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
MO (%)	1,000000				0,40305		-0,460095	0,341468		-0,40305	-0,428571	0,419780	0,400667	-0,442492	0,496329	-0,594216	-0,241655	-0,650278	-0,595832	0,102558	-0,325101	0,199555	-0,274750	0,326808
Quartzo (%)		1,000000																						
Muscovita (%)			1,000000																					
Anatásio (%)				1,000000																				
Caulinita (%)	0,403050				1,000000		-0,631014	0,111550		-1,000000	-0,328165	0,328165	0,470106	-0,694023	0,557038	0,718210	0,112156	-0,586495	-0,323744	0,604935	-0,269026	0,483277	-0,573084	0,555362
Gibbsita (%)						1,000000																		
Goethita (%)	-0,460095				-0,63101		1,000000	-0,825960		0,63101	0,099893	-0,099893	-0,360449	0,472806	-0,423778	0,555882	-0,116443	0,532730	0,495018	-0,379062	0,057535	-0,388141	0,332984	-0,580396
Hematita (%)	0,341468				0,11155		-0,825960	1,000000		-0,11155	-0,082086	0,082086	0,140747	-0,167106	0,138812	-0,245218	0,138991	-0,292859	-0,422349	0,083432	0,091948	0,141230	-0,070615	0,374599
Mt/Mh (%)									1,000000															
Óxidos de Fe (%)	-0,403050				-1,000000		0,631014	-0,111550		1,000000	0,328165	-0,328165	-0,470106	0,694023	-0,557038	0,718210	-0,112156	0,586495	0,323744	-0,604935	0,269026	-0,483277	0,573084	-0,555362
Silte (%)	-0,428571				-0,32817		0,099893	-0,082086		0,32817	1,000000	-0,995604	0,287912	0,340659	0,151648	0,600000	0,268905	0,164835	0,101149	-0,243956	0,140642	0,318681	0,336284	-0,068132
Argila (%)	0,419780				0,32817		-0,099893	0,082086		-0,32817	-0,995604	1,000000	-0,270330	-0,336264	-0,191209	-0,573626	-0,248904	-0,182418	-0,132618	0,239560	-0,140642	-0,283516	-0,327473	0,094505
Al (mg/kg x 10 ³)	0,400667				0,47011		-0,360449	0,140747		-0,47011	0,287912	-0,270330	1,000000	-0,551947	0,316574	-0,436263	0,210387	-0,653838	-0,444845	0,191991	-0,308013	0,382870	-0,387764	0,476307
As (mg/kg)	-0,442492				-0,69402		0,472806	-0,167106		0,69402	0,340659	-0,336264	-0,551947	1,000000	-0,521691	0,918576	-0,317144	0,550612	0,374024	-0,738821	0,131151	-0,187097	0,947052	-0,506563
Ba (mg/kg)	0,496329				0,55704		-0,423778	0,138812		-0,55704	0,151648	-0,191209	0,316574	-0,521691	1,000000	-0,496774	0,094026	-0,364627	-0,066149	0,496329	-0,061944	0,370412	-0,406897	0,513682
Cr (mg/kg)	-0,594216				-0,71821		0,555882	-0,245218		0,71821	0,600000	-0,573626	-0,436263	0,918576	-0,496774	1,000000	-0,108320	0,572859	0,453206	-0,614238	0,163618	-0,120801	0,834038	-0,430923
Cu (mg/kg)	-0,241655				0,11216		-0,116443	0,138991		-0,11216	0,268905	-0,248904	0,210387	-0,317144	0,094026	-0,108320	1,000000	-0,079286	0,047152	0,363375	0,282629	0,215077	-0,378562	0,373649
Fe (mg/kg x 10 ³)	-0,650278				-0,58649		0,532730	-0,292859		0,58649	0,164835	-0,182418	-0,653838	0,550612	-0,364627	0,572859	-0,079286	1,000000	0,758130	-0,222692	0,242224	-0,474972	0,358398	-0,567519
La (mg/kg)	-0,595832				-0,32374		0,495018	-0,422349		0,32374	0,101149	-0,132618	-0,444845	0,374024	-0,066149	0,453206	0,047152	0,758130	1,000000	-0,080903	0,147801	-0,209267	0,260415	-0,323859
Mn (mg/kg)	0,102558				0,60493		-0,379062	0,083432		-0,60493	-0,243956	0,239560	0,191991	-0,738821	0,496329	-0,614238	0,363375	-0,222692	-0,080903	1,000000	0,055109	0,090100	-0,808676	0,378865
Ni (mg/kg)	-0,325101				-0,26903		0,057535	0,091948		0,26903	0,140642	-0,140642	-0,308013	0,131151	-0,061944	0,163618	0,282629	0,242224	0,147801	0,055109	1,000000	0,109791	0,040584	-0,006408
Pb (mg/kg)	0,199555				0,48328		-0,388141	0,141230		-0,48328	0,318681	-0,283516	0,382870	-0,187097	0,370412	-0,120801	0,215077	-0,474972	-0,209267	0,090100	0,109791	1,000000	-0,054950	0,718799
V (mg/kg)	-0,274750				-0,57308		0,332984	-0,070615		0,57308	0,336264	-0,327473	-0,387764	0,947052	-0,406897	0,834038	-0,378562	0,358398	0,260415	-0,808676	0,040584	-0,054950	1,000000	-0,364627
Zn (mg/kg)	0,326808				0,55536		-0,580396	0,374599		-0,55536	-0,068132	0,094505	0,476307	-0,506563	0,513682	-0,430923	0,373649	-0,567519	-0,323859	0,378865	-0,006408	0,718799	-0,364627	1,000000

E25

	MO (%)	Quartzo (%)	Muscovita (%)	Anatásio (%)	Caulinita (%)	Gibbsita (%)	Goethita (%)	Hematita (%)	Mt/Mh (%)	Óxidos de Fe (%)	Silte (%)	Argila (%)	Al (mg/kg x 10 ³)	As (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg x 10 ³)	La (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)
MO (%)	1,000000	-0,40184			0,40184						0,627273	-0,590909	-0,166056	0,692729	0,206960	0,327327	0,505257	0,214896	0,298226	0,187424	-0,103461	0,706349	0,122100	0,199634
Quartzo (%)	-0,401843	1,000000			-1,000000								-0,037631	-0,624020	0,086013	-0,720577	-0,244107	-0,157243	0,119979	-0,192186	-0,365644	-0,419314	-0,122300	-0,419314
Muscovita (%)			1,000000																					
Anatásio (%)				1,000000																				
Caulinita (%)	0,401843	-1,000000			1,000000								0,037631	0,624020	-0,086013	0,720577	0,244107	0,157243	-0,119979	0,192186	0,365644	0,419314	0,122300	0,419314
Gibbsita (%)						1,000000																		
Goethita (%)							1,000000																	
Hematita (%)								1,000000																
Mt/Mh (%)									1,000000															
Óxidos de Fe (%)										1,000000														
Silte (%)	0,627273										1,000000	-0,995604	-0,600000		0,572727		0,076277	0,063636	-0,339627	0,163636	-0,500000	0,445455	0,181818	0,154545
Argila (%)	-0,590909										-0,995604	1,000000	0,590909		-0,500000		-0,076277	-0,145455	0,330322	-0,245455	0,500000	-0,454545	-0,263636	-0,236364
Al (mg/kg x 10 ³)	-0,166056	-0,03763			0,03763						-0,600000	0,590909	1,000000	0,223082	-0,535409	0,050358	-0,196402	-0,150183	0,169015	-0,104396	0,329955	-0,253968	-0,128816	-0,070818
As (mg/kg)	0,692729	-0,62402			0,62402						0,572727	-0,500000	-0,535409	-0,104832	1,000000	-0,302148	0,187318	-0,020147	-0,019596	0,003663	-0,471445	0,370574	0,057387	0,129426
Ba (mg/kg)	0,206960	0,08601			-0,08601								0,572727	-0,500000	-0,535409	-0,104832	1,000000	-0,302148	0,187318	-0,020147	-0,019596	0,003663	-0,471445	0,370574
Cr (mg/kg)	0,327327	-0,72058			0,72058								0,050358	0,449654	-0,302148	1,000000	0,206705	0,327327	-0,277818	0,327327	0,553562	0,327327	0,327327	0,327327
Cu (mg/kg)	0,505257	-0,24411			0,24411						0,076277	-0,076277	-0,196402	0,442783	0,187318	0,206705	1,000000	0,195149	0,279011	0,207679	-0,060545	0,422562	0,114333	0,397502
Fe (mg/kg x 10 ³)	0,214896	-0,15724			0,15724						0,063636	-0,145455	-0,150183	0,158506	-0,020147	0,327327	0,195149	1,000000	0,165953	0,929792	-0,034114	0,474969	0,926129	0,526252
La (mg/kg)	0,298226	0,11998			-0,11998						-0,339627	0,330322	0,169015	0,400424	-0,019596	-0,277818	0,279011	0,165953	1,000000	0,173914	-0,320870	0,243112	-0,003674	0,319659
Mn (mg/kg)	0,187424	-0,19219			0,19219						0,163636	-0,245455	-0,104396	0,235662	0,003663	0,327327	0,207679	0,929792	0,173914	1,000000	-0,036351	0,416972	0,922466	0,526252
Ni (mg/kg)	-0,103461	-0,36564			0,36564						-0,500000	0,500000	0,329955	0,145198	-0,471445	0,553562	-0,060545	-0,034114	-0,320870	-0,036351	1,000000	-0,163859	-0,082768	0,007829
Pb (mg/kg)	0,706349	-0,41931			0,41931						0,445455	-0,454545	-0,253968	0,613057	0,370574	0,327327	0,422562	0,474969	0,243112	0,416972	-0,163859	1,000000	0,392552	0,461538
V (mg/kg)	0,122100	-0,12230			0,12230						0,181818	-0,263636	-0,128816	0,067092	0,057387	0,327327	0,114333	0,926129	-0,003674	0,922466	-0,082768	0,392552	1,000000	0,476190
Zn (mg/kg)	0,199634	-0,41931			0,41931						0,154545	-0,236364	-0,070818	0,393329	0,129426	0,327327	0,397502	0,526252	0,319659	0,526252	0,007829	0,461538	0,476190	1,000000

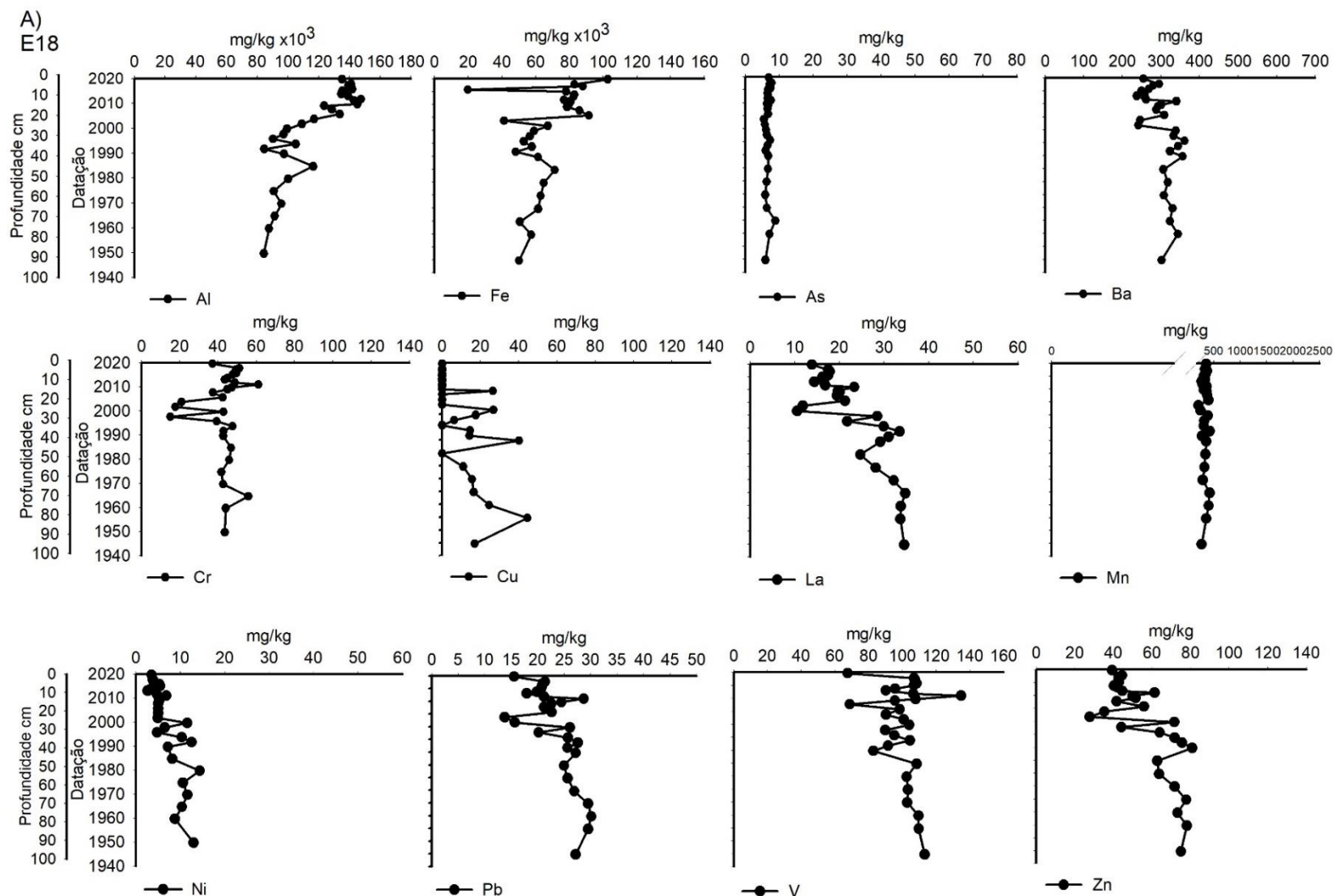
Figura 12: Matriz – sedimento. Perfilagem com datação da granulometria, matéria orgânica (MO), composição mineralógica. Gráficos de linha com datação (ano), profundidade (m), granulometria (%), matéria orgânica (MO) (%), composição mineralógica (%) do indicador Testemunho dos Sedimentos nos lagos e lagoas: A) granulometria do Lago do Limão (E18); B) matéria orgânica do Lago do Limão (E18); C) mineralogia do Lago do Limão (E18); D) granulometria do Lago Nova (E19); E) matéria orgânica do Lago Nova (E19); F) mineralogia do Lago Nova (E19); G) granulometria do Lago Juparanã (E20); H) matéria orgânica do Lago Juparanã (E20); I) mineralogia do Lago Juparanã; J) granulometria da Lagoa do Areão (E23); K) matéria orgânica da Lagoa do Areão (E23); L) mineralogia da Lagoa do Areão (E23); M) granulometria da Lagoa do Areal (E24); N) matéria orgânica da Lagoa do Areal (E24); O) mineralogia da Lagoa do Areal (E24); P) granulometria da Lagoa Monsarás (E25); Q) matéria orgânica da Lagoa Monsarás (E25); R) mineralogia da Lagoa Monsarás (E25).



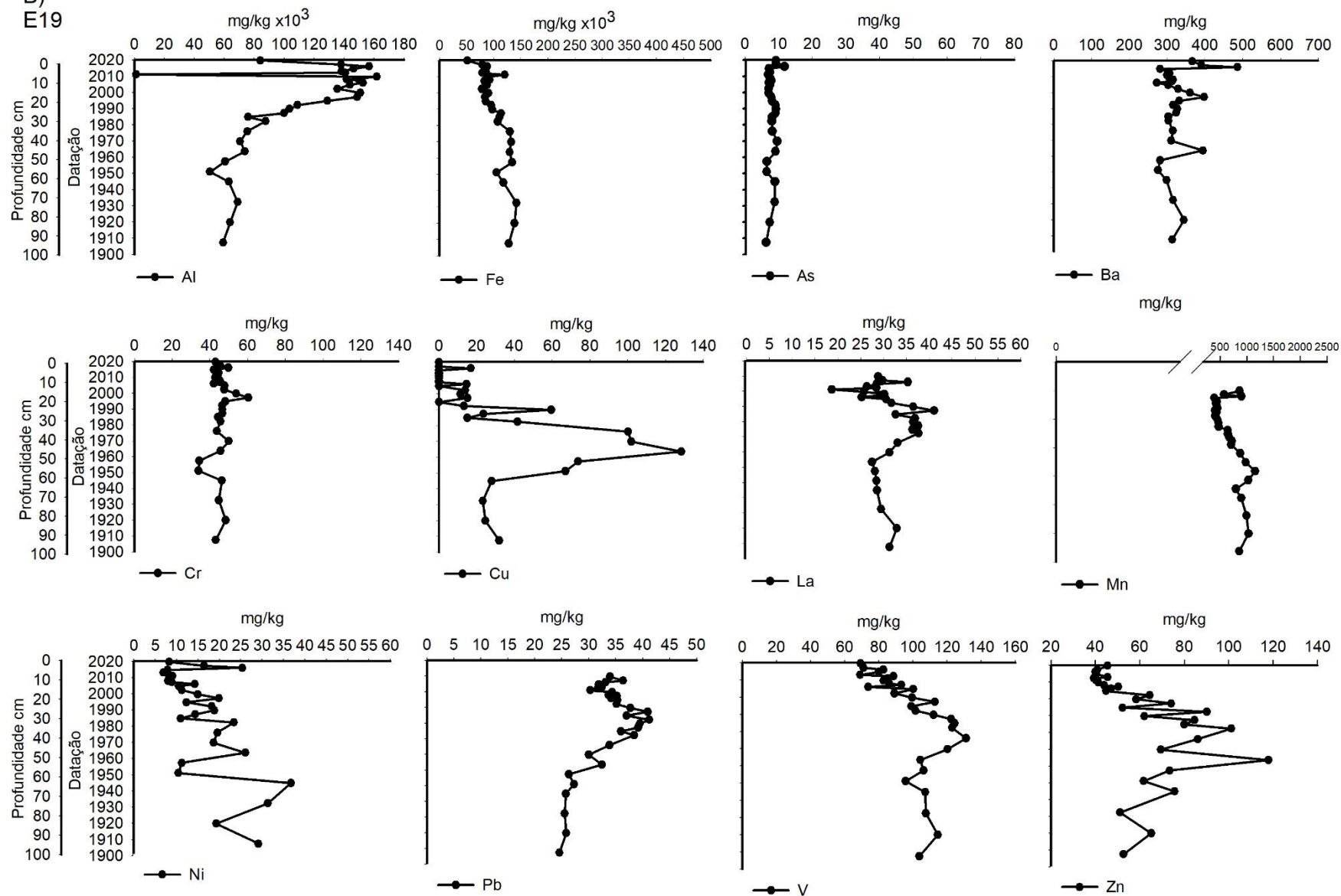


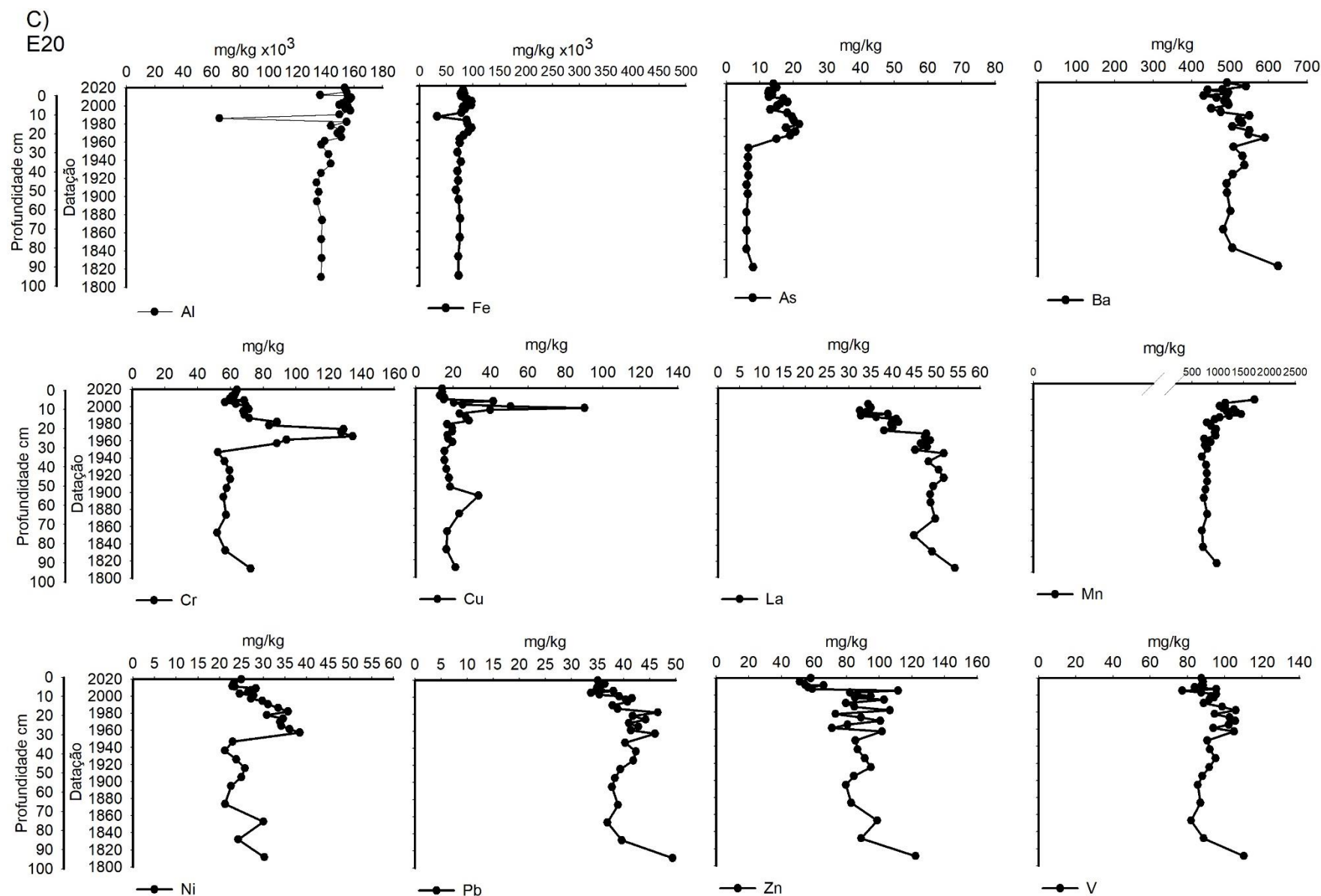
Com exceção do testemunho da Lagoa Monsarás (E25), cuja composição é basicamente mineral com conteúdo médio de matéria orgânica $0,86 \pm 1,08$ % (Quadro 6 – Parte 1) e composta por quartzo (Figura 12 R), os demais testemunhos apresentaram composição orgânica com conteúdo médio de matéria orgânica entre $12,64 \pm 4,67$ a $21,61 \pm 5,17$ % (Quadro 6 -Parte 1). A composição mineralógica predominante do sedimento é de caulinita seguida por variações nos teores de gibbsita, goethita, anatásio, quartzo e muscovita (Figura 12 C, F, I, L, O).

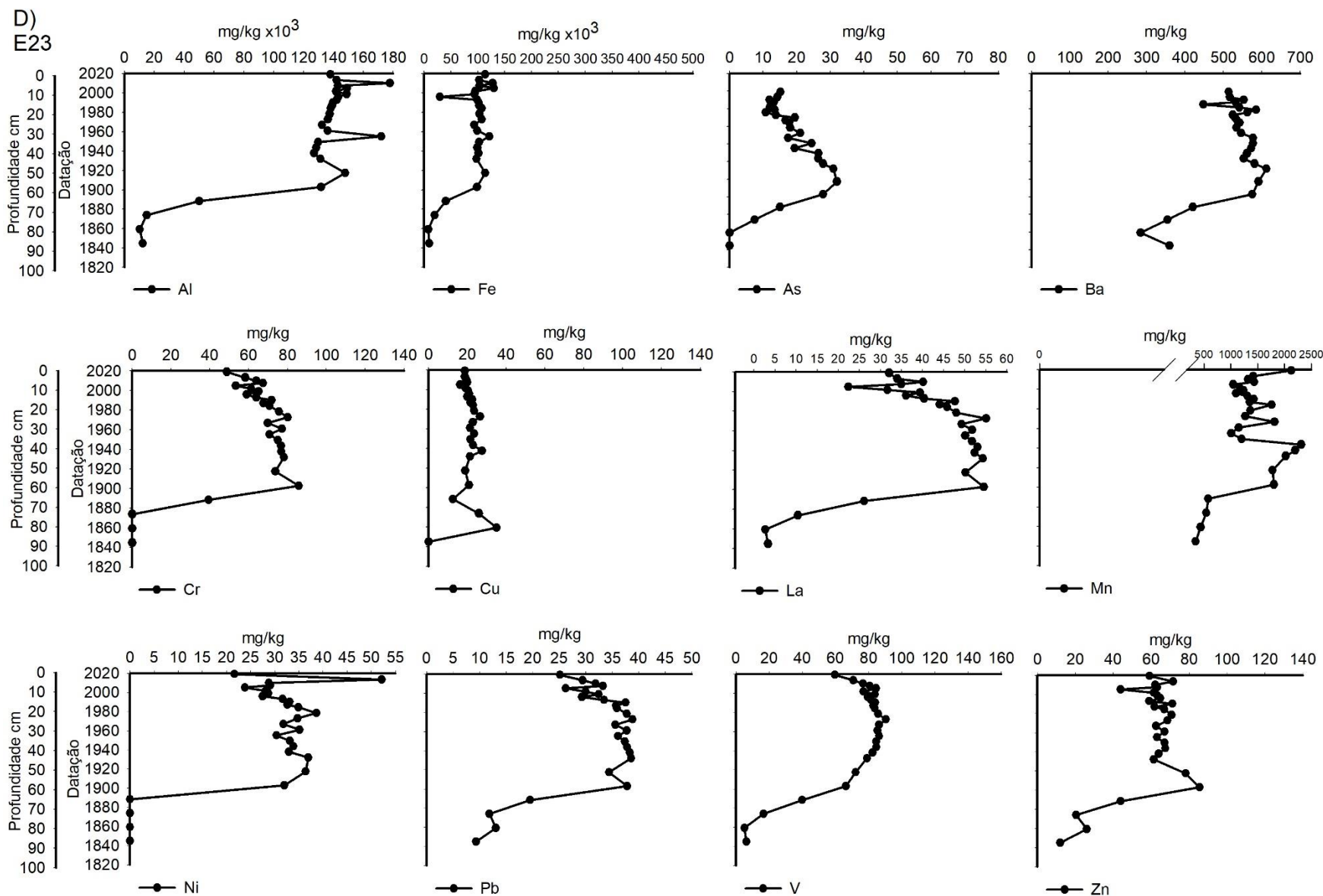
Figura 13: Matriz – sedimento. Período amostral Gráficos de linha com datação (ano), profundidade (m), e conteúdo de metais em (mg/kg) do indicador Testemunho dos Sedimentos: A) conteúdo de metais no Lago do Limão (E18); B) conteúdo de metais no Lago Nova (E19); C) conteúdo de metais no Lago Juparanã (E20); D) conteúdo de metais na Lagoa do Areão (E23); E) conteúdo de metais na Lagoa do Areal (E24); F) conteúdo de metais na Lagoa Monsarás



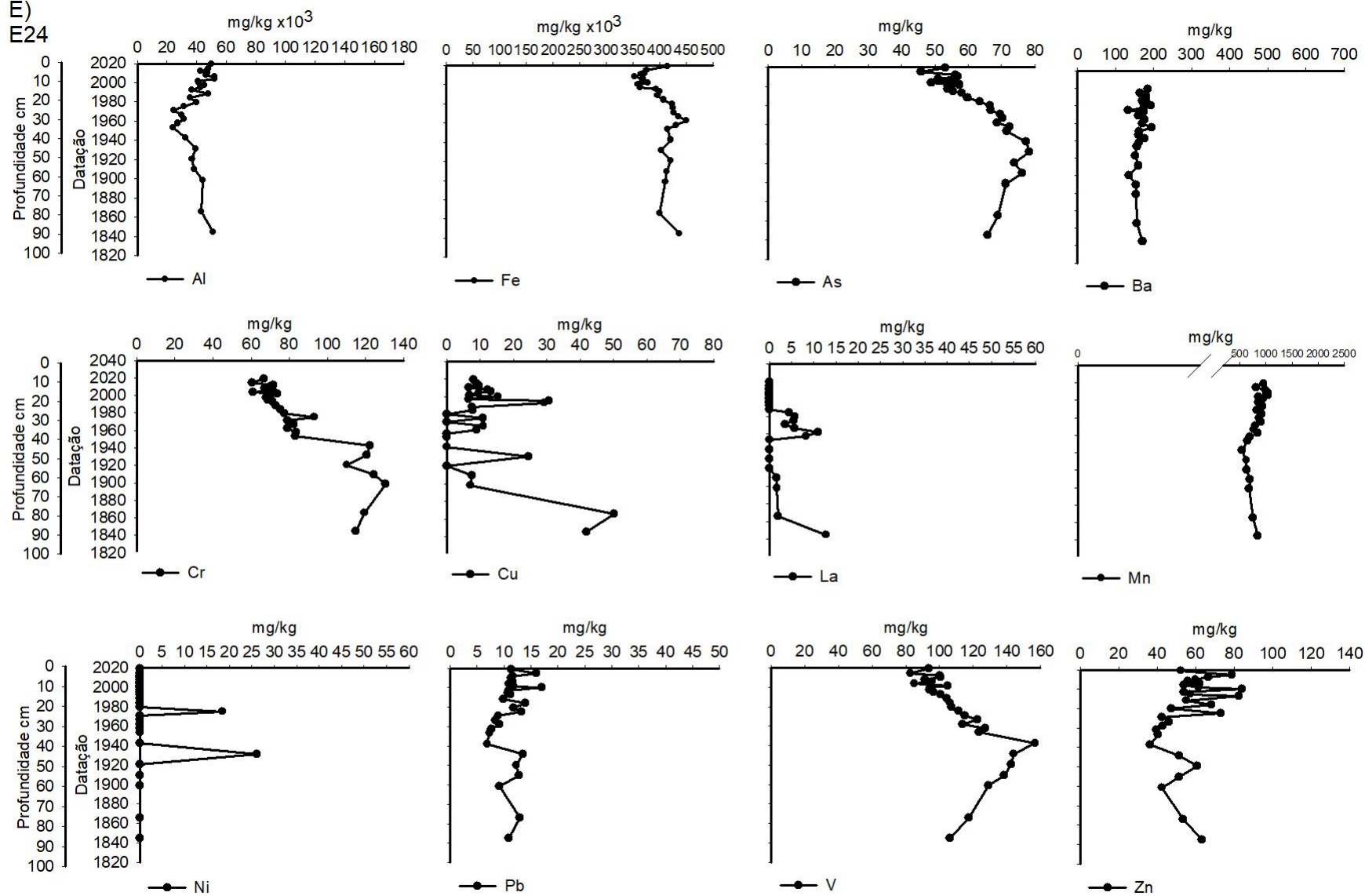
B)
E19

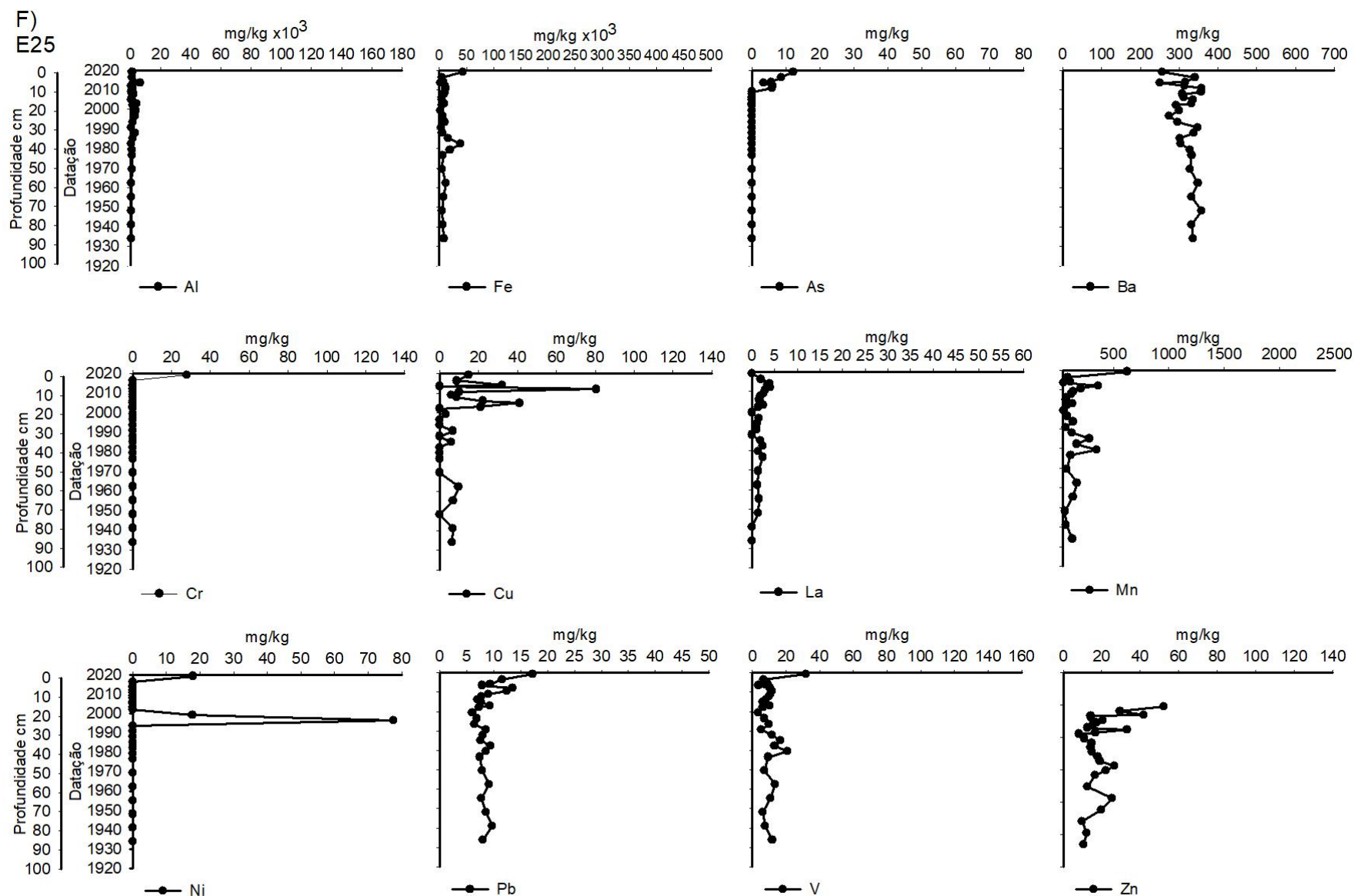






E)
E24





As concentrações de Fe, Al, Mn, Ba e As nos testemunhos de sedimentos variaram entre $2,37 \times 10^2$ a $4,94 \times 10^4$, $5,10 \times 10^2$ a $1,77 \times 10^5$, 50,36 a $2,61 \times 10^3$, $1,21 \times 10^2$ a $6,25 \times 10^2$ mg/kg e de 0 a $7,8 \times 10$, respectivamente (Quadro 6 – parte 1; Figura 13 A, B, C, D, E, F). A ordem decrescente de concentrações médias de metais nos testemunhos dos ecossistemas lacustres seguiu a seguinte sequência para Al=E20>E18>E23>E19>E24>E25; Fe=E24>E19>E23>E20>E18>E25; Mn=E23>E20>E24>E19>E18>E25 e Ba=E23>E20>E19>E25>E18>E24. As concentrações máximas de Fe, Al, Mn e Ba foram registradas nas estações E24, E23, E23 e E20, respectivamente.

4 ITENS PREVISTOS E NÃO REALIZADOS: JUSTIFICATIVAS

Todos os parâmetros foram monitorados conforme planejamento.

5 REFERÊNCIAS

Anschutz, P. and Deborde, J. (2016). Spectrophotometric determination of phosphate in matrices from sequential leaching of sediments. *Limnology and Oceanography Methods*, 14(4):245-256. <https://doi.org/10.1002/lom3.10085>

APHA (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed., American Public Health Association - APHA, American Water Works Association - AWWA and Water Environmental Federation - WEF.

APHA (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd ed., American Public Health Association - APHA, American Water Works Association - AWWA and Water Environmental Federation - WEF.

Birch, G.F., 2003. A test of normalization methods for marine sediment, including a new post-extraction normalization (PEN) technique. *Hydrobiologia*. 492 (1–3):5–13. <https://doi.org/10.1023/A:1024844629087>

Cole, G. A. (1994). Textbook of limnology., Waveland Press Inc.,

Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22(2): 361-369. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>

Håkanson, L. & Jansson, M. (1983). Principles of lake sedimentology. Cladwell, The Blackburn Press.

Sakan, S.; Sakan, N.; Đorđević, D. (2015). Evaluation of the possibility of using normalization with cobalt in detection of anthropogenic heavy metals in sediments. *Advances in Chemistry Research*, 26:167-183.

Lamparelli, M. C. (2004). Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Departamento de Ecologia. São Paulo, Universidade de São Paulo. Doutorado: 235p.

Wedepohl, K. H. (1995). The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59(7):1217-1232. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00038-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00038-2)