



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE - IEAA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

JOSÉ MARTINS GOMES

**ESTUDO SAZONAL DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM LAGOS NA  
REGIÃO SUL DO AMAZONAS**

HUMAITA-AM

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE -IEAA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA

JOSÉ MARTINS GOMES

**ESTUDO SAZONAL DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM LAGOS NA  
REGIÃO SUL DO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Ciências Ambientais – Área de concentração:  
Ambiente e Sociobiodiversidade. Linha de pesquisa:  
Componentes e dinâmica dos ecossistemas com ênfase  
no Bioma Amazônico.  
Orientador Prof. Dr. Jorge Almeida de Menezes

Humaitá-AM

2023

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

G633e Gomes, José Martins  
Estudo sazonal de parâmetros físico-químico em lagos na região Sul do Amazonas / José Martins Gomes . 2023  
95 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Jorge Almeida de Menezes  
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Variação sazonal. 2. Lagos. 3. Íons. 4. Sais. 5. Seca. I.  
Menezes, Jorge Almeida de. II. Universidade Federal do Amazonas  
III. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE -IEAA PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

FOLHA DE APROVAÇÃO

**ESTUDO SAZONAL DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM  
LAGOS NA REGIÃO SUL DO AMAZONAS**

Autor: José Martins Gomes

Dissertação de Mestrado Defendida e Aprovada em 20 de abril de 2023, pela Comissão

Julgadora:

---

Prof. Dr. Jorge Almeida de Menezes (Orientador Presidente)

---

Prof. Dr. Renato Abreu Lima (Examinador–Membro Interno)

---

Prof. Dr. Miqueias Lima Duarte (Examinador–Membro Externo)

Humaitá-AM

2023

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela minha inspiração e inteligência, por ter me fortificado no cumprimento desta jornada e por ter colocado no meu caminho pessoas especiais que me ajudaram nesta conquista.

À minha esposa Cleciane Freitas de Almeida, meu porto seguro, ela que sempre me apoiou em todas as etapas deste mestrado.

Ao Instituto de Educação e Ambiente, pela infraestrutura para a realização do mestrado.

Ao bolsista Carlos Barbosa Pessoa, que esteve envolvido nas coletas e análises, Anderson Souza carneiro, Juliana dos Santos Patrício, Prof. Dr. Douglas, Prof. Dr. José Maurício, Otilene dos Anjos Santos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação Ciências Ambientais (PPGCA), pelo conhecimento transmitido.

Ao Prof. Dr. Jorge Almeida de Menezes pela orientação e análise crítica desta dissertação.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

## RESUMO

O recurso hídrico superficial natural requer um melhor entendimento das águas dos lagos. Dessa maneira, buscamos por meio deste estudo evidenciar a sazonalidade dos parâmetros físico-químicos em seis lagos que estão localizados na região sul do Amazonas, sendo eles, lago Pupunha, lago Puruzinho, lago Crato, lago Buiucu, lago Segundo, lago Banheiro. O estudo ocorreu durante o período chuvoso, iniciando em (novembro 2021), sendo concluída no período seco, em outubro 2022. Nas águas dos lagos foram mensurados na verticalidade de 0,5 metros os parâmetros físicos como temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais, saturação de oxigênio. Um estudo abrangente e sistemático para o padrão sazonal dos principais íons (nitrato, sulfato, fosfato, sódio, potássio, cálcio, magnésio). Os dados estatísticos são homocedásticos não lineares para teste Kolmogorov-Smirnov. A correlação estatística e análise temporal dos parâmetros físico-químicos dos seis lagos foram registrados. O resultado deste estudo mostrou aumento da concentração de STD e a diminuição com tendência crescente de oxigênio dissolvido para o período seco e chuvoso. Houve uma variação dos cátions potássio e magnésio para os lagos Crato e Puruzinho para o período chuvoso, para os ânions fosfato e sulfato similaridade no período seco para os lagos Crato, Buiucu, Puruzinho. Neste trabalho a estação chuvosa e a estação seca poderão estabelecer elevação e o declínio dos níveis de água destes lagos, mesmo quando estão conectados ou não, em consequência, alterando as concentrações de sais e metais, em contrapartida, acompanhadas pelas medidas físicas com a mesma característica.

**Palavras-chave:** Variação sazonal. Lagos. Íons. Sais. Seca. Cheia.

## ABSTRACT

The natural surface water resource requires a better understanding of lake waters. In this way, we sought, through this study, to show the seasonality of the physical-chemical parameters in six lakes that are located in the southern region of the Amazon, namely, Lake Pupunha, Lake Puruzinho, Lake Crato, Lake Buiucu, Lake Segundo, Lake Banheiro. The study took place during the rainy season, starting in (November 2021), and being concluded in the dry season, in October 2022. In the waters of the lakes, physical parameters such as temperature, pH, electrical conductivity, oxygen dissolved, total solids, oxygen saturation. A comprehensive and systematic study for the seasonal pattern of major ions (nitrate, sulfate, phosphate, sodium, potassium, calcium, magnesium). Statistical data are nonlinear homoscedastic for Kolmogorov-Smirnov test. Statistical correlation and temporal analysis of the physical chemical parameters of the six lakes were recorded. The result of this study showed an increase in the concentration of STD and a decrease with an increasing trend of dissolved oxygen for the dry and rainy season. There was a variation of potassium and magnesium cations for Crato and Puruzinho lakes for the rainy season, for phosphate and sulfate anions similarity in the dry season for Crato, Buiucu, Puruzinho lakes. In this work, the rainy season and the dry season will be able to establish elevation and decline of the water levels of these lakes, even when they are connected or not, as a result, changing the concentrations of salts and metals, on the other hand, accompanied by physical measurements with the same feature.

**Keywords:** Seasonal variation. Lakes. Ions. Salts. Dry. Full.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos lagos.....	21
Tabela 2 - Faixa, resolução e acurácia das sondas e equipamentos .....	22
Tabela 3-Valor de média e desvio padrão da variável físico química temperatura nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	24
Tabela 4- Valor de média e desvio padrão da variável físico química potencial hidrogênio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	26
Tabela 5- Valor de média e desvio padrão da variável físico química oxigênio dissolvido nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	28
Tabela 6- Valor de média e desvio padrão da variável física saturação nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	30
Tabela 7- Valor de média e desvio padrão da variável físico química sólidos totais nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	32
Tabela 8-Valor de média e desvio padrão da variável físico química salinidade nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	34
Tabela 9- Valor de média e desvio padrão da variável físico química condutividade nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	36
Tabela 10-Valor de média e desvio padrão da variável física turbidez nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	38
Tabela 11-Valor de média e desvio padrão da variável química sódio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	40
Tabela 12-Valor de média e desvio padrão da variável química potássio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	42
Tabela 13-Valor de média e desvio padrão da variável química cálcio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	44
Tabela 14-Valor de média e desvio padrão da variável química magnésio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	46

Tabela 15-Valor de média e desvio padrão da variável química sulfato nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	48
Tabela 16-Valor de média e desvio padrão da variável química nitrito nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	50
Tabela 17-Valor de média e desvio padrão da variável química fosfato nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.....	52



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Mapa de localização da área experimental dos lagos. ....	20
Figura 2-Fluxograma dos métodos de amostragem e medidas realizadas.....	21
Figura 3 - Sazonalidade da temperatura para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	25
Figura 4. Sazonalidade do pH para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato .....	27
Figura 5-Sazonalidade de oxigênio dissolvido para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	29
Figura 6-Sazonalidade da saturação (%) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	31
Figura 7-Sazonalidade de sólidos totais para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	33
Figura 8-Sazonalidade da salinidade para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	35
Figura 9-Sazonalidade da condutividade para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	37
Figura 10-Sazonalidade da turbidez para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	39
Figura 11-Sazonalidade de sódio para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	41
Figura 12-Sazonalidade do potássio para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	43
Figura 13-Sazonalidade do cálcio para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	45
Figura 14-Sazonalidade do magnésio para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	47
Figura 15-Sazonalidade de sulfato para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	49
Figura 16-Sazonalidade de nitrito para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	51
Figura 17-Sazonalidade de fosfato para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.....	53

Figura 18-Correlação das variáveis para o lago Pupunha. ....	55
Figura 19-Correlação das variáveis para o lago Puruzinho.....	57
Figura 20-Correlação das variáveis para o lago Crato .....	58
Figura 21-Correlação das variáveis para o lago Buiuçu.....	60
Figura 22-Correlação das variáveis para o lago Segundo .....	61
Figura 23-Correlação das variáveis para o lago Banheiro.....	63
Figura 24-Comparação da Temperatura para os Lagos estudados.....	64
Figura 25-Comparação da variável pH para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro Crato.....	65
Figura 26-Comparação da variável OD para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro Crato.....	66
Figura 27-Comparação da variável Saturação (%) para os lagos estudados. ....	67
Figura 28-Comparação da variável Condutividade para os lagos estudados. ....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS

TSS- Sedimentos suspensos totais  
PH- Porcentagem de hidrogênio  
TDS- Sólidos totais suspensos  
STD- Sólidos totais suspensos  
OD- Oxigênio dissolvido  
OD% - Oxigênio dissolvido em porcentagem  
EC- Condutividade elétrica  
Cl<sup>-</sup>-Cloro  
PO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-Fosfato  
SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> -Sulfato  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Nitrato  
Na<sup>+</sup> - Sódio  
K<sup>+</sup>- Potássio  
Ca<sup>2+</sup>- Cálcio  
NO<sub>2</sub><sup>-</sup> Nitrito  
Mg<sup>2+</sup> - Magnésio  
TP-Fosforo total  
TN-Nitrogênio total  
NH<sub>3</sub>-Amonia  
T- Temperatura  
PPT- Parte por trilhão  
ORP- Potencial de redução de oxigênio  
SD- Disco de sechi  
PCA- Análises de componentes principais  
ODS- Objetivo de desenvolvimento sustentável  
NTU- Unidade nefelométrica de turbidez  
SAT%-Saturação em porcentagem  
SALIN-salinidade

## LISTA DE SÍMBOLOS

C°- Célsius

%-Porcentagem

LDO-Luminescência de oxigênio dissolvido

Mv- mili volt

μs-Micro symies

Dm<sup>-3</sup>- Decímetro cúbico

M - Metro

Mg-Miligrama

Mg/L-miligrama por litro

ML-Mililitro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
<b>3</b>	<b>IMPACTOS</b> .....	16
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	18
4.1	Objetivo Geral.....	18
4.2	Objetivos Específicos .....	18
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	19
5.1	Principais Medidas e Análises de Laboratório (UFAM/IEAA).....	21
<b>6</b>	<b>ANÁLISE DE DADOS</b> .....	23
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
7.1	Variabilidade Sazonal da Temperatura.....	24
7.2	Variabilidade Sazonal do Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	26
7.3	Variabilidade Sazonal da Concentração de Oxigênio Dissolvido .....	28
7.4	Variabilidade Sazonal da Saturação.....	30
7.5	Variabilidade Sazonal da Concentração de Sólidos Totais dissolvidos.....	32
7.6	Variabilidade Sazonal da Salinidade. ....	34
7.7	A variabilidade Sazonal da condutividade.....	36
7.8	Variabilidade Sazonal da Turbidez .....	38
7.9	Variabilidade Sazonal da Concentração de Sódio .....	40
7.10	Variabilidade Sazonal da Concentração de Potássio .....	42
7.11	Variação Sazonal da Concentração de Cálcio. ....	44
<b>8</b>	<b>Varição Sazonal da Concentração de Magnésio</b> .....	46
8.1	Varição Sazonal da Concentração de Sulfato. ....	48
8.2	Varição Sazonal da Concentração de Nitrito. ....	50
8.3	Varição Sazonal da Concentração de Fosfato.....	52
8.4	Correlação das variáveis para o lago Puruzinho .....	56
8.4.1	Correlação das variáveis para o lago Crato .....	58
8.4.2	Correlação das variáveis para o lago Buiçu.....	59
8.4.3	Correlação das variáveis para o lago Segundo. ....	61
8.4.4	Correlação das variáveis para o lago Banheiro .....	62
8.5	Comparação dos lagos pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn .....	64

<b>9 CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os lagos e rios são considerados sensores da variabilidade climática no impacto antropogênico (WILLIAMSON; DODDS *et al.*, 2008). Em todo o mundo, a ecologia característica dos corpos d'água estão passando por modificações, devido a flutuações climáticas, alterações no uso da terra e a poluição (ZW; LJ, *et al.*, 2007).

Essas alterações que incluem ou estão ocorrendo em função desses eventos, aumenta a intensidade de eventos climáticos extremos, tais como: variação na precipitação e temperatura e o acometimento com o avanço na urbanização, despejo de esgoto e resíduos industriais, a expansão das fronteiras agropecuárias e o desmatamento são uma ameaça à preservação dos serviços ecossistêmicos prestados por rios e lagos (MISERENDINO; CASAUX, *et al.*, 2011).

Do mesmo modo, os processos climáticos entre as condições físicas, químicas e biológicas e características dos corpos d'água com diferentes escalas espaciais (local, e regional (SHIMODA, *et al.*, 2011).

Os lagos são componentes importantes do ciclo hidrológico, pois contém a maior quantidade de água doce superficial. Segundo Prakash Deka e Tayeng (2015), mesmo que os lagos contenham menos de 0,02% de toda água na hidrosfera, seus aspectos ecológicos, ambientais e geológicos tem um significado muito maior que esse valor.

Estes ambientes são importantes elementos fisiográficos nas paisagens de várzea, sua importância pode ser avaliada de várias maneiras, primeiro, são muito numerosos, por exemplo, a planície de inundação ao longo da floresta Amazônica que ocupa 94.000 km<sup>2</sup> dos quais 11% são cobertos por lagos (SIPPEL ET AL, 1992).

Essas águas represadas de várzea são imperativas, pois são habitats e berçário para muitas espécies de peixe, alguns com alto valor econômico (AGOSTINHO; A, 1995). Os lagos de várzea diferem em origem, física, química, hidrológica e morfometria em recursos. Dessa forma, o nível ambiental e heterogeneidade entre lagos de várzea tem uma alta diversidade. (WARD; STANFORD, 1995).

O regime hidrológico anual dos principais rios tem sido reconhecido como principal fator responsável pelas mudanças físicas e químicas, temporais em lagos de várzea (JUNK, 1989); (NEIFF, 1990).

A entrada de nutrientes de diferentes fontes, rio principal, sedimentos e vegetação em decomposição e recomposição ambiental promovida pelas enchentes, mantém as várzeas imaturas, o que pode explicar as altas taxas de produtividade encontradas nestes ambientes (JUNK; WELCOMME, 1990).

Seu grau relativo de isolamento permite considerar os lagos de várzea como unidades discretas. Isto facilita a compilação de dados independentes e a identificação de padrões sazonais. No entanto, poucas investigações tentaram resumir e analisar previsões gerais aplicáveis a esta classe de ecossistemas na totalidade (MELACK; FISHER, 1990); (ESTEVES, 1998a).

Sugere Talbot (1996) com um levantamento do lago de alta altitude e sua importância, sobretudo porque os poluentes, como ácido sulfúrico ou compostos de nitrogênio, existem na neve ou nas chuvas de verão, há uma oportunidade mínima para neutralização ou absorção desses compostos devido à capacidade limitada de tamponamento do lago e ao curto tempo de contato entre a água e o solo (TALBOT, 1996); (DW; RG, *et al.*, 2001); (GOPAL, 2005); (ZAHARESCU, PS, *et al.*, 2009).

Esses fatores ambientais tendem a tornar a água de alta altitude aos ecossistemas vulneráveis aos efeitos de poluentes na deposição atmosférica, precipitado em forma de chuva (DW, RG, *et al.*, 2001).

O intemperismo mineral contribui com a maioria dos cátions básicos e alcalinidade para lagos de alta altitude nas montanhas, portanto, as variações nos cátions básicos e concentrações de alcalinidade refletindo eficientemente diferenças nas reações de intemperismos minerais (WHITE, 2002). Para (PRAKASH DEKA; TAYENG, 2015). Os lagos de alta altitude estão se tornando cada vez mais importante, sendo este um sistema sensível para indicar impressões de mudanças climáticas globais, além disso, relata dificuldades com referências para estudo sazonal de cátions e sais em lagos.

Assim, o objetivo desta pesquisa é analisar a dinâmica espacial e sazonal dos parâmetros físico-químicos dos lagos permanentes, Pupunha, Puruzinho, Crato, Buiucu, Segundo e Banheiro, situados no município de Humaitá – AM.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estudos recentes sobre represamento dos rios da bacia amazônica relativo a sub-racial do rio Madeira, como maior afluente amazônico em termos de área de drenagem, descarga de água e sedimentos, sendo afetado fortemente pela recente construção de barragens, portanto com perspectiva ambiental futura obscura, com previsão de 83 barragens planejadas ou construídas, 25 em afluentes andinos, 56 em afluentes crônicos e duas no afluente principal do rio madeira sendo a mais prejudicada da Amazônia, estimativas da concentração superficial de sedimentos suspensos indicam que as barragens construídas ao longo do rio madeira causaram uma redução aproximadamente de 20% na concentração média de sedimentos suspensos na superfície deste rio. Isso tudo irá refletir em estudos como proposto (LATRUBESSE, 2017).

Já no continente asiático estudos realizados em lagos verificou-se valores de condutividade elétrica (EC) baixos, menores que os encontrados na água de chuva. Esses dados mostram de onde o lago recebe a maior parte de sua contribuição. É possível a partir de um estudo abrangente e sistemático sobre o padrão sazonal dos principais íons ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) para compreender os processos geoquímicos que controlam a qualidade da água. Observou-se uma acentuada variação sazonal em quase todos os íons. (PRAKASH DEKA; TAYENG, 2015).

Em lagos da Patagônia foi observado, a sazonalidade de alguns parâmetros físico-químicos, sendo eles a concentração de sedimentos suspensos totais (TSS), orgânicos (OSS) e inorgânicos (ISS), respectivamente, sólidos totais dissolvidos (TDS), pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água, clorofila, fósforo total e profundidade. (SCORDO, SPETTER, *et al.*, 2020).

Para Romescu, Mihai-Oinlie (et al., 2018), os parâmetros físico-químicos da qualidade da água medidos, como temperatura (T: °C); pH (unidades de pH); oxigênio dissolvido. Luminescente (LDO:  $\text{mg dm}^{-3}$ ); saturação de oxigênio dissolvido (DO: %); tensão da água (mV); condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ); concentração total de sólidos dissolvidos ( $\text{mg dm}^{-3}$ ). Foram facilmente diferenciados em toda a sua extensão de passagem alongada em lagos localizados no Delta do Danúbio, especialmente entre a montante e a (a jusante). Os parâmetros registrados durante o período, com altas vazões e altos níveis de água, demonstraram boa qualidade da água, especialmente os índices de oxigenação.

Alavancado pelo aquecimento global e avanço da eutrofização da água, entender as relações no lago é fundamental para evitar a poluição excessiva e outras mudanças nos lagos. Os parâmetros físico-químicos e biológicos, bem como as variabilidades de nutrientes, tanto

temporais quanto verticais (na coluna de água), sendo os seguintes testes estatísticos não paramétrico Kruskal-Wallis ANOVA, sendo que o Teste H foi usado para detectar variabilidade entre anos e entre estações e as variáveis temperatura da água, condutividade elétrica, pH, ORP, concentração de oxigênio dissolvido, bem como concentração de NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, TP e clorofila. A análise de variância unidirecional (ANOVA) foi usada para detectar quaisquer diferenças na profundidade e transparência com disco de Secchi (SD) e concentração de NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub> e TN (FERENCZ, TOPOROWSKA; DAWIDEK, 2019).

A análise de correspondência sem tendência (DCA) e Análise de Componentes Principais (PCA) foram usadas para descrever as relações entre 13 variáveis ambientais e distribuição. Os resultados, revelaram-se com diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre dois anos de estudo para a maioria das variáveis, exceto temperatura da água, visibilidade, concentração de PO<sub>4</sub>, TN e TP, que corresponderam a condições climáticas muito diferentes nos dois anos.

Para Kundzewicz, LJ (*et al.*, 2007) verificaram que em lagos, os efeitos das mudanças climáticas se devem principalmente às variações de temperatura da água, que resultam direta ou indiretamente através mediante aumento na poluição térmica como um resultado da maior demanda por água de resfriamento no setor de energia. Isso afeta os regimes de oxigênio, potenciais redox, estratificação do lago, taxas de mistura e desenvolvimento da biota, pois todos dependem da temperatura.

No rio Fraser, no Canadá, observou-se o aumento da temperatura da água, afetando a capacidade de autopurificação dos rios, reduzindo a quantidade de oxigênio dissolvido usado para biodegradação. Uma tendência detectada na temperatura da água nesse ambiente foram aumentos significativos de temperatura acima de 20°C (PATTERSON, SKIBO, *et al.*, 2007).

As intensificações de chuvas resultam em mais nutrientes, patógenos e toxinas levadas pelos corpos de água, tendo dessa forma cargas aumentadas de nitrogênio nos lagos em percentuais superiores a 50% (ADRIAN R, 2009).

As relações climáticas entre temperatura do ar e a estrutura do lago caracterizou mudanças na estratificação, profundidade e temperatura, a influência em macro escala dos processos atmosféricos variando substancialmente entre lagos com diferentes tamanhos e regime de misturas (SHIMODA, *et al.*, 2011).

Já Bento, J. Barros (*et al.*, 2021) avaliou as planícies de inundação da Amazônia que contêm milhares de lagos interligados e áreas úmidas associadas que estão conectadas aos muitos rios e córregos da bacia (SIPPEL, *et al.*, 1992). Esses ecossistemas de várzea incluem florestas de águas abertas e inundadas intermitentes e sistemas agrícolas com diferentes tipos

de água, que fornecem entrada de carbono orgânico para os rios (AMARAL, L. SUHETT, *et al.*, 2019).

As populações pré-colombianas categorizaram os rios amazônicos pela cor de suas águas, constituiu três tipos de água (água preta, branca e clara) para elucidar as características limnológicas dos grandes rios amazônicos e áreas úmidas conectadas (SIOLI, 1950).

Rios amazônicos estão sujeitos a cheias de inundação monopodial de alta amplitude, rios de água-branca têm uma condição nutricional alto, correspondente aos sedimentos ricos em nutrientes e substâncias dissolvidas, provenientes dos Andes e da área pré-andina (J. JUNK, FERNANDEZ PIEDADE, *et al.*, 2020)

K. Sahoo e T. F. Guimarães (*et al.*, 2016), avaliaram a precipitação na região Amazônica e observaram condições anômalas em dados climáticos durante o período chuvoso, com elevada precipitação em menor temperatura no início da estação.

### 3 IMPACTOS

Os ecossistemas aquáticos são considerados um dos mais ameaçados do mundo, resultando no declínio da biodiversidade aquática. O monitoramento e avaliação desses ambientes é necessário, pois fornece informações sobre as mudanças no sistema aquático durante um longo período e a avaliação indica o estado desses ecossistemas, informações necessárias para gestão adequada desses ambientes.

Estudos, realizado por especialistas chineses, mostraram que ao mitigar erosão do solo; constataram uma relação significativa e positiva com ODS 15 (Vida terrestre). Com o regulamento ecológico dos processos, produzindo alimentos e produtos, e fornecendo valores sociais e culturais. Mais de 50% dos entrevistados reconheceram o benefício das ODS 15, ODS 13 (Ação Climática) e ODS 6 (Ação água Limpa e saneamento) (YIN; ZHAO; PEREIRA, 2021).

O monitoramento físico-químico e avaliação de águas superficiais. Para cada componente (ou seja, hidro, morfologia, características físico-químicas da água e biológica) de um corpo de água é descrita em sua relevância nos programas de monitoramento. Métodos de monitoramento e avaliação recentemente desenvolvidos são elaborados. Por fim, discute-se o monitoramento e avaliação integrados dos ecossistemas aquáticos (BARTRAM, BALLANCE, 1996)

O Lago Malombe no Malawi foi classificado entre os lagos rasos de água doce dos interiores mais vulneráveis. O lago perdeu mais de US\$ 79,83 milhões em valores de serviços ecossistêmicos em duas décadas devido ao rápido crescimento populacional, aumento da pobreza, transformação da paisagem e a super exploração (MAKWINJA; MENGISTOU, *et al.*, 2021).

O monitoramento do habitat físico, hidrológico e geomorfológico (referido como Hidro morfologia) dos corpos d'água é de suma importância para a integridade ecológica dos rios, lagos e córregos, e no contexto de restauração e gestão de rios a hidro morfologia tem identificado um componente essencial na avaliação integrada de gestão de lagos e os ecossistemas, podendo impactar direta ou indiretamente os habitats, essas atividades podem causar uma perda de habitat do canal, perda de pântanos, sobre canais profundos, aumento da frequência de enchentes, picos de inundação elevados, aumento da erosão das margens, aumento do assoreamento, aumento da entrada de nutrientes, regime de fluxo artificial, reduzindo fluxo e até secando canais (GRABOWSKI; VERCRUYSSE, *et al.*, 2022)

As atividades antrópicas vêm modificando a composição química e as características físicas de corpos d'água desde século passado. Em particular, as concentrações de poluentes químicos como pesticidas, metais traço, desreguladores endócrinos, poluentes orgânicos, patógenos e nutrientes têm aumentado nos rios e lagos (PARRA-LUNA; MARTÍN-POZO, *et al.*, 2020).

Esses poluentes podem causar efeitos fisiológicos diretos, efeitos indiretos na cadeia alimentar, aumento da produção primária, proliferação de algas, efeitos tóxicos para humanos e a biota, efeitos tóxicos por meio da biomagnificação e interferência com hormônios produzidos naturalmente (FORIO ; GOETHALS, 2020).

As propriedades físicas e químicas da água sustentam os processos e o funcionamento do ecossistema, os bens e serviços que os ecossistemas fornecem, os processos ecológicos que sustentam organismos. Assim, mudanças nas características físicas e químicas da água podem levar a uma alteração no funcionamento do ecossistema e nos serviços ecossistêmicos relacionados (STOCKDALE, ELIZABETH, *et al.*, 2018).

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo Geral

- ✓ Analisar a dinâmica espacial e sazonal dos parâmetros físico-químicos dos lagos permanentes, Pupunha; Puruzinho; Crato; Buiucu, Segundo e Banheiro, situados no município de Humaitá – AM.

### 4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar a sazonalidade dos parâmetros físicos e químicos da água como condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, saturação, potencial hidrogeniônico, sólidos totais dissolvidos, temperatura, turbidez, condutividade;
- ✓ Mensurar a concentração total de elementos metálicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^{-2}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) nos lagos Pupunha, Puruzinho, Crato, Buiucu, Segundo e Banheiro;
- ✓ Realizar uma descrição estatística anual e sazonal para todas as variáveis mensuradas nos lagos estudados;
- ✓ Identificar os principais sítios de variabilidade sazonal nos lagos amostrados.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos acerca da variabilidade sazonal dos parâmetros físicos e químicos foram realizados em seis lagos localizados no perímetro rural no município de Humaitá, Amazonas, Brasil, com uma área territorial total 33.111,143 km<sup>2</sup> (IBGE,2020), pertinente ao bioma amazônico (IBGE, 2019), 696,4 Km distante da capital do Estado do Amazonas (Manaus), 205 Km distante da capital do estado de Rondônia (Porto Velho), o município de Humaitá é banhado pela bacia do rio madeira.

Conforme a classificação Koppen o município de Humaitá possui um clima tipo tropical úmido com temperatura média anual em média de 25 °C a 27 °C, com precipitação entre 2050 a 2650 mm por ano e umidade relativa do ar entre 85 a 90% (Brasil,1978), a região possui um relevo do tipo “tabuleiro” com pequenos desníveis e bordas convexas (CAMPOS, 2014).

No Bioma amazônico as estações do ano se comporta como um mosaico e varia de localidade dentro do bioma, no município de Humaitá, tendo uma divisão sazonal ao longo do ano: chuvoso de novembro a abril com precipitação em torno de 400mm/mês, período seco e o período de chuvas reduzidas em maio a setembro o período seco, com precipitação em torno de 100 mm/mês (PAVÃO, et al. 2015), Conforme Querino (et al, 2006) durante a estação chuvosa há mudanças graduais entre os meses de janeiro-fevereiro-março no clima da região.

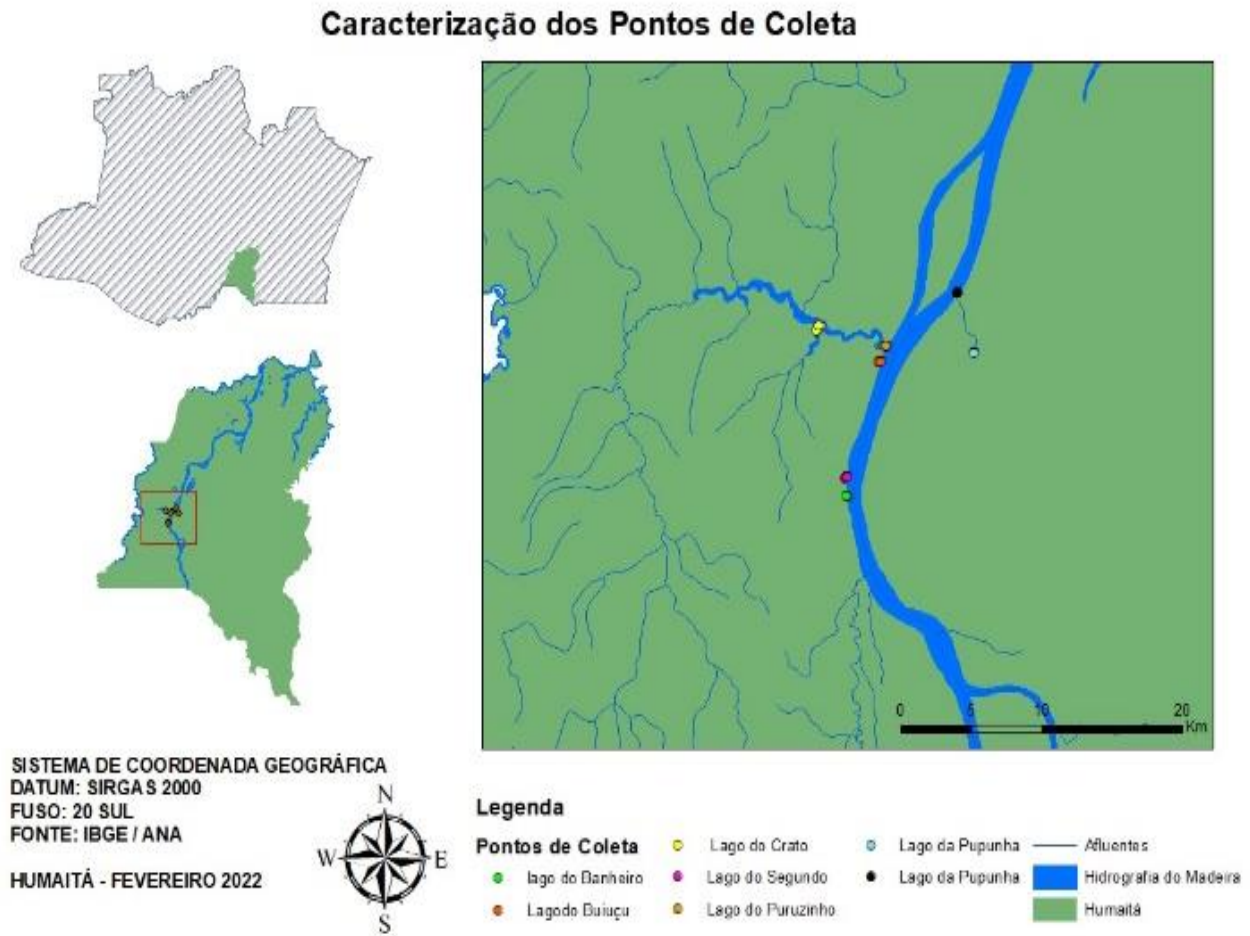
As áreas escolhidas para analisar a variabilidade sazonal foram os lagos lago Pupunha, Puruzinho, Crato, Segundo, Buiuçu e Banheiro a montante do rio madeira, conforme pode se observar a tabela 1 as coordenadas geográficas e a figura 2 que traz o mapa de localização das áreas de estudo dentro do município de Humaitá-AM.

Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos lagos.

Lagos	Latitude	Longitude
Pupunha	7°23'28.95 "S	62° 1'56.40"O
Puruzinho	7°23'14.32"S	63° 0'3.38"O
Crato	7°22'41.08"S	63° 2'41.97"O
Segundo	7°27'50.95"S	63° 1'36.06"O
Buiuçu	7°23'46.26"S	63° 0'16.38"O
Banheiro	7°28'30.81"S	63° 1'35.88"O

Fonte: Martins, 2023.

Figura 1-Mapa de localização da área experimental dos lagos.



Lagos são caracterizados por sua forma retangular e orientação SW-NE marcadamente uniforme. Embora variem consideravelmente em tamanho, caracterizam-se por serem muito rasos, geralmente com menos de dois metros de profundidade, e de fundo plano (LYNN, 2011).

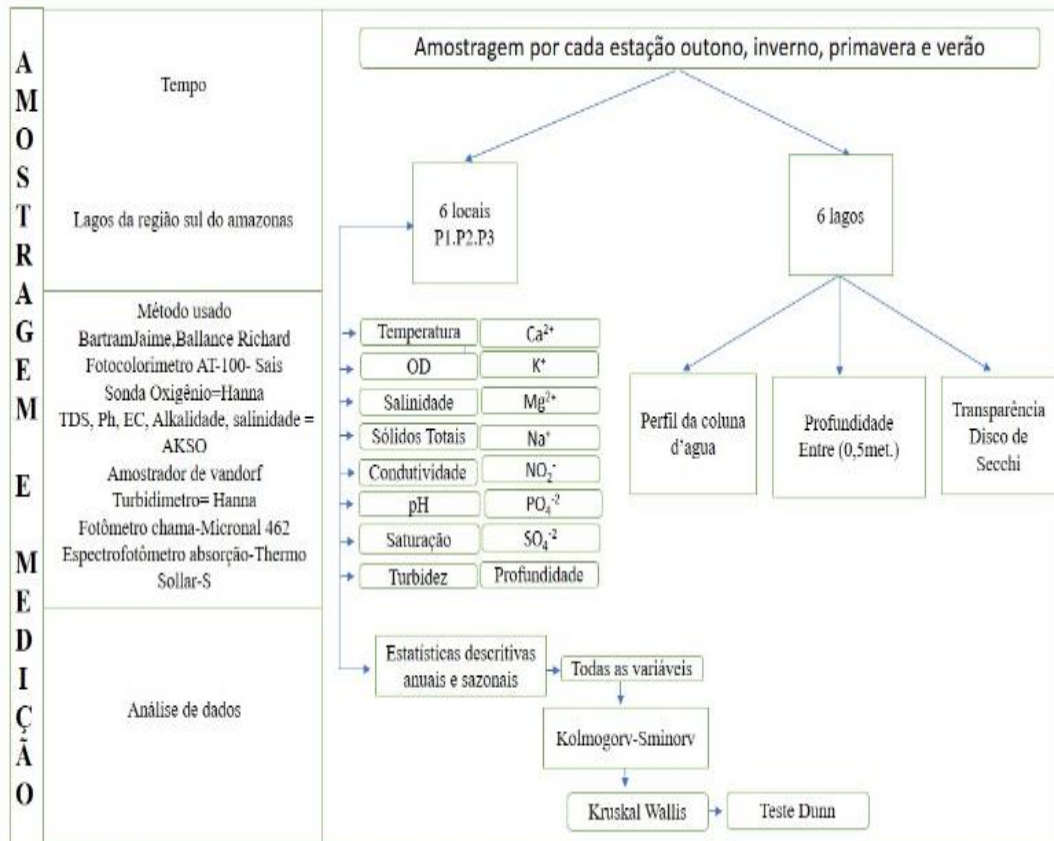
As coletas foram iniciadas na margem esquerda sentido montante do rio madeira pelo lago das Pupunhas com distância de cem metros entre os pontos marcados, em seguida a margem direita o lago Puruzinho, a montante do lago Puruzinho que faz confluência com o lago Crato, seguindo montante do rio madeira lago do Buiçu, lago do Segundo, lago do Banheiro.

A determinação dos locais de amostragem e as profundidades em lagos foram escolhidos conforme a metodologia de Bartram e Ballance (1996) e Apha (2005), sendo coletadas as amostras de água dos lagos a profundidades da coluna de água em (0,5 m, de profundidade). As coletas foram realizadas mensalmente nos seis lagos superficialmente com uma garrafa de van Dorf, onde se retirou 1L de água de cada ponto equidistante do centro do lago, e depositados em recipiente de polietileno.



Os parâmetros físico-químicos da água foram medidos no canal do lago, as amostras foram coletas no centro da coluna de água. Em todos os lagos, a amostragem de campo foi realizada entre 07 às 12h, para garantir luz semelhante e condições de temperatura.

Figura 2-Fluxograma dos métodos de amostragem e medidas realizadas.



### 5.1 Principais Medidas e Análises de Laboratório (UFAM/IEAA)

As amostras coletadas em campo foram armazenadas em refrigeração no laboratório de química do Instituto de Educação Agronomia e Ambiente (IEAA-Humaitá-AM).

Foram selecionados três pontos com distância de 100 metros de um ponto ao outro e foram medidos a profundidade de 0,5 m da superfície, para o Lago Banheiro, lago Buiucu, Lago Segundo, Lago Puruzinho, Lago Crato; Lago Pupunha. As variáveis físico-químicas oxigênio dissolvido OD (mg/L) e a saturação OD% foram medidos com uma sonda Hanna HI-98193 multiparamétrica, o alcance, a resolução e a precisão de cada sensor são mostradas na Tabela 2.

A turbidez foi analisada com o uso de um turbidímetro portátil Hanna, modelo Medidor Multiparâmetro, devidamente calibrado conforme metodologia do fabricante, amostra foi

agitada para a mistura dos sedimentos sendo transferido 10 ml da amostra coletada para o recipiente do turbidímetro leitura da turbidez em unidade nefelométrica de turbidez (NTU).

Para mensuração do metal sódio e potássio as amostras passaram por um processo de filtração conforme metodologia, com uso de uma pipeta foi transferido 10 ml para um tubo de ensaio identificado para cada ponto e as análises realizadas em um fotômetro de chama Micronal, calibrado conforme metodologia do fabricante os resultados transferidos para uma tabela eletrônica (Excel) em mg/L.

As análises das amostras para cálcio e magnésio foram filtradas e diferidas para um tubo de ensaio de 10 ml, sendo transferido 9,2 ml da amostra e 0,8 ml de óxido de lantânio a 5% até completar 10 ml e foram analisadas com lâmpadas de cátodo oco marca (analítica) no Espectrofotômetro de Absorção Atômica, Thermo 3000, devidamente calibrado conforme metodologia do fabricante.

A transparência observada em todos os lagos estudados foi determinada *in loco* usando um disco de Secchi (m).

Os perfis de temperatura T (°C), condutividade elétrica, pH e sólidos totais (TDS) e salinidade foram medidos *in loco* com uma sonda multiparamétrica AKSO para cada medição devidamente calibrados conforme fabricante (tabela 2).

Tabela 2 - Faixa, resolução e acurácia das sondas e equipamentos

<b>Medidor multiparametro AKSO (pH, TDS, Sal. Temp.)</b>			
<b>Variável</b>	<b>Faixa de medição</b>	<b>Resolução</b>	<b>Exatidão</b>
PH	2.00 a 16.00	0,01	±0.02
Condutividade	0.0 a 199,9 µS/cm	0,1 µS/cm	±2%FS
	200 a 1999 µS/cm	1 µS/cm	
	2,00 a 19,99mS/cm	0,01mS/cm	
	20.0 a 100.0 mS/cm	0,1mS/cm	
TDS	00 a 131,9 ppm	0,1 ppm	±2%FS
	132 a 1319 ppm	1 ppm	
	1,32 a 13,19 ppt	0,01 ppt	
	13,2 a 66,0 ppt	0,1ppt	
Salinidade	0,0 a 99,9 ppm	0,1 ppm	±2%FS
	1,0 a 9,99 ppm	1 ppm	
	1 a 9,99 ppt	0,01 ppt	
	1,0 a 9,99 ppt	0,1ppt	
Temperatura	0 a 50 °C	0,1	±0.5 °C
<b>Turbidímetro HANNA HI 98703</b>			
<b>Variável</b>	<b>Faixa de medição</b>	<b>Resolução</b>	<b>Exatidão</b>
<b>Turbidez</b>	0.00 a 9.99 NTU	0.01 NTU a partir 0.00 a 9.99 NTU	±2% lendo
<b>NTU</b>	10.0 a 9.99 NTU	0.1 NTU a partir 10.0 a 99.9 NTU	mais 0.02
	100 a 1000 NTU	1 NTU até 10.0 a 99.9	NTU
<b>Sonda oxigênio dissolvido HANNA HI98193</b>			
<b>Variável</b>	<b>Faixa de medição</b>	<b>Resolução</b>	<b>Exatidão</b>
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	0.00 a 50.00 mg/L/ 0.0 a 600% saturação	0.01 mg/L/0.1% saturação	±1.5 %
<b>Pressão Barométrica</b>	450 a 850 mmHg	1mmHg	±3mmHg dentro ±15% do ponto de calibração

<b>Temperatura</b>	-20.0 a 120 °C (-4.0 a 248.0 °F)	0.1 °C (0.1°F)	±0.2 °C (±0.4 °F) (excluindo erro da sonda)
<b>Sonda batimétrica</b>			
<b>Variável</b>	<b>Faixa de medição</b>	<b>Resolução</b>	<b>Exatidão</b>
<b>PROFUNDIDADE</b>	100M/328 feet	Feet/meter	0.6 M/2.0 Feet
<b>Fotômetro de chama Micronal-462</b>			
<b>Variável</b>	<b>Faixa de medição</b>	<b>Resolução</b>	<b>Exatidão</b>
Na- Sódio	0-100	<b>1</b>	
K-Potássio	0-100	<b>1</b>	<b>2%</b>
Li-Lítio	0-100	<b>1</b>	
<b>Espectrofotômetro Absorção atômica SOLAAR Série S</b>			
<b>Variável</b>	<b>Faixa de medição</b>	<b>Resolução</b>	<b>Exatidão</b>
<b>Mg-Magnésio</b>	180 a 900nm	Configuração EBERT com largura de banda nominal de 0,2; 0,5; e 1,0 nm	< 2 UA corrigido par < 2%
<b>Ca-cálcio</b>	185 a 760 nm	Configuração EBERT com largura de banda nominal de 0,2; 0,5; e 1,0 nm	< 2 UA corrigido par < 2%

Fonte: Martins, 2023.

## 6 ANÁLISE DE DADOS

Aplicou-se o teste de normalidade Kolmogorov Smirnov, para verificar- se as variáveis apresentariam distribuição normal e então efetuar o teste não paramétrico de nível de significância (p-valor) menor que 5%, ou,  $p < 0,05$ .

Sendo apresentado que os dados não são paramétricos. Anova (correlação de Pearson) de duas vias foi usado para determinar a correção linear. O teste Kruskal Wallis foi realizado para determinar a variância de fatores não paramétricos. Teste da Dunn para comparações múltiplas.

Para a realização das análises estatísticas e para os gráficos dos resultados foi utilizado programa de estatística software de programação Phyton.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 Variabilidade Sazonal da Temperatura

A variabilidade espaço-temporal para a temperatura nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na figura 5, e na tabela 3 estão os valores médios e desvio padrão observados.

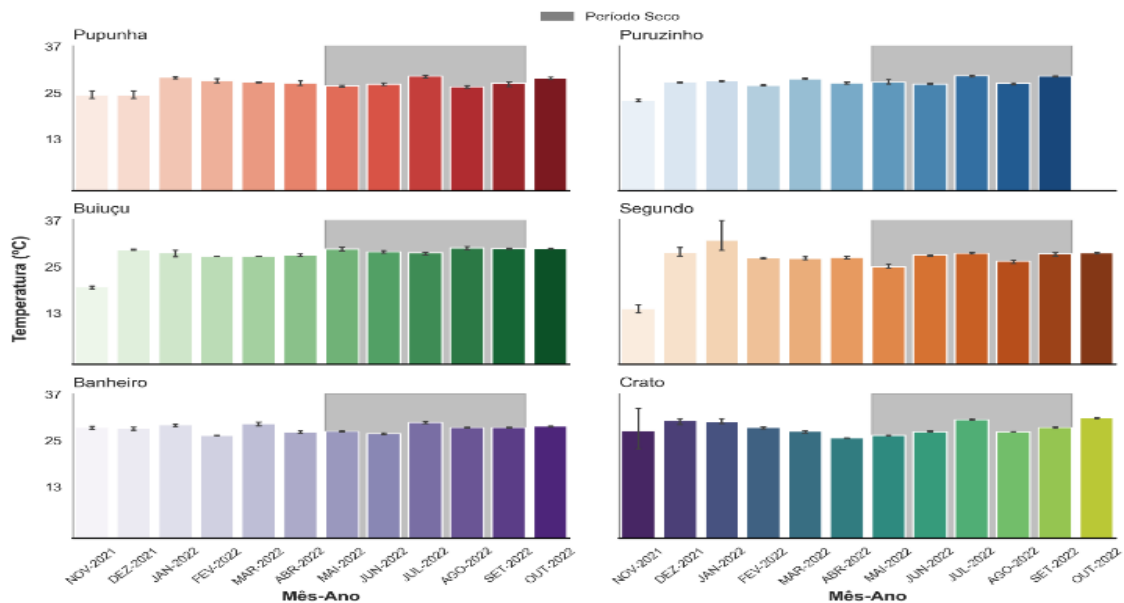
Tabela 3-Valor de média e desvio padrão da variável físico-química temperatura nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Média	27,31	27,6	27,16	28,37	27,4	29,43	26,59	27,37	28,27	28,23	28,69	28,09
D.P	1,93	1,04	1,88	0,99	3,23	0,6	5,55	1,43	1,03	1,03	2,42	1,44

\*D.P-Desvio padrão

Os resultados de medidas de temperatura a 0,5 m do lago Pupunha para a estação seca valor mínimo 26,70 C° e o valor máximo 29,60 C°, media para o período  $27,6 \pm 1,04$ , na estação chuvosa valor máximo 29,9 C° e o valor mínimo 24,57 C° media para o período  $27,31 \text{ C}^\circ \pm 1,93$ , para o lago Puruzinho na estação seca valor mínimo, 29,4 c° e o valor máximo 29,5 C°, media  $28,37 \text{ C}^\circ \pm 0,99$  para a estação chuvosa valor mínimo de 23,25 C°, e o valor máximo 28,73 C°, media  $27,16 \pm 1,88$ , lago segundo valor mínimo para o período seco 26,30 C° e o valor máximo de 28,50 C°, media  $28,23 \pm 1,03$  para o período chuvoso valor mínimo de 26,37 C° e o valor máximo de 31,97 C° media  $28,27 \pm 1,03$ .

Figura 3 - Sazonalidade da temperatura para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiúçu, Segundo, Banheiro, Crato.



Fonte: Martins, 2023.

No lago Buiúçu o valor máximo para estação seca com valor máximo de 29,5 C° e o valor mínimo de 29,4 C° media  $27,37 \pm 1,43$ , para estação chuvosa valor mínimo foi de 20,23C° e o valor máximo 29,53 C° media  $26,59 \pm 5,55$ , para o lago Banheiro na estação chuvosa com a mínima de 26,46 C° e máxima de 28,7 C° media  $28,69 \pm 2,42$ , período seco valor mínimo 27,5 C° e o valor máximo de 29,6 C° media  $28,09 \pm 1,44$ , para o Lago Crato na estação seca o valor mínimo 27,7 C° e o valor máximo 31,20 C° media  $29,43 \pm 0,6$ , valor mínimo para estação chuvosa 28,50 C° e o valor máximo 31,93 C° media  $27,4 \pm 1,43$ ,

As temperaturas observadas nos lagos Pupunha, Puruzinho, Buiúçu, Banheiro, não excederam 29,5 C° não impedindo o desenvolvimento e aceleração de reações químicas e bioquímicas nos ecossistemas em estudo (DAMO; ICKA, 2013). Exceto o lago Crato na estação seca com valor de 31,93 C°, e o lago segundo para estação chuvosa com valor de 31,97 C°.

As altas temperaturas reduzem o teor de oxigênio dissolvido da água, a taxa de fotossíntese, as taxas metabólicas de organismos aquáticos, e a sensibilidade dos organismos a resíduos tóxicos, parasitas e doenças que podem impactar severamente o ecossistema (FITO; BULTOSSA; KLOOS, 2019). As áreas alagadas e lagos do rio Amazonas demonstraram uma estratificação com temperatura diária cerca de 30 a 34 °C (J. JUNK, FERNANDEZ PIEDADE, et al., 2020). Em Iranduba no lago artificial para criação de quelônios registrou a menor temperatura no período sazonal (cheia) março com a temperatura mínima de 25,7 °C e a temperatura mais elevada no período seco com 32,5 °C (LOPES, 2021). A temperatura para os

seis lagos se manteve dentro das medidas para sazonalidade conforme a literatura para o período seco elevação da temperatura, porem este comportamento está dentro da normalidade.

## 7.2 Variabilidade Sazonal do Potencial Hidrogeniônico (pH)

A variabilidade espaço-temporal para o pH nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está representada na Figura 6 e na tabela 4 estão os valores médios e desvio padrão observados.

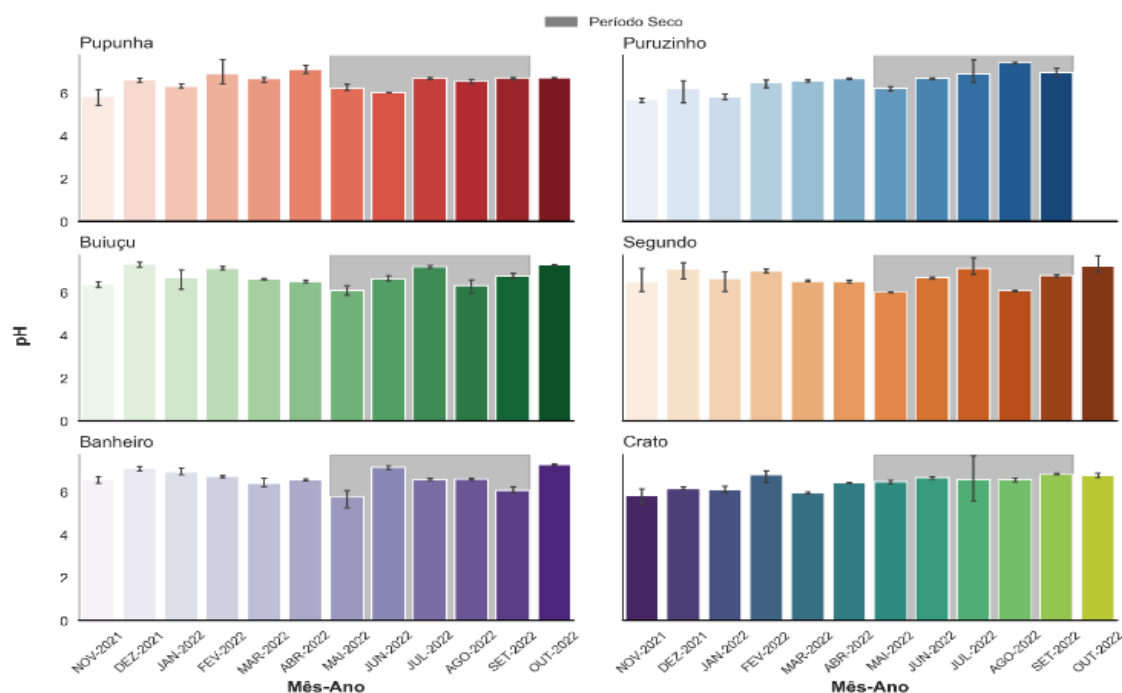
Tabela 4- Valor de média e desvio padrão da variável físico-química potencial hidrogênio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo. (pH) dos lagos Pupunha, Puruzinho, Buiucu, Segundo, Crato estão representados

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiucu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Média	6,6	6,43	6,24	6,82	6,86	6,61	6,79	6,54	6,8	6,44	6,3	6,63
D.P	0,46	0,29	0,44	0,47	0,4	0,43	0,42	0,47	0,32	0,53	0,4	0,42

\*D.P -Desvio padrão.

Os valores médios de pH para o lago pupunha para as estações, chuvosa valor mínimo de 6,1e valor máximo 7,12 media  $6,6 \pm 0,46$  e o valor mínimo para estação seca de 6,22 e o valor máximo de 6,54 (ligeiramente ácido a neutro) média para o período  $6,43 \pm 0,29$ , lago Puruzinho para a estação seca mínima 5,7 e máxima de 6,57, media  $6,82 \pm 0,47$  para estação chuvosa mínima 6,2 e a máxima de 7,42, media  $6,24 \pm 0,44$  (ligeiramente ácido a neutro). As médias mensais do pH da água do lago Buiucu para a estação seca variou com o valor mínima de 5,7 e o valor máximo de 6,89 (acido) média  $6,54 \pm 0,47$ .

Figura 4. Sazonalidade do pH para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato



Fonte: Martins, 2023.

Os valores máximos de pH para a estação chuvosa foi o valor mínimo de 7,09 e valor máximo de 7,42 (neutro) media  $6,79 \pm 0,42$ . Para o Lago Segundo para estação e seca com valor mínimo de 6,02 e valor máximo de 6,89 media  $6,44 \pm 0,53$ . Os valores máximos de pH para as estações chuvosas, valor mínimo de 6,51 e valor máximo de 7,09 media  $6,8 \pm 0,32$  (ligeiramente ácido a neutro).

Lago banheiro para a estação chuvosa variou com valor mínimo de 6,58 e valor máximo 7,10, media  $6,3 \pm 0,4$  e no período seco valor mínimo 5,78 e valor máximo de 7,16 (ligeiramente ácido a neutro) media  $6,63 \pm 0,42$ , Lago Crato para a estação chuvosa valor mínimo de 5,95 e o valor máximo 6,82 media  $6,86 \pm 0,4$ , para estação seca variou com valor mínimo de 6,48 valor máximo de 6,67 (ligeiramente ácido) media  $6,61 \pm 0,41$  (tab.04).

Os íons na água estão diretamente relacionados valores de pH, indicando que o valor mais baixo e mais alto de pH afeta os processos físico-químicos e bioquímicos que influenciam a sobrevivência e a saúde de vários seres vivos organismos do ecossistema (Poddar e Sahu, 2017). Para o lago de água preta em Belém do Para foram observados pH no período sazonal seco mínima de 4,7 e máxima de 6,3, para o período chuvoso mínima de 4,8 e máxima 6,9 (Silva, 2019). Na área rural do município de Rolim de Moura foram observados pH entre 5 e 9 com comportamento ácido a básico dentro dos períodos sazonais (FERNANDES; SOFFA, 2020).

Para dois lagos (lago verde) de inundação do rio tapajós apresentaram valores de pH 5,55 no período sazonal chuvoso, para o período de vazante 6,74, em contrapartida, o lago Jucurui apresentou pH 5,49 para estação cheia e pH 6,49 para vazante (ROCHA VIDAL, 2022). Corroborando com os lagos pesquisados com pH ácido a alcalino dentre os períodos sazonais cheia e vazante.

### 7.3 Variabilidade Sazonal da Concentração de Oxigênio Dissolvido

A variabilidade espaço-temporal para o oxigênio dissolvido nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na Figura 7, e na tabela 5 estão os valores médios e desvio padrão observados.

Tabela 5-Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável físico-química oxigênio dissolvido nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	3,61	4,14	2,77	4,32	5,25	4,25	4,28	6,45	4,89	4,24	4,32	5,51
D.P	2,23	2,7	1,62	2,15	1,7	1,24	2,72	0,54	1,56	1,47	1,67	0,57

\*D.P -Desvio padrão

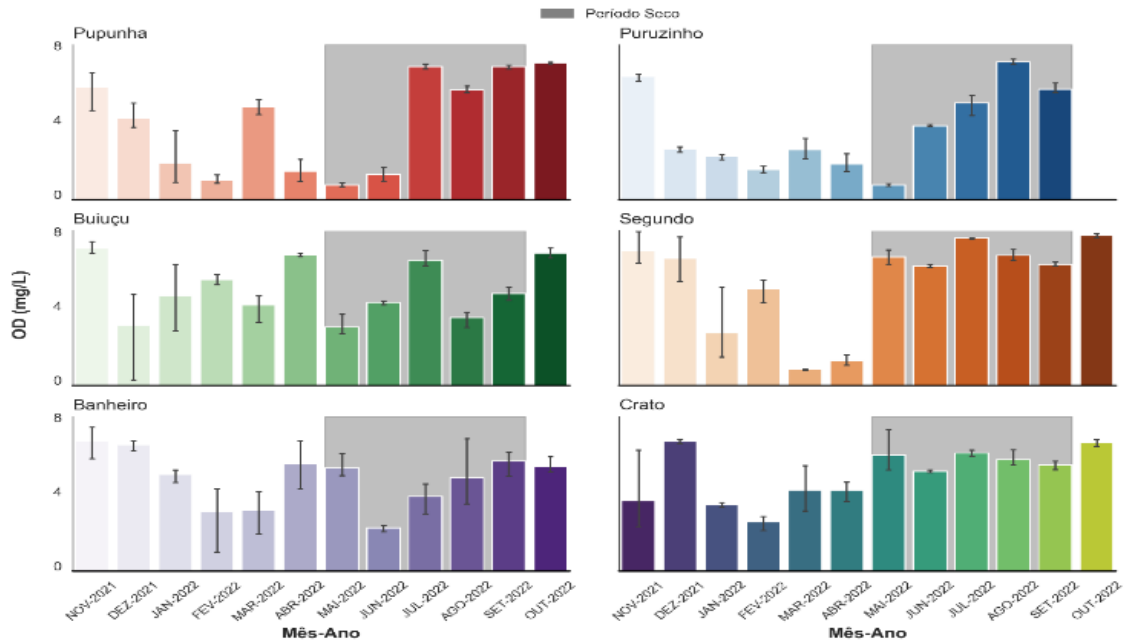
Os valores médios do oxigênio dissolvido para lago pupunha na estação chuvosa com valor mínimo de 1,6 mg/L e valor máximo 6,1 mg/L media  $3,61 \pm 2,23$  para estação seca com valor mínimo de 3,8 mg/L e valor máximo de 6,8 mg/L media  $4,14 \pm 2,7$ , O valor médio para oxigênio dissolvido na estação chuvosa para o lago Puruzinho tendo como valor mínimo de 1,77 mg/L e valor máximo 6,2 mg/L media  $2,77 \pm 1,62$  enquanto na estação seca valor mínimo de 0,73 mg/L e valor máximo de 6,86 mg/L media  $4,32 \pm 2,15$

Os valores médios de oxigênio dissolvido para o lago Buiuçu na estação chuvosa valor mínimo de 2,85mg/L e valor máximo de 6,83 mg/L média  $4,28 \pm 2,72$  para estação seca valor mínimo de 2,91 mg/L e o valor máximo de 6,25 mg/L media  $6,45 \pm 0,54$ , lago segundo na estação chuvosa valor mínimo de 1,23 mg/L e valor máximo de 6,72 mg/L média  $4,89 \pm 1,56$  para estação seca valor mínimo de 5,96 mg/L e valor máximo de 6,72 mg/L media  $4,24 \pm 1,47$ , lago banheiro para estação chuvosa valor mínimo de 1,83 mg/L e valor máximo 6,47 mg/L media  $4,32 \pm 1,67$ , estação seca valor mínimo de 2,16 mg/L e valor máximo 5,15 mg/L media  $5,51 \pm 0,57$ , para o lago Crato estação chuvosa tendo como valor mínimo de 2,47mg/L e valor



máximo 6,46 mg/L media  $5,25 \pm 1,7$  enquanto para estação seca valor mínimo de 4,99 mg/L e o valor máximo 6,12 mg/L media  $4,25 \pm 1,24$ .

Figura 5-Sazonalidade de oxigênio dissolvido para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.



Fonte: Martins, 2023.

As concentrações de oxigênio dissolvido nos lagos foram bem menores no período chuvoso, enquanto para o período seco foram maiores. O oxigênio dissolvido na água é necessário para respiração e metabolismo da maioria dos organismos aquáticos e afeta a solubilidade e disponibilidade de muitos nutrientes, portanto, determina a produtividade dos ecossistemas aquáticos (SMITH, 2002).

O oxigênio diminui durante o verão e aumenta constantemente no outono até o máximo no inverno, seguindo a lei da solubilidade dos gases (SHARMA; TIWARI, 2018). O comportamento do oxigênio dissolvido em dois lagos a margem direita do rio Tapajós para período sazonal cheia 5,93 mg/l, para vazante 4,40 mg/l para o lago verde, em contrapartida, para o lago Jucurui as concentrações de oxigênio dissolvido para o período de cheia 7,20 mg/L e no período da vazante 4,50 mg/L (ROCHA VIDAL, 2022). Conforme literatura para região amazônica as médias sazonais se comportaram similarmente com anóxia em meses diferentes, mas presentes em todos os lagos.

#### 7.4 Variabilidade Sazonal da Saturação

A variabilidade espaço-temporal para saturação de oxigênio dissolvido nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na Figura 6, e na tabela 6 estão os valores médios e desvio padrão observados.

Tabela 6-Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável física saturação nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo

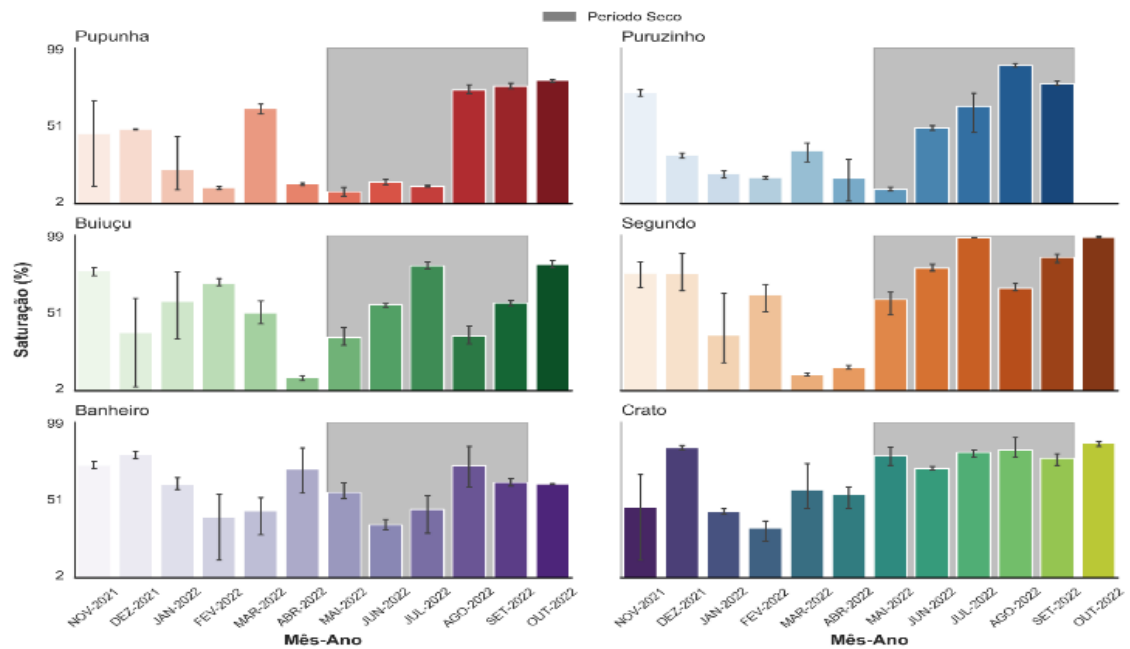
Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Média	39,81	36,33	31,61	57,65	54,35	52,24	53,18	77,38	60,39	53,16	57,04	77,47
D.P	26,95	32,13	20,44	29,06	26,9	17,69	14,99	17,34	17,34	15,65	22,42	6,39

\*D.P -Desvio padrão

A figura abaixo apresenta a série temporal da variável saturação de oxigênio dissolvido para o Lago Pupunha com valor mínimo de 10,49% e valor máximo de 65,33 % para o período chuvoso média  $39,81 \pm 26,95$  enquanto no período seco o valor mínimo de 7,93 % e o valor máximo foi de 72,93% media  $36,33 \pm 32,13$ , para o lago Puruzinho no período chuvoso valor mínimo de 16,47% e máxima de 71,5% media  $31,61 \pm 20,44$ , para período seco valor mínimo de 9,27 e valor máximo de 88,8 % media para o período  $57,65 \pm 29,06$ . O valor médio para o lago Buiuçu da saturação de oxigênio dissolvido (%) no período chuvoso com valor mínimo 26,03% e o valor máximo 83,53% media  $53,18 \pm 14,99$ , para o período seco, valor mínimo de 34,33% e valor máximo de 80,13% media  $77,38 \pm 17,34$ , para o lago Segundo no período chuvoso valor mínimo de 15,13%, e valor máximo de 75,57 %  $60,39 \pm 17,34$ , para o período seco valor mínimo de 58,85% e valor máximo de 98,25%  $53,16 \pm 15,65$ .

Para o lago Banheiro no período chuvoso com valor mínimo de 29,70% e valor máximo de 79,10% media  $57,04 \pm 22,47$ , para o período seco valor mínimo 33,83% e valor máximo de 54,87% media  $77,47 \pm 6,39$ , Lago Crato com valor mínimo de 31,97% e valor máximo de 83,33% para o período chuvoso média  $54,35 \pm 26,9$  para estação seca valor mínimo de 70,03% e valor máximo de 84,93% media  $52,24 \pm 17,69$ .

Figura 6-Sazonalidade da saturação (%) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.



Fonte: Martins, 2023.

A saturação de oxigênio é apoiada pelo fato de que lagos muito produtivos podem ser altamente supersaturados durante todo o dia (até 250%) no verão, indicando alta, enquanto lagos com alto aporte de matéria orgânica ou um súbito declínio a produção poderá ter níveis de saturação de oxigênio muito baixos (NIELSEN; LIBORIUSSEN *et al.*, 2013).

Nas águas superficiais dos lagos Resko Górne e o Lago Zamkowe, a OD% foi alta durante todo o ciclo vegetativo. Na primavera, o apresentaram os valores mais baixos de DO% que, em média, ascenderam a 85,5% e 87,3%, a maior concentração de OD% foi encontrado no Lago Nowogardzkie 126,8%. (SIWEK; WŁODARCZYK; CZERNIAWSKI, 2018).

Para o lago catalão no município de Iranduba as concentrações da saturação OD para período chuvoso entre 35% a 49% correlacionada a este lago a baixa saturação devido indicativo de matéria orgânica (LEAL RAMOS, 2020). Nas confluências no rio araguari foram aferidas a medidas de saturação no período seco 84,08% para a estação chuvosa 63,60% (LOPES, 2019). A saturação de oxigênio dissolvido pode ser perturbada por aeração, fotossíntese, respiração e decomposição, tendo variações com a mudança de temperatura e a salinidade. Desde modo a elevação pode variar entre 1 mg/L a 20 mg/L estando sujeito aos fatores de interação. Lagos podem variar a os valores de concentração de acordo com a sazonalidade, local e nível d profundidade (CORRÊA-NETA, 2022).

Embora a influência sazonal tenha sido estatisticamente evidenciada nos coeficientes da variabilidade, com alteração nos dados coletados e o percentual da saturação de oxigênio dissolvido demonstra os efeitos sazonais com consumo de oxigênio elencada, a entrada de nutrientes, o revolvimento de matéria orgânica atreladas a alta taxa de consumo nos lagos.

### 7.5 Variabilidade Sazonal da Concentração de Sólidos Totais dissolvidos

A variabilidade espaço-temporal para sólidos totais dissolvidos nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na figura 7, e na tabela 7 estão os valores médios e desvio padrão observados.

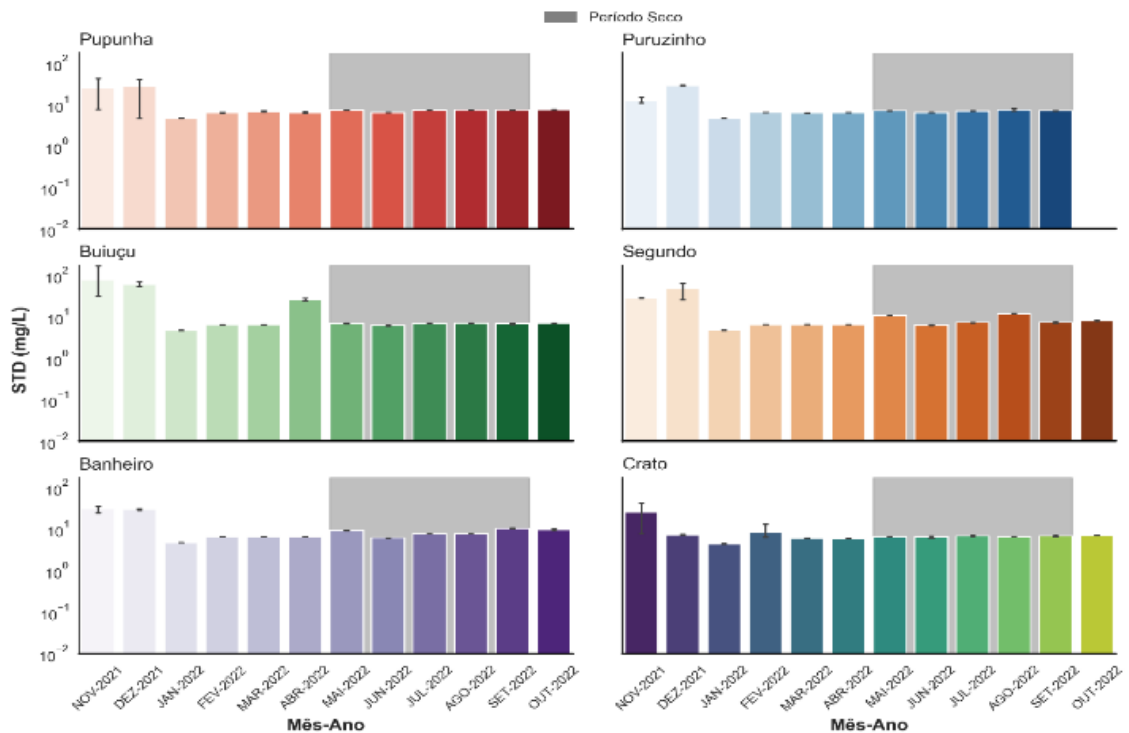
Tabela 7- Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável físico química sólidos totais dissolvidos nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudos

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Média	11,94	7,06	10,77	6,91	26,62	6,68	15,41	8,65	13,39	8,13	9,16	6,58
D.P	12,34	0,38	8,59	0,37	37,43	0,3	16,72	2,28	11,02	1,48	8,84	0,25

\*D.P- Desvio Padrão.

As concentrações de TDS para o lago pupunha durante a estação chuvosa valor mínimo 4,66 mg/L e valor máximo de 51,9 mg/L média para o período  $11,94 \pm 12,34$  e durante a estação seca valor mínimo 6,28 mg/L e valor máximo de 7,3 mg/L media  $7,06 \pm 0,38$ , para o lago Puruzinho na estação chuvosa valor máximo 28,53 mg/L e valor mínimo de 4,68 mg/L media  $10,77 \pm 8,59$ , para período seco valor mínimo 6,36 mg/L e valor máximo 7,32 mg/L media  $6,91 \pm 0,38$ .

Figura 7-Sazonalidade de sólidos totais para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.



Fonte: Martins, 2023.

A variabilidade espaço-temporal para a temperatura nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na Figura 5, e na Tabela 3 estão os valores médios e desvio padrão observados

No lago Buiuçu para estação chuvosa valor mínimo de 4,63 mg/L e valor máximo de 76,23 mg/L media  $15,41 \pm 16,72$ , para estação seca valor mínimo 6,14 mg/L e valor máximo de 6,87 mg/L media  $6,91 \pm 0,37$ , Lago segundo para estação chuvosa valor mínimo 6,43 mg/L e valor máximo de 47,31 mg/L  $13,39 \pm 11,32$ , para estação seca valor mínimo 6,30 mg/L, e valor máximo 10,78 mg/L media  $8,65 \pm 2,28$ , lago Banheiro na estação chuvosa valor mínimo de 4,67 mg/L e valor máximo de 30,53 mg/L media  $9,16 \pm 8,84$ , para estação seca valor máximo de 9,24 mg/L, valor mínimo de 6,20 mg/L  $6,58 \pm 0,25$ , lago Crato para estação chuvosa com valor máxima de 13 mg/L e valor mínimo de 4,42 mg/L media  $26,62 \pm 37,43$ , estação seca valor máximo de 7,11 mg/L, com valor mínimo de 6,27 mg/L media  $6,68 \pm 0,3$ .

As concentrações de TDS durante a estação chuvosa foram menores que durante a estação seca. Este resultado foi em contraste com alguns estudos que relataram que a concentração de TDS durante a estação chuvosa geralmente é mais baixa em relação à estação

seca devido ao efeito de diluição. Podendo ser atribuído ao fluxo de água durante o período úmido que está relacionada com um grande volume de água e expansão do lago. (Dinka, 2017b).

A alta concentração de TDS em águas subterrâneas foi 48,90 mg/L no lago Nigéria. Com uma diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para TDS sendo observado na estação chuvosa variando significativamente ( $p < 0,05$ ) na estação seca. Podendo ser atribuído a vários fatores relacionados aos períodos da estação chuvosa. Isso pode ser atribuído ao grande volume de água escoando pela superfície. (Sewanu Akoteyon, Balogun e Okanlawon Soneye, 2018). A avaliação da bacia do educando em Manaus foi encontrada valores de 86 mg/L para o período seco e 73 mg/L para período de cheia, sendo atribuído tais valores a baixa quantidade de chuva para diluição (Corrêa Neta, 2022). Os valores de sólidos totais dissolvidos para os seis lagos se encontram equivalentes e maiores no período sazonal chuvoso com entrada de nutrientes para estes ambientes.

#### 7.6 Variabilidade Sazonal da Salinidade

A variabilidade espaço-temporal para salinidade nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na Figura 10, e na tabela 8 estão os valores médios e desvio padrão observados.

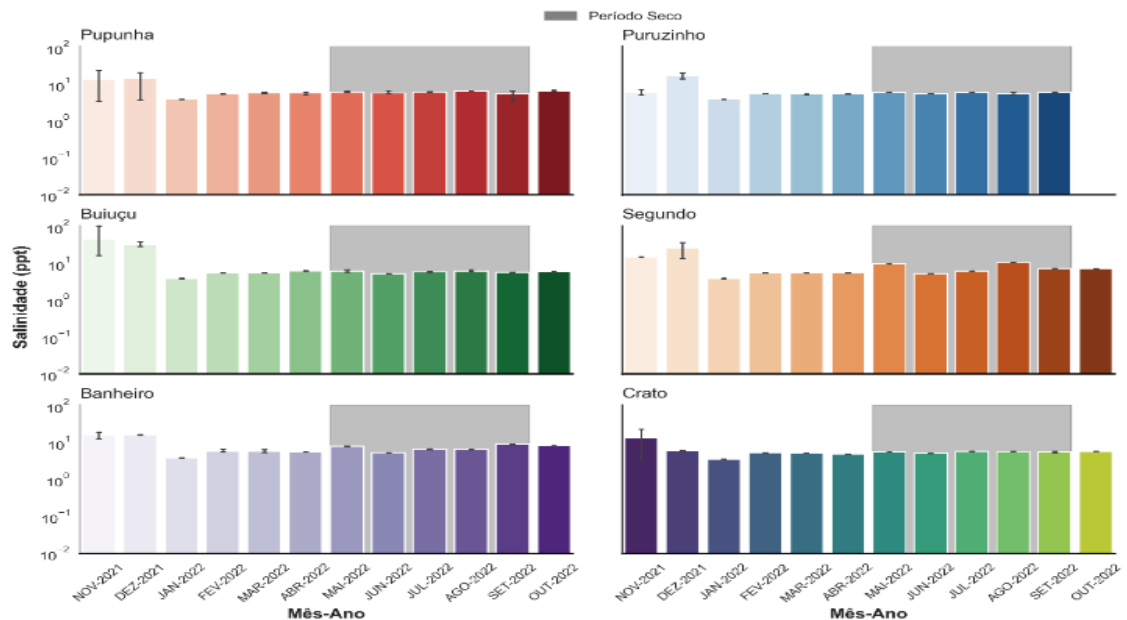
Tabela 8-Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável físico química salinidade nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	7,92	6,02	7,23	5,85	15,17	5,9	9,88	7,91	8,94	7,19	6,4	5,61
D.P	5,84	0,79	4,86	0,28	22,73	0,43	8,57	2,13	5,09	1,37	4,45	0,24

\*D.P-Desvio padrão.

Para o Lago Pupunha no período sazonal seco com valor mínimo de 5,39 ppt e valor máximo de 6,24 ppt media para o período  $6,02 \pm 0,79$  e para período chuvoso valor mínimo de 3,89 ppt e valor máximo 29,33 ppt  $7,92 \pm 5,84$ , lago Puruzinho valor mínimo para o período chuvoso valor mínimo de 3,90 ppt e valor máximo de 28,53 ppt media  $7,23 \pm 4,86$  para o período seco valor mínimo de 5,5 ppt e valor máximo 6,1 ppt media  $5,85 \pm 0,28$ , lago Buiuçu para estação seca valor mínimo de 5,30 ppt e valor máximo de 6,20 ppt media  $7,91 \pm 2,13$ , para estação chuvosa com valor mínimo de 3,85 ppt e valor máximo 45,93 ppt, media  $9,88 \pm 8,57$ .

Figura 8-Sazonalidade da salinidade para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato



Fonte: Martins, 2023.

Lago segundo com valor mínimo para o período chuvoso de 3,92 ppt e valor máximo 26,33 ppt media  $8,94 \pm 5,09$ , para o período seco valor mínimo de 5,42 ppt e valor máximo de 9,78 ppt, media  $7,19 \pm 1,37$ , para o lago banheiro para estação seca valor mínimo de 8,16 ppt e valor máximo 8,23 ppt media  $5,61 \pm 0,24$ , para o período chuvoso com valor mínimo de 3,90 ppt e valor máximo de 16,43 ppt media  $6,4 \pm 4,45$ , para o lago Crato valor mínimo para o período chuvoso de 3,65 ppt e valor o máximo de 6,60 ppt media  $15,17 \pm 22,73$ , para o período seco valor mínimo de 5,21 ppt e valor máximo de 6,06 ppt media  $5,9 \pm 0,43$ .

Farias (2020) encontrou em lagos de água preta na região amazônica com valores para salinidade entre 0,10 e 0,020 ppt, atribuindo tais concentrações ao volume de matéria orgânica e a precipitação. A avaliação de quatro lagos rasos no Amapá demonstrou maiores durante a estação seca e menores na estação chuvosa (Cunha, 2018). Para o estuário amazônico a salinidade comportou na sazonalidade com maior concentração no período seco e menor no período chuvoso (Silva, 2021). Com as diferenças para águas amazônicas, lagos de águas brancas tem uma carga de eletrólitos maior de origem andina enquanto águas oriundas de das varzeas de preta pobres em eletrólitos (SIOLI, 1950).

### 7.7 A variabilidade Sazonal da condutividade

A variabilidade espaço-temporal para condutividade nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade esta apresentada na figura 11 e na tabela 09 estão os valores médios e desvio padrão.

Tabela 9-Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável físico química condutividade nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.

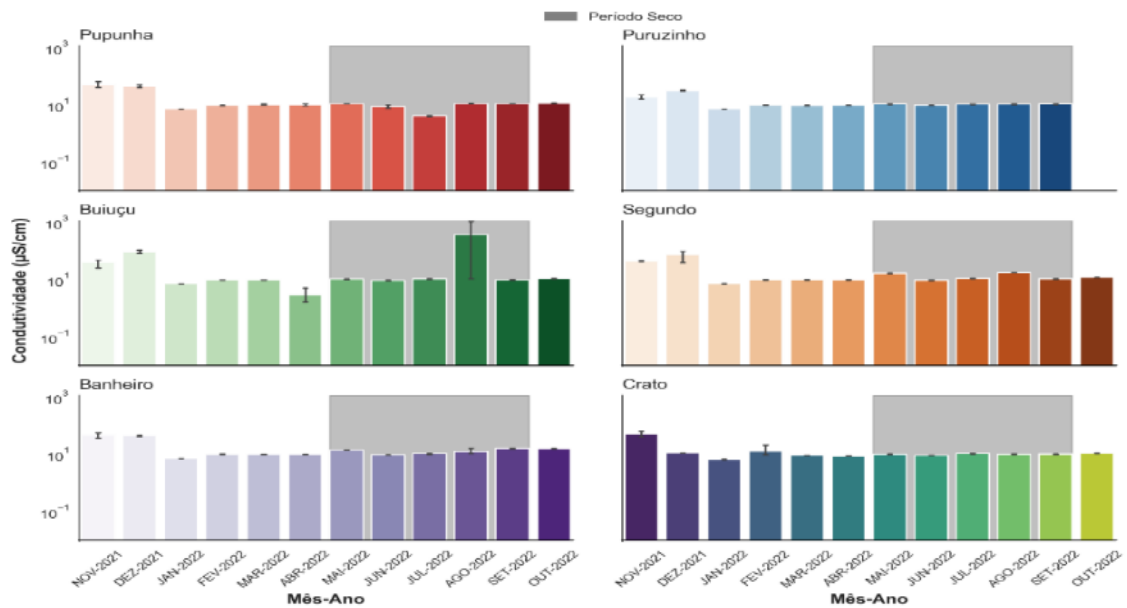
Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	20,58	9,17	14,38	10,41	24,65	81,53	23,68	12,97	20,63	12,58	15,93	9,99
D.P.	18,23	2,88	8,85	0,41	30,91	76,77	25,81	3,43	16,84	2,74	15,62	0,5

\*D.P -Desvio padrão

As médias mensais para os períodos seco e chuvoso para condutividade para o lago pupunha com valor mínimo para o período chuvoso 9,61  $\mu\text{s}$  e valor máximo de 79,97  $\mu\text{s}$  media  $20,58 \pm 18,53$  para o período seco valor mínimo de 9,4  $\mu\text{s}$  e valor máximo de 11,4  $\mu\text{s}$ , media  $9,17 \pm 2,88$ . As médias mensais nos períodos seco e chuvoso para condutividade para o lago Puruzinho valor mínimo para o período chuvoso 7,10  $\mu\text{s}$  e o valor máximo 31,63  $\mu\text{s}$  media  $14,38 \pm 8,35$  para o período seco valor mínima de 9,69  $\mu\text{s}$  e o valor máxima de 10,7  $\mu\text{s}$  media  $10,41 \pm 0,41$ , no lago Buiuçu para o período seco valor mínimo de 9,33  $\mu\text{s}$  e valor máximo de 10,48  $\mu\text{s}$  media  $12,97 \pm 2,74$ , para período chuvoso com valor mínimo de 7,06  $\mu\text{s}$  e o valor máximo de 117,67  $\mu\text{s}$  media  $20,63 \pm 16,84$ .



Figura 9-sazonalidade da condutividade para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.



Fonte: Martins, 2023

Lago Segundo para estação chuvosa variou com valor mínimo de 7,17  $\mu\text{S}$  e o valor máximo de 72,83  $\mu\text{S}$  média  $20,63 \pm 16,84$ , na estação seca valor mínimo de 9,49  $\mu\text{S}$  e o valor máximo de 16,47  $\mu\text{S}$  media  $12,58 \pm 2,74$ , lago Banheiro para estação chuvosa valor mínimo de 9,89  $\mu\text{S}$  e o valor máximo de 46,83  $\mu\text{S}$  media  $15,93 \pm 15,62$ , na estação seca valor mínimo de 9,47  $\mu\text{S}$  e o valor máximo de 14,16  $\mu\text{S}$  media  $9,99 \pm 0,5$ , lago Crato variou com valor mínimo de 9,98  $\mu\text{S}$  e o valor máximo de 13,92  $\mu\text{S}$  para estação chuvosa media  $24,65 \pm 30,91$ , na estação seca valor mínimo de 9,19  $\mu\text{S}$  e o valor máximo de 9,98  $\mu\text{S}$  media  $81,53 \pm 76,77$ .

A atribuição a alta variação dos valores de condutividade elétrica é um dos indicadores de deterioração da qualidade da água ao longo das estações, a condutividade elétrica máxima durante a estação chuvosa foi 80  $\mu\text{S}$ , mínima 15  $\mu\text{S}$  durante a estação seca.

De acordo com Olumana, Loiskandl e Furst (2009a), a condutividade elétrica de 10,70  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e Sharifinia (2013), tem valor médio de  $357,7 \pm 131,2$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O teste anova para condutividade elétrica não mostrou diferença significativa entre estação chuvosa e na estação seca nas amostras de água do lago. Para o lago Tupé na confluência com o rio negro, tendo a condutividade média de 9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo atribuído a baixa quantidade de nutrientes.

No Lago Beseka a variação sazonal da condutividade elétrica pode ser devido aos diferentes fatores antropogênicos e poluentes naturalmente induzidos, como inorgânicos e orgânicos e poluentes oriundos do escoamento. A elevação da condutividade elétrica pode ser

atribuída à geologia da área do lago. De acordo com a FAO (Elias e Brook, 2016), os níveis de condutividade elétrica acima 2.250  $\mu\text{s}/\text{cm}$  reduzem o uso de água para irrigação (Assad, 2022). As médias sazonais se encontram dentro dos padrões com influência das cheias e atenuação dos valores devido a erosão e a fluatibilidade climática.

### 7.8 Variabilidade Sazonal da Turbidez

A variabilidade espaço-temporal para a turbidez dos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na Figura 12, e na tabela 10 estão os valores médios e desvio padrão observados.

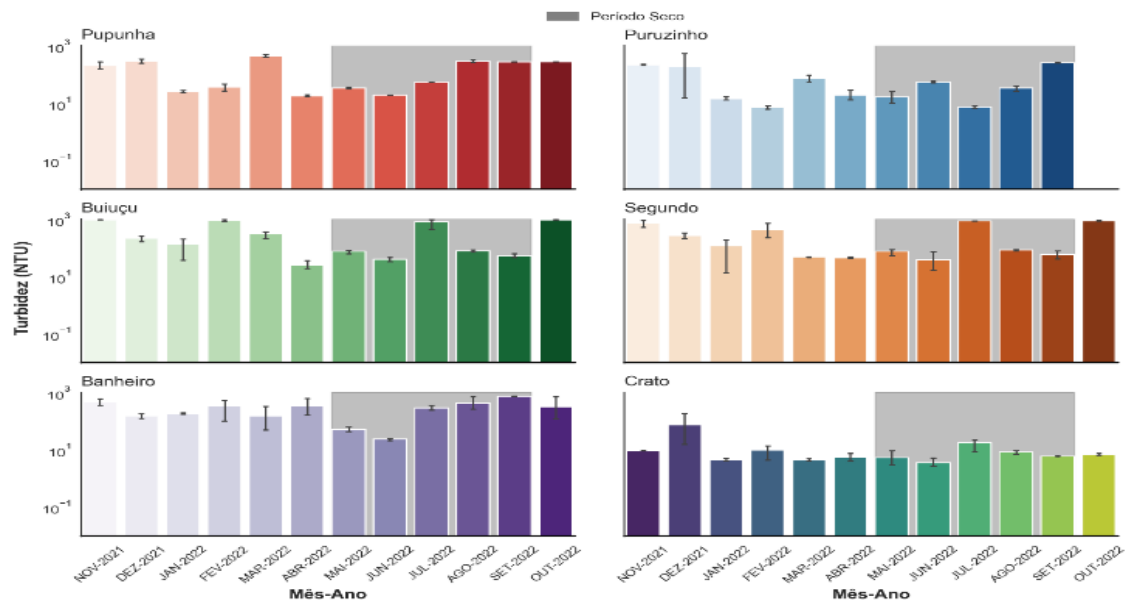
Tabela 10- Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável física turbidez nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Média	192,26	137,65	90,31	75,95	513	214,36	370,31	232,25	281,93	314,73	16,62	8,34
D.P.	165,42	128,4	142,28	99,29	414,21	335,61	345,53	345,68	201	295,23	40,17	6,25

\*D.P -Desvio padrão.

As medidas mensais para o Lago pupunha no período seco com valor mínimo de 35 NTU média  $137,65 \pm 128,4$  e valor máximo de 292 NTU e para da estação chuvosa valor mínimo 211,33 NTU e valor máximo de 450 NTU média  $192,26 \pm 165,42$ , para o lago Puruzinho no período seco valor mínimo 16,83 NTU e máximo de 264,7 NTU média  $75,95 \pm 99,29$  e para a estação chuvosa valor mínimo de 7,30 NTU e valor máximo de 225,67 NTU média  $90,31 \pm 142,28$ .

Figura 10-sazonalidade da turbidez para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiçu, Segundo, Banheiro, Crato.



Fonte: Martins, 2023.

Lago Buiçu período chuvoso valor mínimo de, 38,87 NTU e valor máximo de 895 NTU media  $370,71 \pm 345,68$  para o período seco valor mínimo de 46,10 NTU e valor máximo de 745 NTU media  $281,93 \pm 201$ , para o lago segundo valor mínimo de 38,87 NTU e valor máximo de 895 NTU no período seco media  $314,73 \pm 295,23$  e para a estação chuvosa valor mínimo de 46,10 NTU e valor máximo de 745 NTU  $314,73 \pm 295,23$ . Lago Banheiro no período seco valor mínimo de 23,87 NTU e valor máximo de 57,73 NTU media  $8,34 \pm 6,25$ , para a estação chuvosa valor mínimo de 158 NTU e valor máximo de 464,33 NTU  $16,62 \pm 40,17$ , lago Crato no período chuvoso valor mínimo de 4,54 NTU e valor máximo de 75,30 NTU media  $513 \pm 414,21$  e para a estação seca valor mínimo de 3,65 e valor máximo de 22,87 NTU media  $214,36 \pm 345,68$ .

A turbidez é usada para medir a claridade relativa ou turvação da água, principalmente associada a presença de material particulado, siltes e coloidal. No Lago Beseka um dos principais fatores para a alta turbidez da água pode estar relacionado com a rápida expansão do nível do lago.

Assim, um estudo na África do Sul relatou valores de turbidez de água de poço variando de  $20,3 \pm 4,4$  a  $40,9 \pm 3,9$  em diferentes estações (Palamuleni e And Mercy , 2015). Em outros estudos relatou-se uma tendência de altos valores da turbidez da água variando de 40 a 92 NTU,

com valor médio anual de 50 NTU, significativamente superior ao limite de 5 NTU recomendado para água potável (EWAID; ABED, 2017).

Nessa mesma vertente podemos dizer que no verão indiano foi realizado um estudo de um lago, sendo encontrado um valor de pico de turbidez de 24 NTU, que foi atribuído à vegetação e partículas coloidais na água (UMERFARUQ, 2015). Em estudos na lagoa da batata em oximiná noroeste do Para foram encontrados valores 12,63 a 0,60 NTU estes valores foram atribuídos a profundidade do lago e a circulação de vento (IOLLANDA, 2021). Para os seis lagos as médias sazonais foram altas para cinco lagos apenas um no período seco esteve dentro da normalidade, a alta turbidez destes pode estar ligada a entrada de água do rio madeira e a declividade no período sazonal seco

A alta turbidez não é adequada para muitos usos, pois constitui uma ameaça ao ambiente e à saúde pública.

#### 7.9 Variabilidade Sazonal da Concentração de Sódio

A variabilidade espaço-temporal para o sódio nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na Figura 11, e na tabela 11 estão os valores médios e desvio padrão observados.

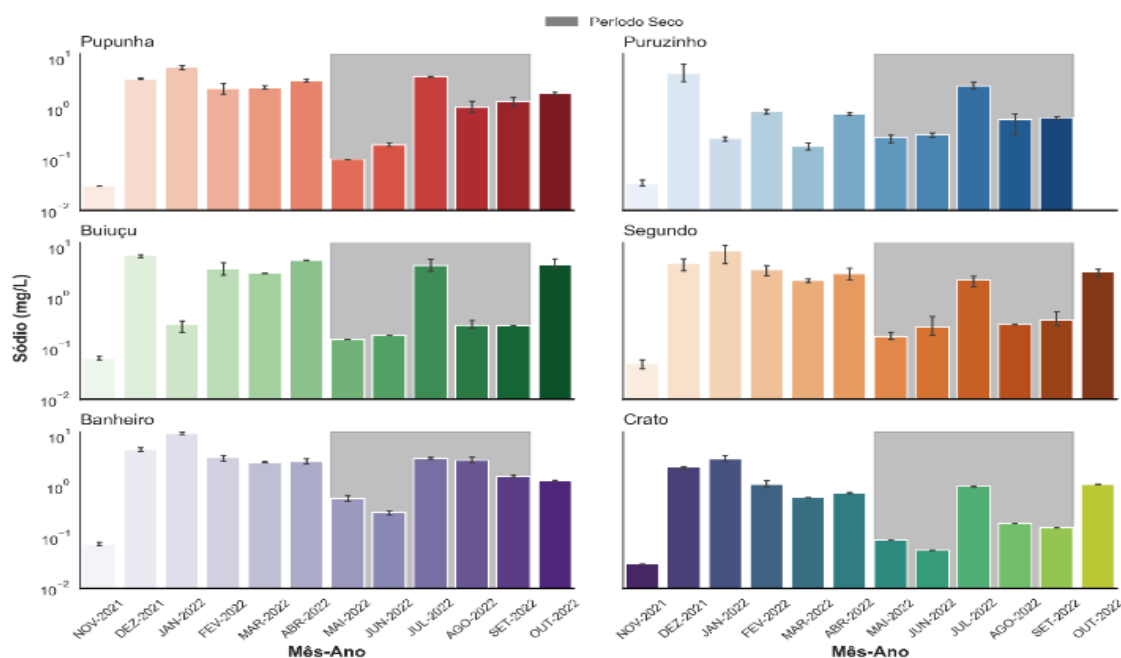
A concentração média de sódio do lago Pupunha variou com valor mínimo de 0,17 mg/L e valor máximo 3,55 mg/L durante o período chuvoso média  $3 \pm 1,91$  e no período seco valor mínimo foi de 0,1mg/L e valor máximo de 4,27 mg/L media  $1,4 \pm 1,58$ , lago Puruzinho durante a estação chuvosa valor mínimo de 0,003 mg/L e valor máximo de 4,98mg/L media  $11,19 \pm 1,95$ , para período seco valor mínimo de 0,3 mg/L e valor máximo de 2,28mg/L media  $0,93 \pm 1,01$ .

Tabela 11-Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável química sódio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	3	1,4	11,19	0,93	3,41	1,03	3,6	0,67	3,99	1,87	1,37	0,3
D.P	1,91	1,58	1,95	1,01	2,45	1,74	2,73	0,84	3,48	1,42	1,15	0,37

\*D.P -Desvio padrão.

Figura 11-sazonalidade de sódio para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato.



Fonte: Matins, 2023.

A concentração média de sódio do lago Buiuçu para período chuvoso variou com valor mínimo de 0,06 mg/L e valor máximo de 5,42 mg/L media  $3,6 \pm 2,73$ . Para o período seco valor mínimo de 0,15 mg/L e valor máximo de 4,28mg/L media  $0,67 \pm 0,84$ , lago segundo durante o período chuvoso valor mínimo de 0,05mg/L e valor máximo de 7,58 mg/L media  $3,99 \pm 3,48$  no período seco variando com valor mínimo de 0,17 mg/L e valor máximo de 2,52mg/L media  $1,87 \pm 1,42$ , lago Banheiro variou durante o período chuvoso com valor mínimo 0,07mg/L e máximo de 11,32 mg/L media  $1,37 \pm 1,15$ , no período seco, valor mínimo de 0,30 mg/L e máximo de 0,58 mg/L media  $0,3 \pm 0,37$ , lago Crato variou durante o período chuvoso valor mínimo de 0,03mg/L e valor máximo 3,28 mg/L media  $3,41 \pm 2,45$ , no período seco valor mínimo de 0,09 mg/L e valor máximo de 2,09 mg/L media  $1,03 \pm 1,74$ .

Para Anekar e Dongare, 2021 Observou um alto valor de sódio (16,4 mg/L) durante o verão devido ao baixo volume de água e alta taxa de evaporação, enquanto a baixa concentração (8,55mg/L) de sódio no inverno devido à utilização de sódio pelo plâncton e outros organismos aquáticos. Levantamento realizado no lago lunar na região amazônica foram observados valores de sódio a 2,135 mg/L com a água do lago com pH 9,8 alcalina (Nishikant, 2018), para bacia do tapájos os valores de sódio encontrados variaram entre 1,50 e 2,27 mg/L, esta bacia apresenta condições muito ácidas e pobres em eletrólitos (Ríos, 2013), estudo realizado na lagoa mamiá no município de Coari observaram uma concentração de sódio entre 1,4 e 1,6 g/L influenciado

pelo pulso de inundação (Serique, 2017). As médias sazonais para os dois períodos foram equivalentes conforme autores citados como para esses lagos a origem do sodio pode estar atribuída a precipitação e a alimentação do rio madeira.

#### 7.10 Variabilidade Sazonal da Concentração de Potássio

A variabilidade espaço-temporal para o potássio nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade esta apresentada na Figura 14, e na Tabela 12 estão os valores médio e desvio padrão observados.

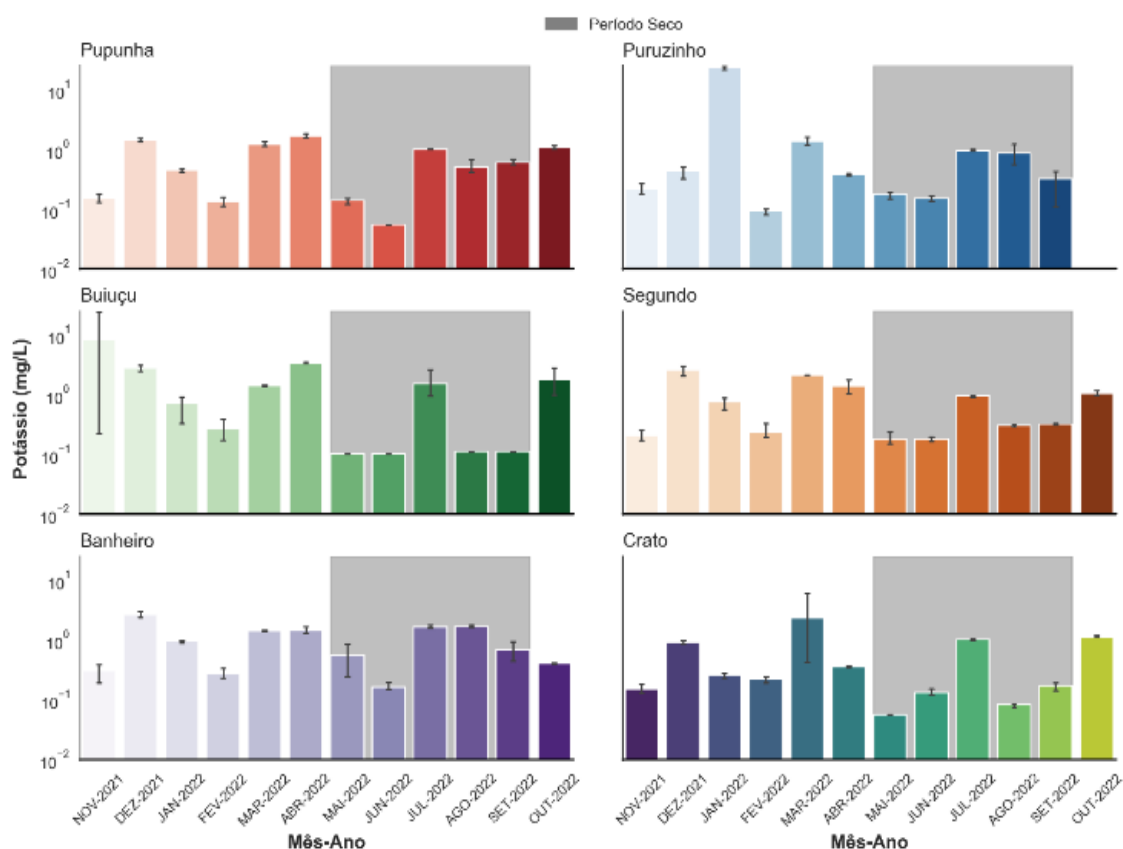
Tabela 12-Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável química potássio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	0,87	0,46	4,29	0,5	2,66	0,39	1,19	0,38	1,06	0,94	0,77	0,29
D.P	0,59	0,36	8,77	0,39	5,03	0,69	0,89	0,29	0,83	0,65	1,27	0,38

\*D.P -Desvio padrão.

As concentrações médias de potássio para o lago Pupunha no período chuvoso com valor mínimo de 0,16 mg/L e valor máximo de 1,65 mg/L média  $0,87 \pm 0,59$ , para o período seco valor mínimo de 0,5 mg/L e valor máximo de 1,01 mg/L media  $0,46 \pm 0,36$ , lago Puruzinho período chuvoso valor mínima de 0,09 mg/L e valor máximo de 23,27mg/L media  $4,29 \pm 8,77$ , para o período seco valor mínimo de 0,3 mg/L e valor máximo de 1 mg/L media  $0,5 \pm 0,39$ .

Figura 12 sazonalidade do potássio para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiçu, Segundo, Banheiro, Crato.



Fonte: Martins, 2023.

No Lago Buiçu com valor mínimo de 1,41 mg/L e valor máximo de 8,20 mg/L para estação chuvosa média  $1,19 \pm 0,89$ , para período seco valor mínimo de 0,1 mg/L e valor máximo de 1,99 mg/L  $0,38 \pm 0,29$ , lago Segundo com valor mínimo de 0,21 mg/L e valor máximo de 1,41 mg/L no período chuvoso media  $1,06 \pm 0,83$ , para o período seco valor mínimo de 0,18 mg/L e valor máximo de 0,98 mg/L media  $0,94 \pm 0,65$ , lago Banheiro para período chuvoso com valor mínimo de 0,30 mg/L e valor máximo de 2,67 mg/L media  $0,77 \pm 1,27$ , para o período seco valor mínimo de 0,16 mg/L e valor máximo de 0,55 mg/L média  $0,29 \pm 0,38$ , lago Crato durante a estação chuvosa com valor máximo de 0,73 mg/L e valor mínimo de 0,05 mg/L media  $2,66 \pm 5,03$ , para estação seca valor mínimo de 0,33 mg/L e valor máximo de 1,23 mg/L media  $0,39 \pm 0,69$ . A concentração de potássio foi superior aos valores da estação seca, tendo uma diferença significativa nas concentrações de potássio durante todo período chuvoso.

Em um estudo no vale do Rift Etíope foi encontrado uma alta concentração de potássio (45,8mg/L) e magnésio (116,10 mg/L) em muitas fontes de águas superficiais e subterrâneas (Reimann, 2003). Em muitas diretrizes da qualidade da água, não estabelece restrições para

potássio e magnésio sobre a saúde humana. Mas para a saúde pública há efeitos ecológicos, elevadas concentrações, atribuídas a minerais em solos locais e rochas do leito. (Dinka, 2012). Para bacia do tapájos os valores de potássio encontrados variaram entre 0,93 e 0,43 mg/L, sendo atribuído a esta bacia por apresentar condições muito ácidas e pobres em eletrólitos (Ríos, 2013), estudo realizado na lagoa mamiá no município de Coari observaram uma concentração de potássio entre 0,9 e 1,0 g/L influenciado pelo pulso de inundação (Serique, 2017). Os valores para o potássio nos seis lagos comportaram dentro da sazonalidade essas médias podem estar ligadas a precipitação e a erosividade de rochas.

### 7.11 Variação Sazonal da Concentração de Cálcio

A variabilidade espaço-temporal para o cálcio nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na Figura 14, e na Tabela 13 estão os valores médios e desvio padrão observados.

Tabela 13- Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável química cálcio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.

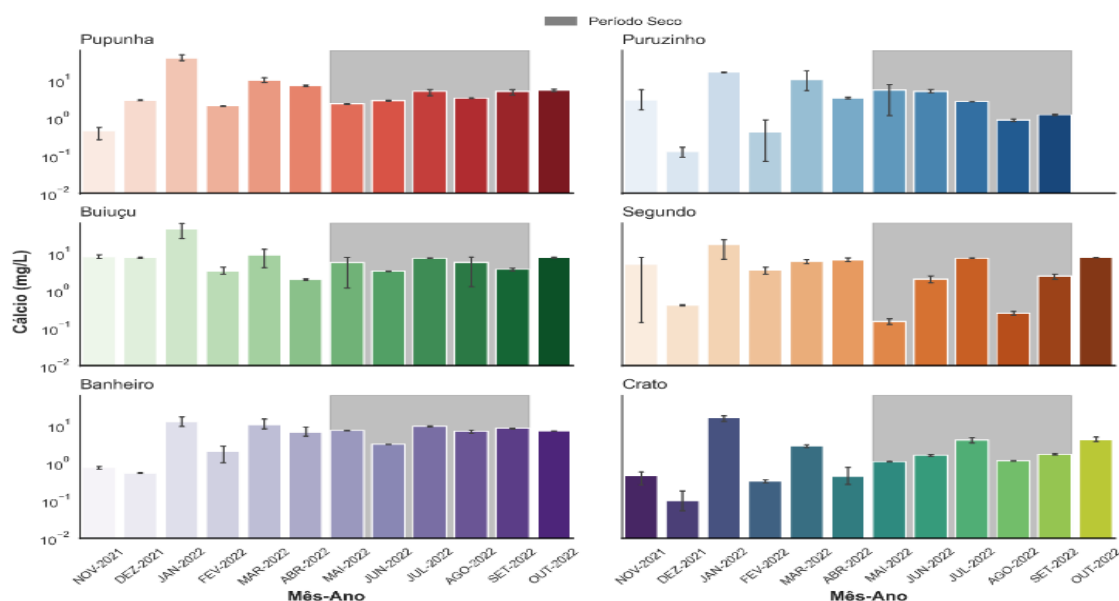
Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	9,88	3,82	5,74	3,12	11,77	5,11	6,58	2,43	5,78	7,1	3,5	1,93
D.P	13,39	1,29	6,7	2,48	15,37	2,54	5,75	2,7	5,05	2,26	5,51	11,16

\*D.P -Desvio padrão.

As concentrações médias de cálcio do lago Pupunha variaram no período chuvoso com valor mínimo de 2,3 mg/L e valor máximo 32,88 mg/L média  $9,88 \pm 13,39$ , no período seco valor mínimo de 1,95 mg/L e valor máximo de 3,45 mg/L média  $3,82 \pm 1,29$ , para lago Puruzinho período seco com valor mínimo de 0,89 mg/L e valor máximo de 7,79 mg/L media  $3,12 \pm 2,48$ , para o período chuvoso com valor mínimo de 0,43 mg/L e valor máximo de 16,85 mg/L media  $5,74 \pm 6,7$ , lago Buiuçu para o período seco com o valor mínimo de 3,29 mg/L e valor máximo de 7,29 mg/L media  $2,43 \pm 2,7$  para o período chuvoso valor mínimo de 1,42mg/L e valor máximo de 55,23 mg/L media  $6,58 \pm 5,75$ .



Figura 13-Sazonalidade do cálcio para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato



Fonte: Martins, 2023

Lago Segundo período seco valor mínimo de 0,15 mg/L e o valor máximo de 7,27 mg/L media  $7,1 \pm 2,26$  para o período chuvoso valor mínimo de 3,58 mg/L e valor máximo de 14,74 mg/L ,média  $5,78 \pm 5,05$ , lago Banheiro para o período seco com valor mínimo de 3,17 mg/L e valor máximo de 7,37 mg/L média  $1,93 \pm 11,16$ , para o período chuvoso com valor mínimo de 0,76 mg/L e valor máximo de 15,39 mg/L média  $3,5 \pm 5,51$  , Lago Crato para o período seco valor mínimo de 1,09 mg/L e valor máximo de 3,63 mg/L média  $5,11 \pm 2,54$  , período chuvoso com valor mínimo de 0,47 mg/L e máxima de 16,01 mg/L media  $5,11 \pm 2,54$ .

O teor de cálcio variou significativamente sazonalmente nas amostras coletadas do lago, semelhante ao padrão dos demais parâmetros físico-químicos, em muitos lagos, cálcio, magnésio são os produtos químicos dominantes. No vale Rift na Etiópia foram encontradas altas concentrações de cálcio 196,50 mg/L, observadas em ambas estações, devido ao efeito sazonal ou as atividades como irrigação extensiva, variabilidade climática e processos vulcânicos (Reimann, 2003). Para bacia do tapájos os valores de cálcio encontrados variaram entre 0,52 a 2,85 mg/L, sendo atribuído a esta bacia por apresentar condições muito ácidas e pobres em eletrólitos (Ríos, 2013), estudo realizado na lagoa mamiá no município de Coari observaram uma concentração de calcio entre 12,9 e 9,1 g/L influenciado pelo pulso de inundação (SERIQUE, 2017).

As concentrações de cálcio variaram respectivamente na estação chuvosa e foram maiores que na estação seca. Indicando que variabilidade sazonal influenciou a concentração desta variável nos lagos, podendo o cálcio ser originado de erosões rochosas, evidenciando a maior concentração na estação cheia.

### 8 Variação Sazonal da Concentração de Magnésio

A variabilidade espaço-temporal para o magnésio nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade esta apresentada na Figura 14, e na tabela 14 estão os valores médios e desvio padrão observados.

Tabela 14- Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável química magnésio nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo

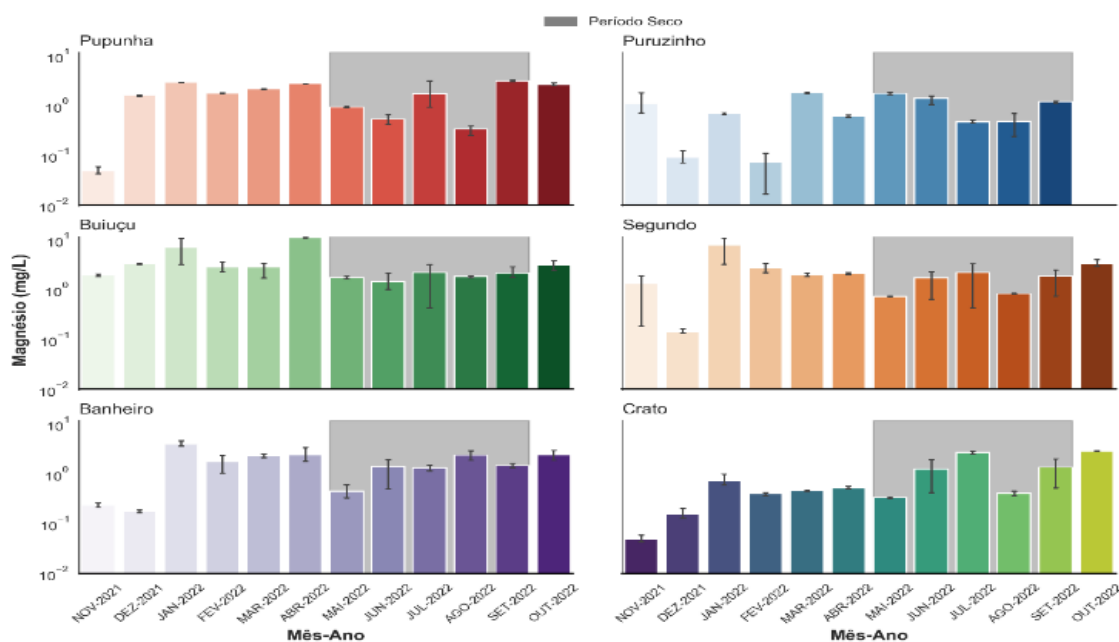
Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	1,96	1,31	0,72	1,05	4,54	1,86	2,74	1,46	1,88	1,38	0,73	1,19
D.P	0,93	1,14	0,64	0,54	3,34	0,73	0,97	0,97	1,33	0,73	0,91	0,97

\*D.P -Desvio padrão.

Os valores , médios para o magnésio no lago Pupunha durante a estação chuvosa com valor mínimo de 0,49 mg/L e valor máximo 2,93 mg/L media  $1,96 \pm 0,93$ , para o período seco valor mínimo de 0,34 mg/L e valor máximo de 0,64 mg/L media  $1,31 \pm 1,14$ , lago Puruzinho com valor mínimo para o período chuvoso de 0,09 mg/L e valor máxima de 1,78 mg/L media  $0,72 \pm 0,64$  e para período seco valor mínimo de 0,47 mg/L e valor máximo de 1,73 mg/L  $1,05 \pm 0,54$ , lago Buiuçu par período chuvoso com valor mínimo de 0,82 mg/L e valor máximo de 8,89 mg/L media  $2,74 \pm 0,97$ , para o período seco valor mínimo de 1,42 mg/L e valor máximo de 2,19 mg/L media  $1,46 \pm 0,97$ .

As concentrações medias de magnésio do lago Segundo com valor mínimo para período chuvoso de 1,30 mg/L e valor máximo de 6,83 mg/L média  $1,88 \pm 1,33$ , para período seco valor mínimo de 0,23 mg/L e valor máximo de 4,15 mg/L media  $1,38 \pm 0,73$ , lago Banheiro para o período chuvoso valor mínimo de 0,22 mg/L e valor máximo de 4,15 mg/L média  $0,73 \pm 0,91$  e para período seco valor mínimo de 0,44 mg/L e valor máximo de 1,38 mg/L média  $1,19 \pm 0,97$ .

Figura 14- Sazonalidade do magnésio para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiçu, Segundo, Banheiro, Crato



Fonte: Martins, 2023.

Para o lago Crato durante a estação chuvosa com valor máximo de 0,73 mg/L e valor mínima de 0,05 mg/L media  $4,54 \pm 3,34$ , para estação seca valor mínimo de 0,33 mg/L e valor máximo de 1,23 mg/L media  $1,86 \pm 0,73$ . Conforme Reimann (2003) em estudo relatou uma alta concentração de potássio (45,8mg/L) e magnésio (116,10 mg/L) em muitas fontes de águas superficiais e subterrâneas no vale do Rift Etiope (REIMANN, 2003).

Em muitas diretrizes sobre a qualidade da água, não se estabelece restrições para potássio e magnésio sobre a saúde humana. Mas para a saúde pública os efeitos ecológicos das elevadas concentrações, atribuídas a minerais em solos locais e rochas do leito (DINKA, 2012).

No lago Bibi na Índia foi registrado durante o inverno a maior concentração de magnésio 33 mg/L, sendo o elemento essencial para as plantas produtoras de fotossíntese e atuando como fator limitante para crescimento de fitoplacton (UMERFARUQ, 2015). Para bacia do tapajos os valores de magnésio encontrados variaram entre 0,26 a 0,06 mg/L, sendo atribuído a esta bacia por apresentar condições muito ácidas e pobres em eletrólitos (Ríos, 2013), para lagoa mamiá no município de Coari observaram uma concentração de magnésio entre 1,0 e 1,5 g/L influenciado pelo pulso de inundação (Serique, 2017). Semelhante aos lagos, as concentrações de magnésio se mostraram de acordo com a sazonalidade.

### 8.1 Variação Sazonal da Concentração de Sulfato

A variabilidade espaço-temporal para o sulfato nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade esta apresentada na Figura 15, e na tabela 15 estão os valores médios e desvio padrão observados.

Tabela 15-Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável química sulfato nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo

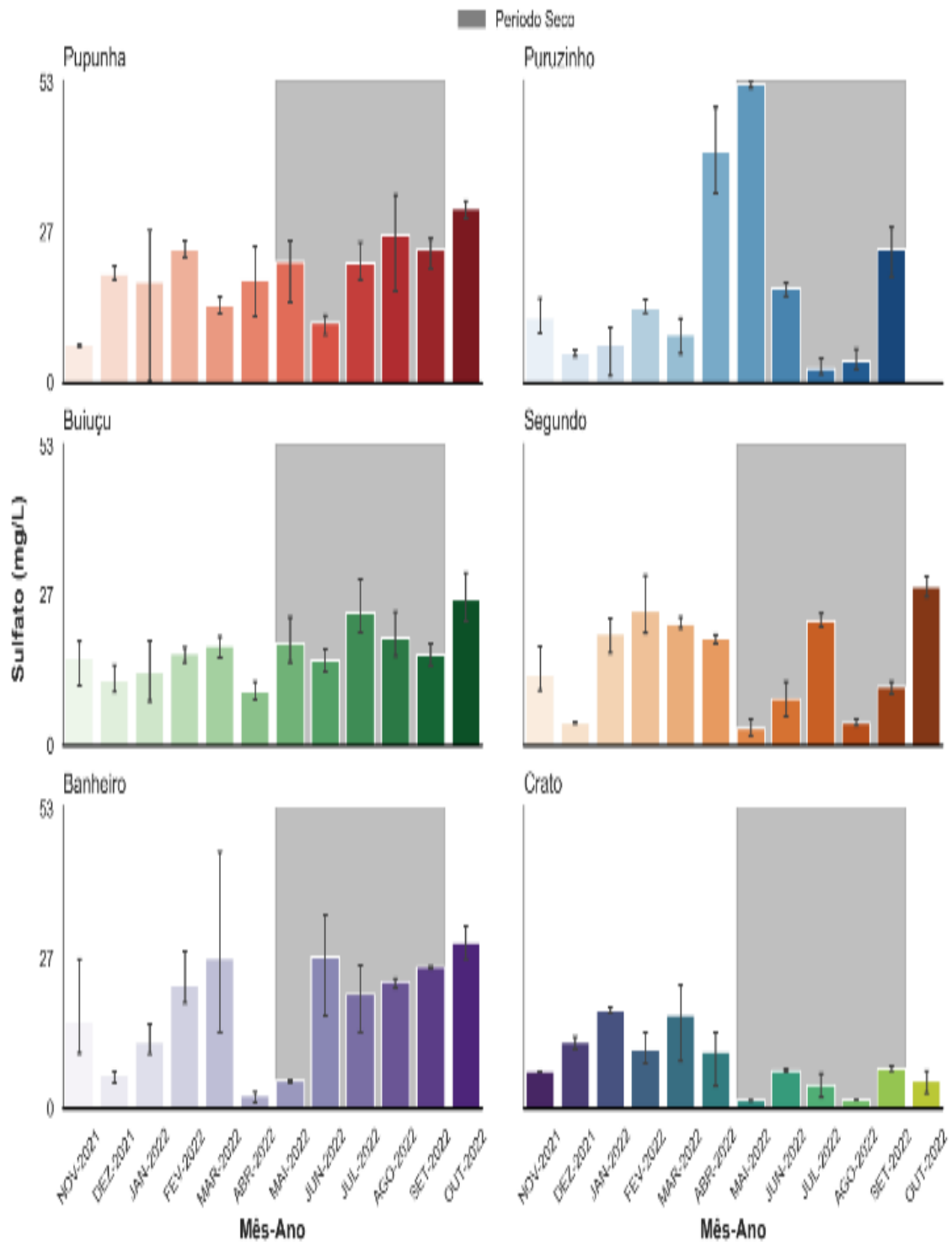
Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	18,47	20,45	14,34	19,79	15,56	18,3	18,34	9,59	16,12	19,78	11,1	4,18
D.P	8,87	7,06	12,94	18,88	5,78	4,36	7,91	7,19	11,63	9,05	5,4	2,63

\*D.P -Desvio padrão.

As concentrações mensais para o lago Pupunha no período chuvoso com valor mínimo de 9,49 mg/L e valor máximo de 24,39 mg/L média  $18,47 \pm 8,87$ , estação seca valor mínimo de 11,33 mg/L e valor máximo de 26,07 mg/L média  $20,45 \pm 7,06$ , lago Puruzinho no período seco valor máximo de 52,44 mg/L e valor mínimo de 3,76 mg/L média  $19,79 \pm 18,88$ , para estação chuvosa valor mínimo de 5,31 e valor máximo de 40,77 mg/L média  $14,34 \pm 12,94$ , lago Buiuçu para período chuvoso valor mínimo 10,36 mg/L e valor máximo de 20,86 mg/L media  $18,34 \pm 7,91$ , para o período seco valor mínimo de 12,02 mg/L e valor máximo de 16,01 mg/L média  $9,59 \pm 7,19$ .

As médias mensais para o sulfato no lago Segundo período seco valor mínimo de 3,05 mg/L e valor máximo de 4,16 mg/L média  $19,78 \pm 9,05$ , para o período chuvoso valor mínimo de 4,16 mg/L e valor máximo de 26,47 mg/L media  $16,12 \pm 11,63$ , Banheiro período chuvoso valor mínimo de 5,92 mg/L e valor máximo 21,76 mg/L média  $11,1 \pm 5,4$ , estação seca valor mínimo de 4,90 mg/L valor máximo de 26,60 mg/L media  $4,18 \pm 2,63$ , lago Crato no período seco valor mínimo de 1,43 e valor máximo de 9,38 mg/L media  $18,3 \pm 4,36$ , para estação chuvosa valor mínimo de 6,55 mg/L e valor máximo de 17,37 mg/L média  $15,56 \pm 5,78$

Figura 15- sazonalidade de sulfato para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato



Fonte: Martins, 2023.

As concentrações de sulfato nas estações chuvosa e seca foram significativamente diferentes entre os três locais de amostragem, as concentrações de sulfato foram maiores durante o período da estação chuvosa que durante a estação seca.

Dessa maneira podemos usar como referência para este componente os estudos realizados no lago Bezeka, que não mostraram diferença significativa ( $p>0,05$ ) para as amostras da estação chuvosa e seca. A fonte de sulfato solúvel no lago é sedimentar que se origina de rochas, principalmente da oxidação de sulfato de minérios, a solução de gesso e anidrita, e a presença de xisto e gesso (BHATERIA; JAIN, 2016).

Para bacia do tapajós os valores de sulfato encontrados variaram entre 0,24 e 0,30 mg/L, sendo atribuído a esta bacia por apresentar condições muito ácidas e pobres em eletrólitos (RÍOS, 2013). Estudo realizado na lagoa mamiá no município de Coari observaram uma concentração de sódio entre 2,3 e 2,9 mg/L influenciado pelo pulso de inundação (SERIQUE, 2017). Os valores de sulfato podem ser atribuídos as condições anômalas e a erosividade.

## 8.2 Variação Sazonal da Concentração de Nitrito

A variabilidade espaço-temporal para o nitrito nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade está apresentada na Figura 16, e a tabela 16 valores de meda e desvio padrão.

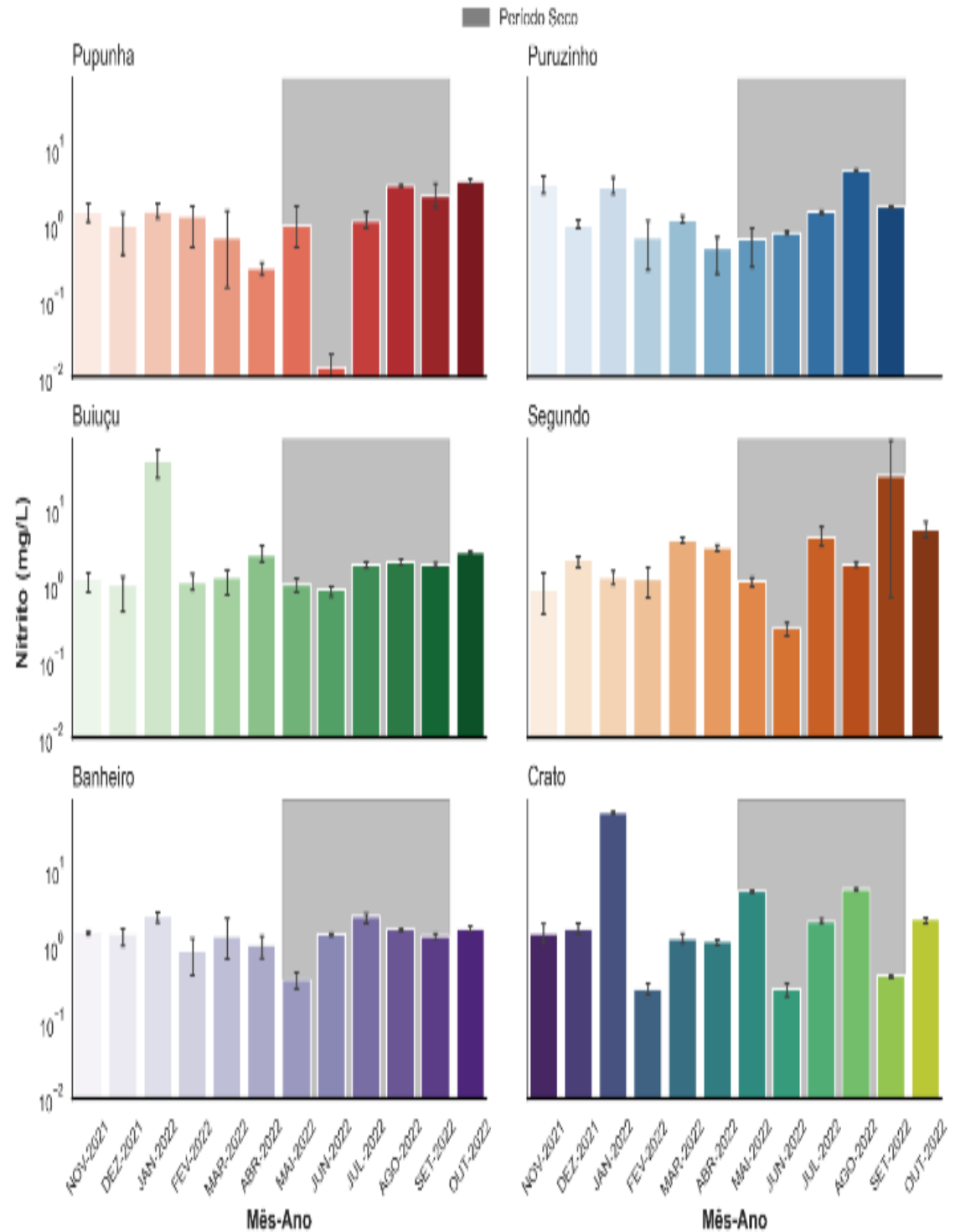
Tabela 16- Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável química nitrito nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo.

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	1,43	1,55	1,63	1,97	7,48	1,54	2,58	7,11	1,5	1,45	9,3	2,73
D.P.	1,15	1,29	1,29	1,74	15,56	0,53	2,68	20,78	0,62	0,71	19,96	2,38

\*D.P -Desvio padrão.

As médias mensais para o lago Pupunha na estação chuvosa com valor mínimo de 0,6 mg/L e valor máximo de 1,39 mg/L média  $1,43 \pm 1,15$ , para estação seca valor mínimo de 0,95 mg/L valor máximo de 3,29 mg/L media  $1,55 \pm 1,29$ , lago Puruzinho no período chuvoso valor mínimo de 0,49 mg/L e valor máximo de 2,89 mg/L media  $1,63 \pm 1,29$ , durante a estação seca valor mínimo de 0,65 mg/L e valor máximo de 5,23 mg/L média  $1,97 \pm 7,74$ , Buiuçu durante a estação chuvosa com valor mínimo de 1,23 mg/L e valor máximo de 5,17 mg/L media  $2,58 \pm 2,68$ , enquanto na estação seca valor mínimo foi de 0,87 mg/L e valor máximo de 1,92 mg/L media  $7,11 \pm 20,78$ .

Figura 16 - sazonalidade de nitrito para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro, Crato



Fonte: Martins, 2023.

As concentrações médias para o lago Segundo para período chuvoso variaram com valor mínimo de 0,86 mg/L e valor máximo de 3,16 mg/L media  $1,5 \pm 0,62$ , na estação seca valor

mínimo de 0,27 mg/L e valor máximo de 3,66 mg/L média  $1,45 \pm 0,71$ , lago Banheiro durante a estação chuvosa valor mínimo de 0,6 mg/L e o valor máximo de 2,48 mg/L media  $9,3 \pm 19,96$ , durante a estação seca valor mínimo de 0,37 mg/L e valor máxima de 1,43 mg/L media  $2,73 \pm 2,38$ .

Entretanto, no lago Crato para o período chuvoso com valor mínimo de 0,27 mg/L e valor máximo de 3,09 mg/L media  $7,48 \pm 15,56$  enquanto na estação seca a concentração com valor mínimo foi de 0,21 mg/L e valor máximo de 5,28 mg/L media  $1,54 \pm 0,53$ . Ao longo dos rios Munim e Iguará no maranhão foram avaliadas as concentrações de nitrito 4,71 mg/L para estação chuvosa e 8,33 mg/L para estação seca as concentrações, foram atribuídas as cheias e vazantes (BRAGA, 2022).

Ao longo do rio mogiguaçu no centro oeste Brasileiro foram avaliados lagoas com concentração de nitrito ente 3 e 10 mg/L atribuição a fatores antrópicos (BRANDIMARTE, 2008). Nos lagos do estuário maranhense foram obtidos resultados para concentração de nitrito 1,1 mg/L, podendo ser atribuídas as baixas concentrações ao fato de que as lagoas formadas principalmente por água de chuva. (Moschini, 2008) Os valores de nitrito corroboram com os valores médios encontrados dentro da sazonalidade.

### 8.3 Variação Sazonal da Concentração de Fosfato

A variabilidade espaço-temporal para o fosfato nos lagos avaliados ao longo da sazonalidade esta apresentada na Figura 17, e na tabela 17 estão os valores médios e desvio padrão observados.

Tabela 17-Tabela: Valor de média e desvio padrão da variável química fosfato nos períodos seco e chuvoso nos lagos em estudo

Lago	Pupunha		Puruzinho		Crato		Buiuçu		Segundo		Banheiro	
Período	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca	Cheia	Seca
Media	1,15	1,96	5,19	2,16	1,36	0,84	1,5	3,06	4,13	2,46	3,01	1,69
D.P.	1,12	0,73	4,8	1,5	0,77	0,74	0,77	0,77	4,35	0,92	4,84	1,5

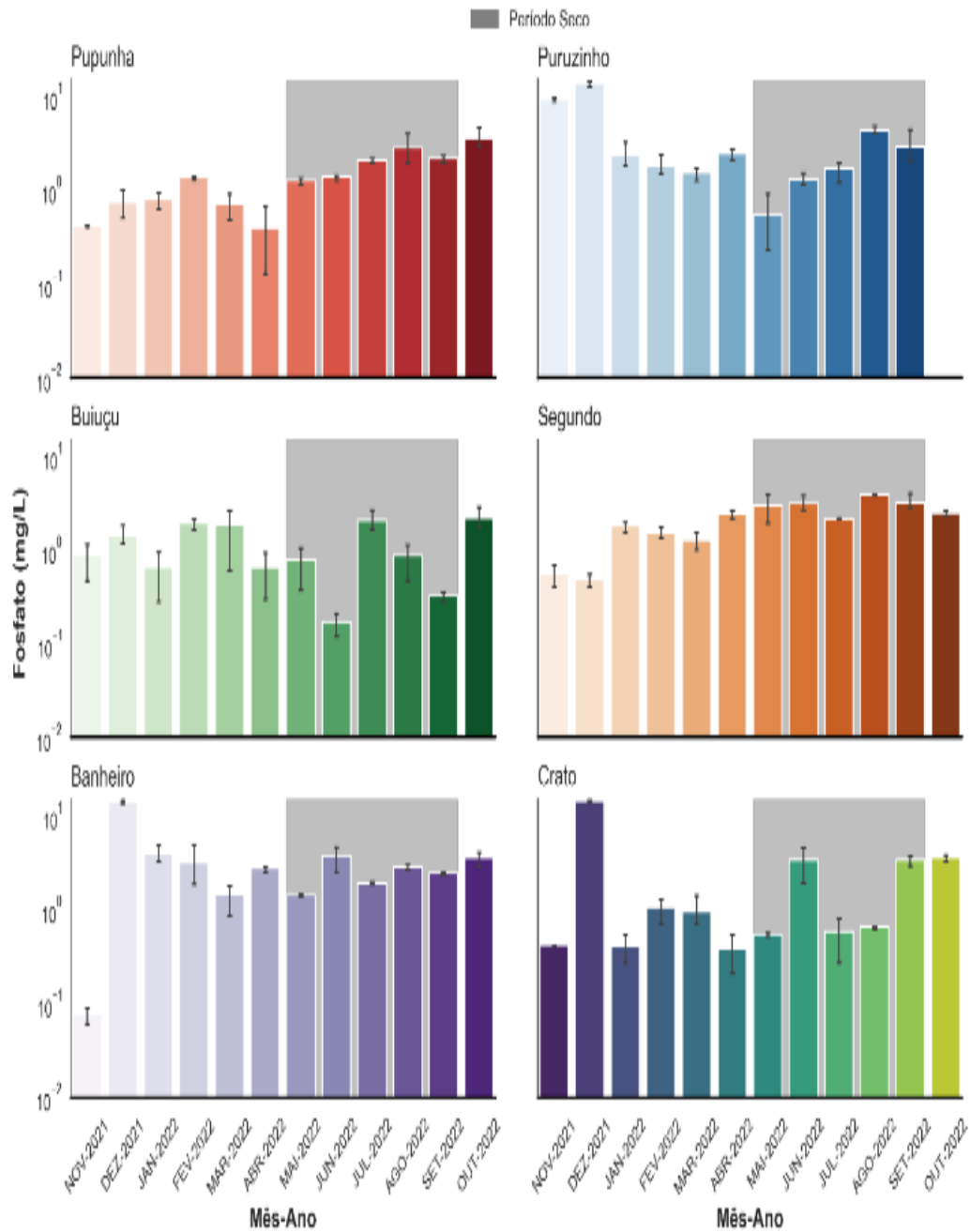
\*D.P -Desvio padrão.

Lago Pupunha, período seco valor mínimo de 0,80 mg/L e valor máximo 1,78 mg/L média  $1,96 \pm 0,73$ , estação chuvosa valor mínimo de 1,27 mg/L e valor máximo de 2,84 mg/L média  $1,15 \pm 1,12$ , lago Puruzinho estação chuvosa valor mínimo de 1,54 mg/L e valor máximo de 13,74 mg/L média  $5,19 \pm 4,8$  para estação seca valor mínimo de 0,54 mg/L e valor máximo



de 4,36 mg/L média  $2,16 \pm 1,5$ , lago Buiçu para estação chuvosa valor máximo de 1,91 mg/L média  $1,5 \pm 0,77$  e valor mínimo de 1,91 mg/L, para estação seca valor mínimo de 0,17 mg/L e valor máximo de 1,92 mg/L média  $3,06 \pm 0,77$ .

Figura 17 - Sazonalidade de fosfato para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiçu, Segundo, Banheiro, Crato



Fonte: Martins, 2023.

As concentrações médias de fosfato para o lago Segundo no período chuvoso variou com valor mínimo de 0,56 mg/L e valor máximo de 2,71 mg/L média  $4,13 \pm 4,35$ , para o período seco valor mínimo de 2,15 mg/L e valor máximo de 3,47 mg/L média  $2,46 \pm 0,92$ , lago Banheiro na estação chuvosa com valor mínimo de 0,07 mg/L e valor máximo de 13,96 mg/L máxima  $3,01 \pm 4,84$  para o período seco valor mínimo de 1,41mg/L e valor máximo de 3,71 mg/L máxima  $1,69 \pm 1,5$ , lago Crato na estação chuvosa valor mínimo de 0,39 mg/L e valor máximo de 3,34 mg/L máxima media  $1,36 \pm 0,77$ , para estação seca valor mínimo de 0,54 mg/L e valor máximo de 2,04 mg/L máxima  $0,84 \pm 0,74$ .

As concentrações de fosfato nas estações chuvosa e seca foram significativamente diferentes entre os seis lagos. As concentrações de fosfato foram maiores durante o período da estação seca do que durante a estação chuvosa.

No lago Baseka esta diferença foi atribuída ao escoamento das terras agrícolas ao redor do lago. Estes dois nutrientes são essenciais para sobrevivência dos animais no ecossistema que compõem a teia alimentar aquática, porem se estes níveis de nitrato e fosfatos forem altos causam crescimento acelerado das plantas, algas, baixa concentração de oxigênio dissolvido e morte de peixes (BHATERIA; JAIN, 2016). Os valores da concentração de fosfato encontrado nos lagos durante a estação seca e chuvosa foram inferiores a 5 mg/L, considerado o limite máximo estabelecido pelas diretrizes de qualidade da água (COTRUVUO, 2017). Em um conjunto de lagos rasas no sul do Brasil foram encontradas concentrações entre 0,56 e 0,60 mg/L a atenuação destes valores devido à grande quantidade de algas nestas lagoas (Izaguirre, 2003). Para esta variavel a medias para o periodo sazonal chuvoso foram equivalente para o periodo sazonal seco foram maiores em detrimento a quantidade de macrofitas nestes lagos conforme (BHATERIA; JAIN, 2016).

## 8.4 Correlação das variáveis para o lago pupunha

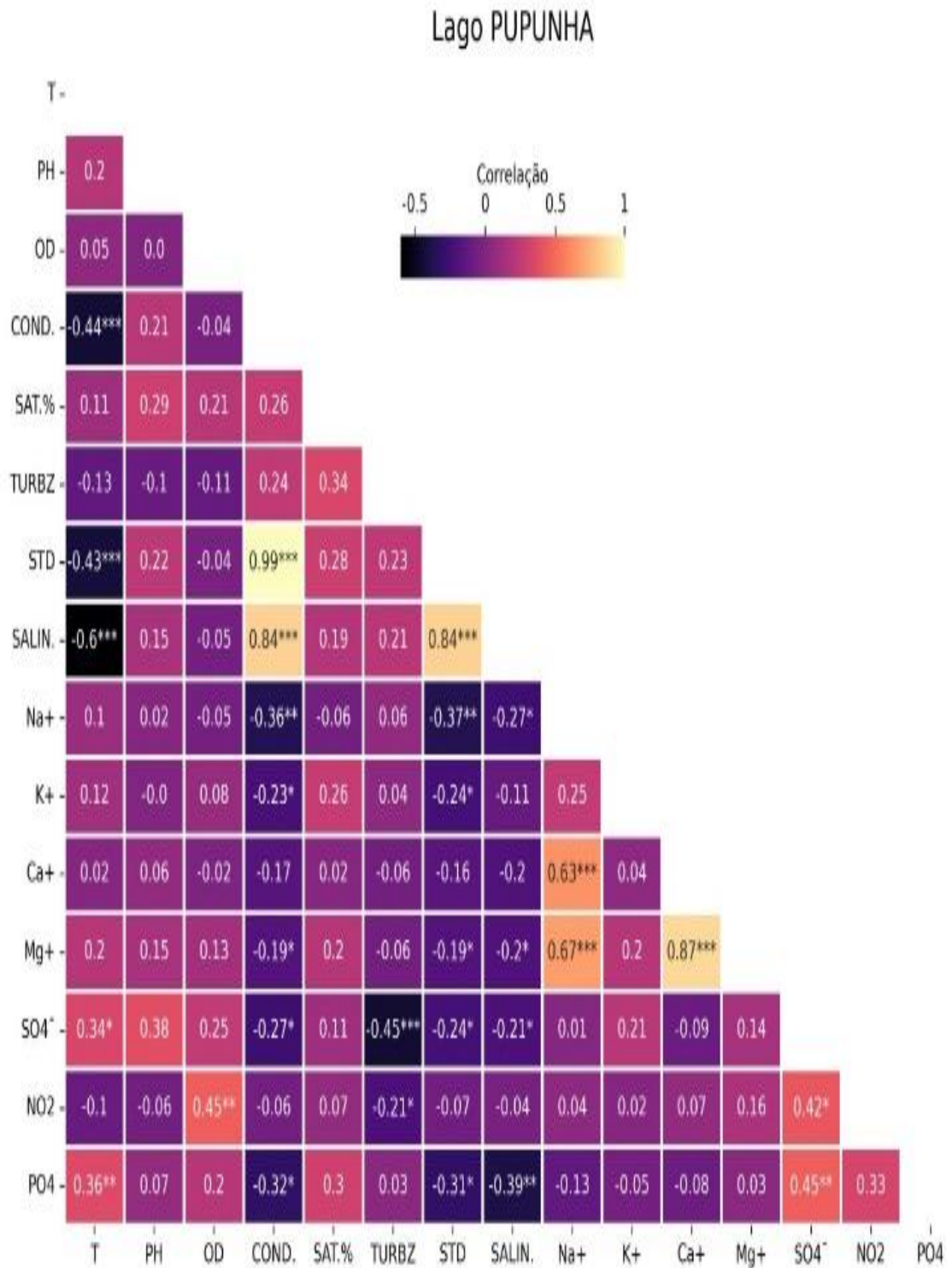


Figura 18 – Correlação das variáveis para o lago Pupunha

Valor-p -\*\*\* menor igual 0.001, \*\* menor igual 0.01, \* menor igual 0.05

Fonte: Martins, 2023.

Para tanto, a turbidez teve uma correlação moderada com sulfato e correlação fraca com nitrato. STD se comportou com uma correlação fraca ( $p \leq 0,05$ ) com fosfato, sulfato, magnésio, potássio e sódio ( $p \leq 0,01$ ) tendo uma correlação forte positiva com a salinidade ( $p \leq 0,001$ ). Salinidade (SALIN) com uma correlação negativa fraca com fosfato ( $p \leq 0,01$ ), para o sulfato, magnésio, sódio ( $p \leq 0,05$ ).

O sódio (Na) com uma correlação positiva moderada com magnésio e cálcio ( $p \leq 0,001$ ). Sulfato teve uma correlação moderada positiva com fosfato ( $p \leq 0,01$ ) e nitrito ( $p \leq 0,05$ ).  $\text{Ca}^{2+}$  com uma correlação positiva com  $\text{Mg}^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ). Nitrito com correlação positiva moderada para sulfato ( $p \leq 0,05$ ) e oxigênio dissolvido ( $p \leq 0,01$ ) e uma correlação fraca negativa para turbidez ( $p \leq 0,05$ ). As variáveis pH, SAT%,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  não foram significativas para este lago.

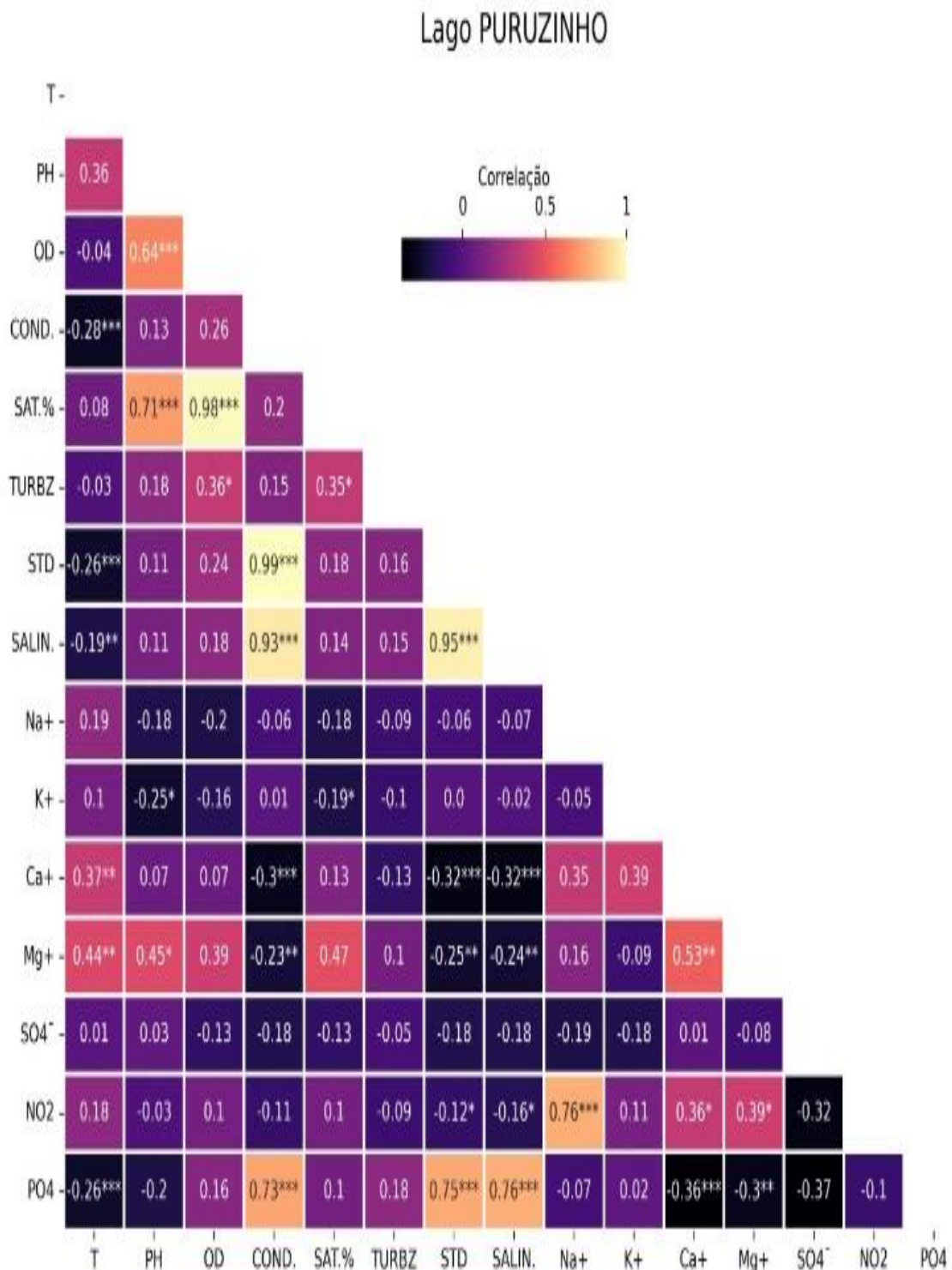
#### 8.4 Correlação das variáveis para o lago Puruzinho

No lago Puruzinho a temperatura apresentou uma correlação fraca, negativa e altamente significativa ( $p \leq 0,001$ ) com as variáveis  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , SALIN, COND, STD. Enquanto  $\text{Mg}^{2+}$  com uma correlação moderada positiva ( $p \leq 0,05$ ). pH-correlação negativa fraca com  $\text{K}^+$  ( $p \leq 0,05$ ), moderada positiva para  $\text{Mg}^{2+}$  e OD.

Correlação forte com a SAT%. **OD**-correlação fraca positiva com TURBZ ( $p \leq 0,05$ ), muito forte com a SAT% ( $p \leq 0,001$ ) **COND**-correlação forte positiva com  $\text{PO}_4^{2-}$ , ( $p \leq 0,001$ ), fraca negativa com  $\text{Mg}^{2+}$  ( $p \leq 0,01$ ), bem fraca com  $\text{Ca}^+$  ( $p \leq 0,001$ ), muito forte com SALIN, STD ( $p \leq 0,001$ ). SAT%- correlação positiva fraca turbidez ( $p \leq 0,05$ ).

**STD**- correlação fraca negativa com  $\text{NO}_2^-$  ( $p \leq 0,05$ ),  $\text{Mg}^{2+}$  ( $p \leq 0,01$ ),  $\text{Ca}^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ) e uma correlação forte com  $\text{PO}_4^{2-}$ , ( $p \leq 0,001$ ), muito forte com SALIN ( $p \leq 0,001$ ). **SAL** correlação negativa bem fraca com  $\text{NO}_2^-$  ( $p \leq 0,05$ ), negativa fraca com  $\text{Mg}^+$  ( $p \leq 0,01$ ),  $\text{Ca}^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ). **Na**<sup>+</sup> uma correlação forte ( $p \leq 0,001$ ), **Ca**<sup>+</sup> correlação fraca negativa com  $\text{PO}_4^{2-}$  ( $p \leq 0,001$ ), fraca positiva  $\text{NO}_2^-$ , moderada com  $\text{Mg}^+$  ( $p \leq 0,01$ ). **Mg**<sup>2+</sup> correlação fraca negativa  $\text{PO}_4^{2-}$  ( $p \leq 0,001$ ).

Figura 19 - Correlação das variáveis para o lago Puruzinho



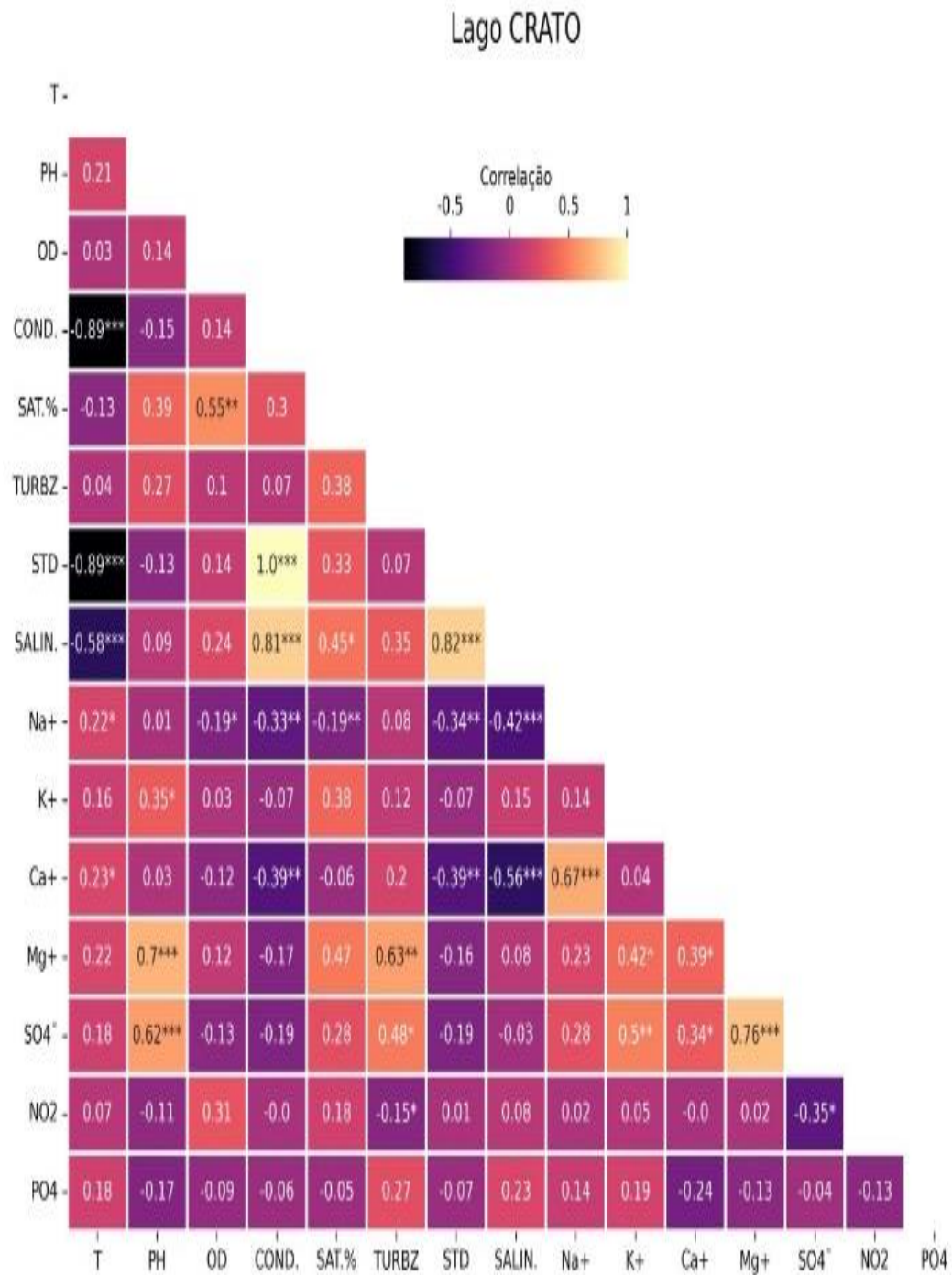
Valor-p -\*\*\* menor igual 0.001, \*\* menor igual 0.01, \* menor igual 0.05

Fonte: Martins, 2023

Moderada positiva com  $Mg^{2+}$  ( $p \leq 0,05$ ).  $PO_4^{2-}$ -correlação bem fraca negativa com  $Mg^{2+}$  ( $p \leq 0,01$ ), negativo moderada com Temperatura e  $Ca^{2+}$  correlação forte positiva com SALIN, COND, STD ( $p \leq 0,001$ ). As variáveis TURB,  $K^+$ ,  $SO_4^{2-}$  não foram significativas para este lago.

### 8.4.1 Correlação das variáveis para o lago Crato

Figura 20 - Correlação das variáveis para o lago Crato



Valor-p -\*\*\* menor igual 0.001, \*\* menor igual 0.01, \* menor igual 0.05

Fonte: Martins, 2023.

No lago Crato a temperatura apresentou uma correlação fraca positiva com  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  ( $p \leq 0,05$ ). Moderada negativa SALIN, ( $p \leq 0,001$ ). STD, COND correlação forte negativa ( $p \leq 0,001$ ), **pH**-correlação moderada positiva ( $p \leq 0,001$ ) com  $\text{SO}_4^{2-}$ , fraca positiva com  $\text{K}^+$  ( $p \leq 0,05$ ), bem fraca negativa com  $\text{Mg}^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ). **OD**- Correlação bem fraca negativa com sódio ( $p \leq 0,05$ ), moderada positiva com SAT% ( $p \leq 0,01$ ).

Condutividade (COND) com uma correlação fraca negativa com as variáveis  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  ( $p \leq 0,01$ ), uma correlação muito forte positiva com STD ( $p \leq 0,01$ ), forte positiva com A SALINIDADE (SALIN) ( $p \leq 0,001$ ). A saturação (SAT%) correlação fraca negativa com o sódio ( $\text{Na}^+$ ) ( $p \leq 0,01$ ), SALIN ( $p \leq 0,05$ ).

Turbidez (TURBZ) Correlação fraca negativa com  $\text{NO}_2^-$  ( $p \leq 0,05$ ), Moderada positiva com  $\text{Mg}^{2+}$  ( $p \leq 0,01$ ),  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $p \leq 0,05$ ). STD- Correlação fraca negativa com  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ( $p \leq 0,01$ ), correlação forte positiva com a SALIN ( $p \leq 0,001$ ). SALIN correlação moderada positiva  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  ( $p \leq 0,001$ ),  $\text{Na}^+$  correlação moderada positiva para  $\text{Ca}^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ).  $\text{K}^+$  correlação fraca positiva com pH ( $p \leq 0,05$ ).  $\text{Ca}^{2+}$  correlação fraca positiva com as variáveis  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $p \leq 0,05$ ).

$\text{Mg}^{2+}$ , correlação forte positiva com  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $p \leq 0,001$ ).  $\text{SO}_4^{2-}$  Correlação positiva moderada com pH ( $p \leq 0,01$ ), e fraca negativa com  $\text{K}^+$  ( $p \leq 0,05$ ). Fraca positiva com  $\text{Ca}^{2+}$  ( $p \leq 0,05$ ), moderada positiva TURBZ, ( $p \leq 0,05$ ), pH ( $p \leq 0,001$ ). Forte positiva com  $\text{Mg}^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ )  $\text{NO}_2^-$ , Correlação fraca negativa com a TURBZ, ( $p \leq 0,05$ ), fraca negativa com  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $p \leq 0,05$ ). Para a variável  $\text{PO}_4^{2-}$  não houve significância para este lago.

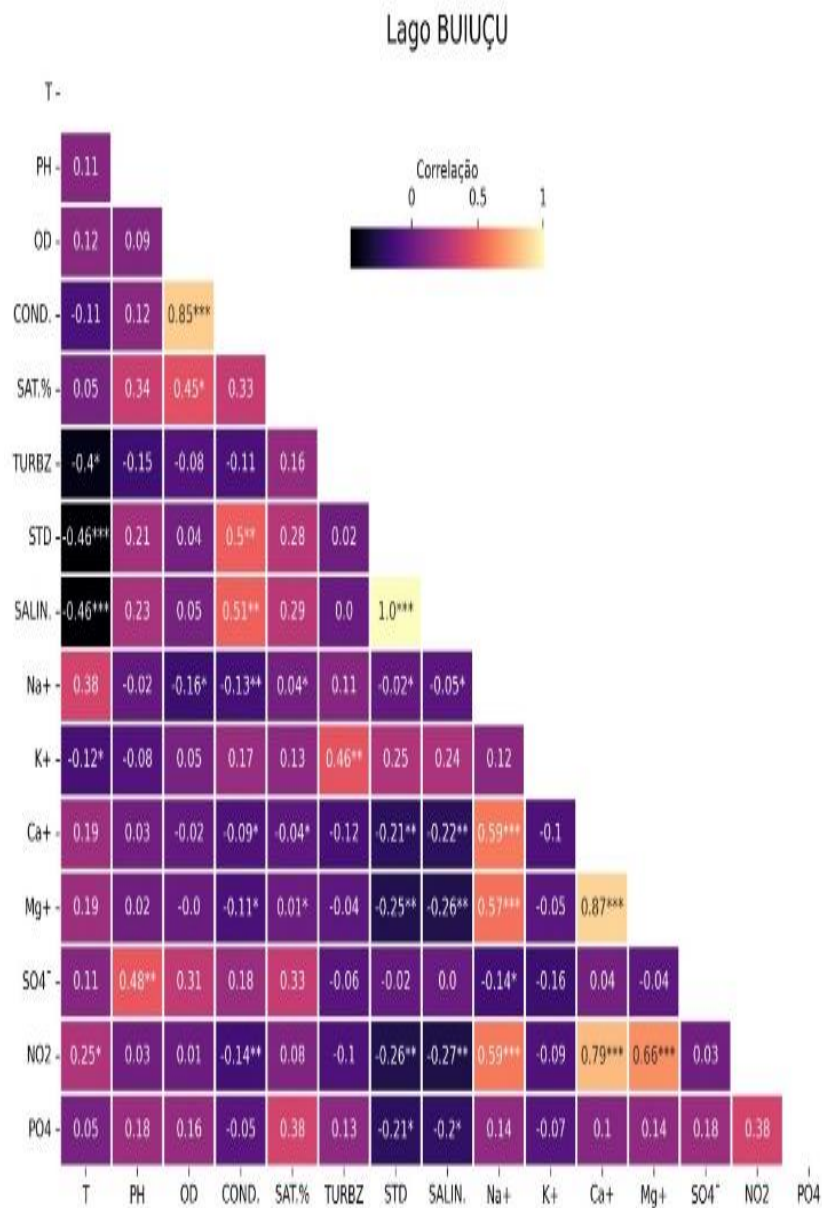
#### 8.4.2 Correlação das variáveis para o lago Buiucu

No lago Buiucu a temperatura apresentou uma correlação fraca negativa com TURBZ,  $\text{K}^+$  e fraca com  $\text{NO}_2^-$  altamente significativa ( $p \leq 0,05$ ). Moderada com SALIN, STD ( $p \leq 0,001$ ); pH-correlação moderada ( $p \leq 0,01$ ) com  $\text{PO}_4^{2-}$ ; OD- Correlação fraca com sódio ( $p \leq 0,05$ ); moderada com SAT% ( $p \leq 0,05$ ) e uma relação forte com COND. ( $p \leq 0,001$ ); COND. Uma correlação moderada negativa com as variáveis  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  ( $p \leq 0,01$ ), correlação forte positiva SALIN ( $p \leq 0,001$ ); SAT% correlação fraca negativa com  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ( $p \leq 0,05$ ).

Turbidez, correlação moderada positiva com  $\text{K}^+$  ( $p \leq 0,01$ ).] STD. Correlação fraca negativa com,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$  ( $p \leq 0,05$ ), fraca negativa com  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2^-$  ( $p \leq 0,01$ ), correlação muito forte positiva com a SALIN ( $p \leq 0,001$ ). SALIN- Correlação fraca negativa  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$  ( $p \leq 0,05$ ), para as variáveis  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  uma correlação fraca negativa ( $p \leq 0,01$ );  $\text{Na}^+$  correlação fraca negativa, com  $\text{SO}_4$ , e correlação moderada positiva para  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ).  $\text{Ca}^+$  correlação forte positiva com as variáveis  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2^-$  ( $p \leq 0,001$ ).

$Mg^{2+}$  correlação moderada positiva  $NO_2^-$  ( $p \leq 0,001$ ).  $SO_4^{2-}$  Correlação positiva moderada com pH ( $p \leq 0,01$ ), e fraca negativa com  $Na^+$  ( $p \leq 0,05$ ).  $NO_2^-$  Correlação fraca positiva com T, ( $p \leq 0,05$ ), fraca negativa COND ( $p \leq 0,01$ ) para as variáveis STD, SALIN moderada negativa para  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ). Correlação forte para a variável  $Ca^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ).  $PO_4^{2-}$ , Correlação fraca negativa com a SALIN ( $p \leq 0,05$ ), fraca negativa com STD ( $p \leq 0,05$ ). A variável potássio ( $K^+$ ) não foi significativa para este lago.

Figura 21 - Correlação das variáveis para o lago Buiçu



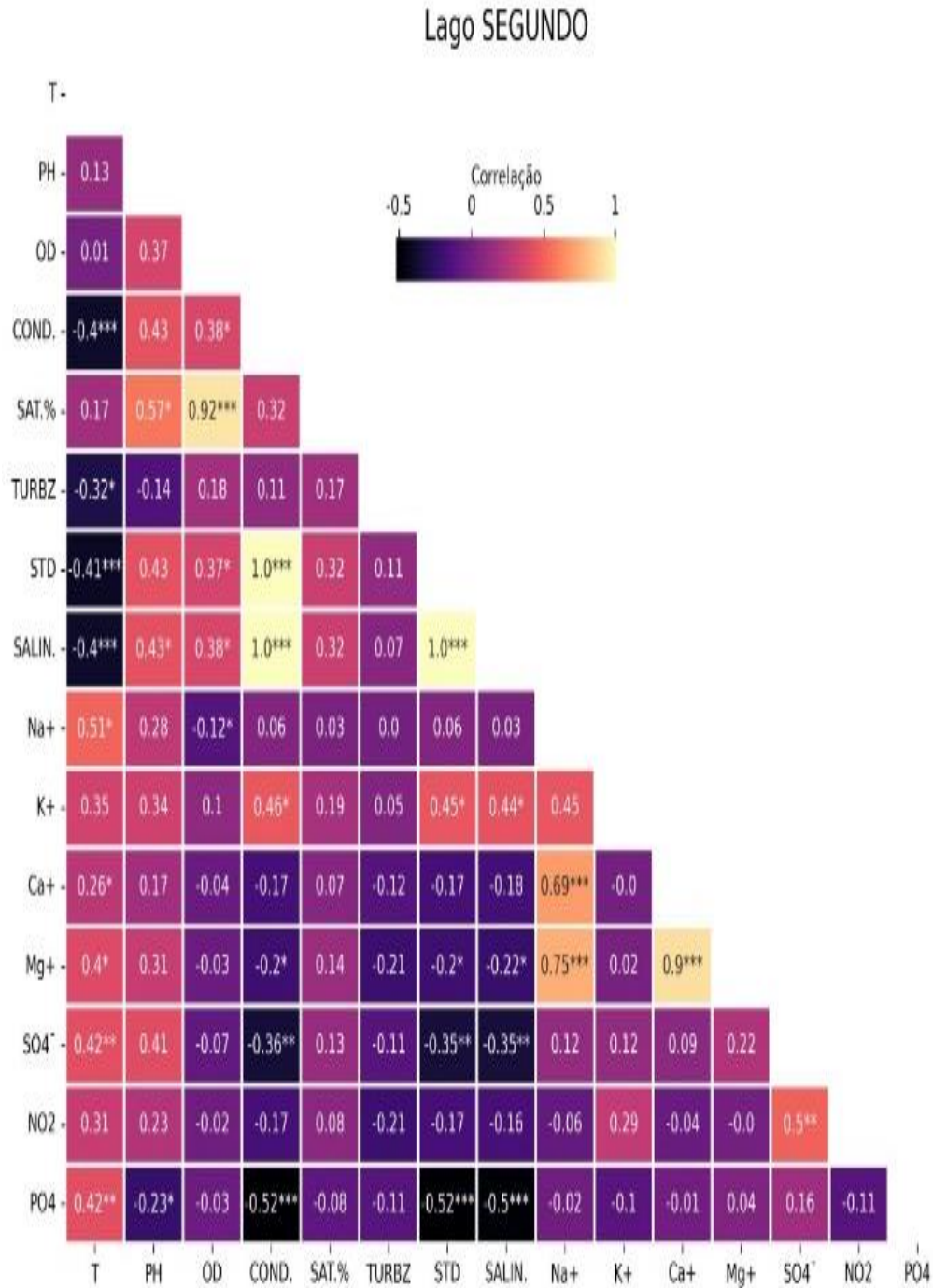
Valor-p - \*\*\* menor igual 0.001, \*\* menor igual 0.01, \* menor igual 0.05

Fonte: Martins, 2023.



### 8.4.3 Correlação das variáveis para o lago Segundo

Figura 22 - Correlação das variáveis para o lago Segundo



Valor-p -\*\*\* menor igual 0.001, \*\* menor igual 0.01, \* menor igual 0.05

Fonte: Martins, 2023.

No lago Segundo a Temperatura apresentou uma correlação fraca negativa com COND, SALIN ( $p \leq 0,001$ ),  $Mg^+$  fraca positiva ( $p \leq 0,05$ ), moderada positiva para  $PO_4^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$  ( $p \leq 0,01$ ),  $Na^+$  ( $p \leq 0,05$ ) STD correlação moderada negativa ( $p \leq 0,001$ ), TURBZ correlação fraca negativa ( $p \leq 0,05$ ), pH correlação fraca ( $p \leq 0,05$ ) com  $PO_4^{2-}$ , SALIN moderada positiva ( $p \leq 0,05$ ). **OD**- Correlação fraca negativa com sódio ( $p \leq 0,05$ ), fraca positiva com STD ( $p \leq 0,05$ ) e uma relação muito forte com SAT%. ( $P \leq 0,001$ ), relação fraca positiva ( $p \leq 0,05$ ).

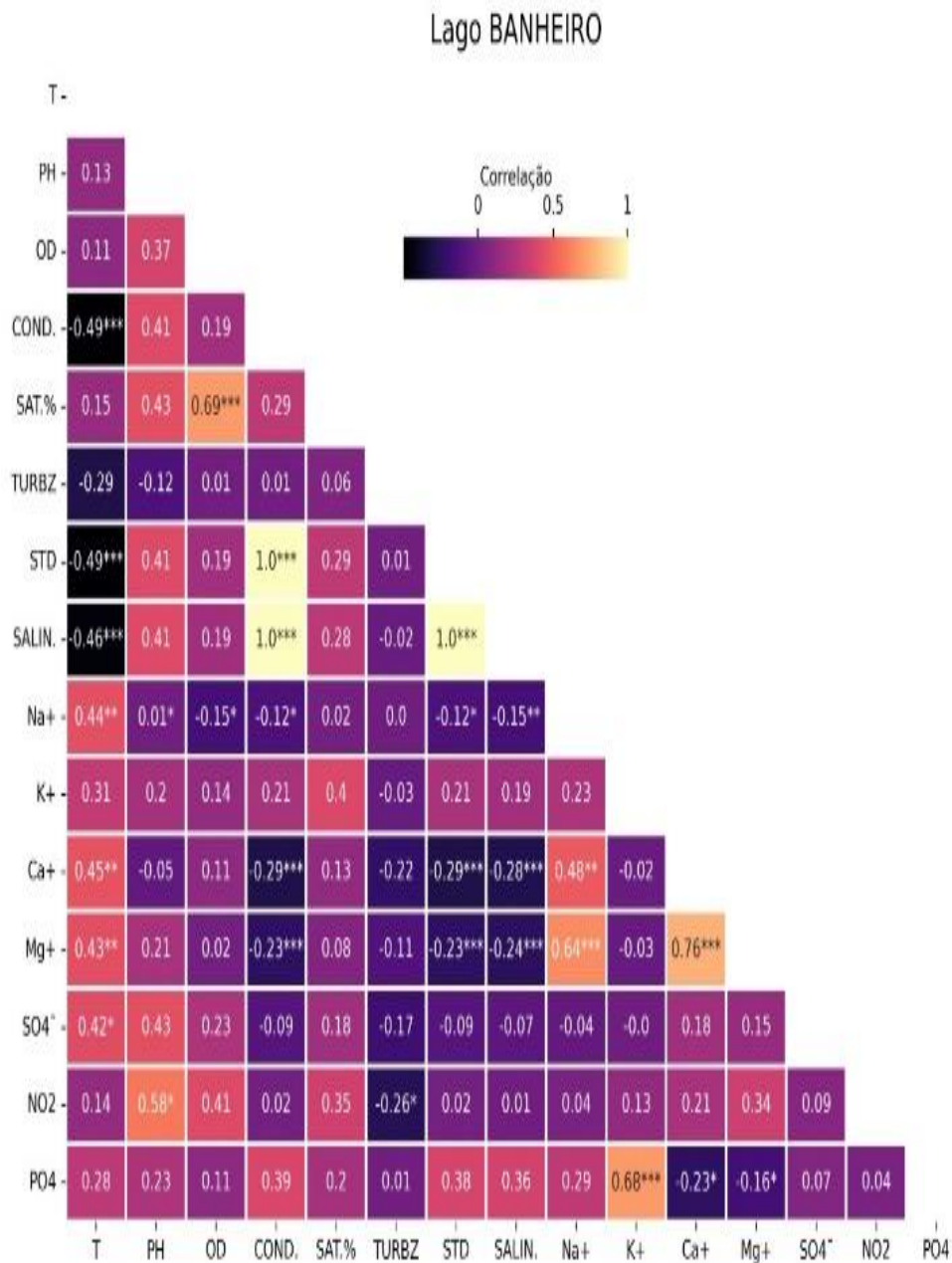
COND. Correlação moderada negativa para  $PO_4^{2-}$  ( $p \leq 0,001$ ), fraca com  $SO_4^{2-}$ , fraca negativa com  $Mg^{2+}$  ( $p \leq 0,05$ ),  $K^+$  correlação moderada positiva ( $p \leq 0,05$ ), SALIN, STD correlação muito forte positiva ( $P \leq 0,001$ ). STD. Correlação moderada negativa com  $PO_4^{2-}$  ( $p \leq 0,001$ ), fraca negativa com  $SO_4^{2-}$  ( $p \leq 0,01$ ), bem fraca negativa com  $Mg^+$  ( $p \leq 0,05$ ), moderada positiva com  $K^+$  ( $p \leq 0,05$ ), muito forte com SALIN ( $p \leq 0,001$ ). SALIN. Correlação fraca negativa com  $PO_4^{2-}$ , ( $p \leq 0,001$ ),  $SO_4^{2-}$  ( $p \leq 0,01$ ), para as variáveis  $Mg^+$  fraca negativa ( $p \leq 0,05$ ), moderada positiva com  $Ca^{2+}$  ( $p \leq 0,05$ ).  $Na^+$ - correlação moderada positiva com  $Ca^2$  ( $p \leq 0,001$ ), correlação forte com  $Mg^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ).  $Ca^{2+}$ . Correlação moderada positiva com a variável  $Na^+$ , ( $p \leq 0,001$ ). Fraca positiva com T ( $p \leq 0,05$ ).  $SO_4^{2-}$  Correlação fraca negativa com STD, SALIN, COND ( $p \leq 0,01$ ), moderada com T ( $p \leq 0,01$ ).  $NO_2^-$  correlação fraca positiva  $SO_4^{2-}$  ( $p \leq 0,01$ ).  $PO_4^{2-}$ - Correlação moderada positiva com T ( $p \leq 0,01$ ), fraca negativa com pH ( $p \leq 0,05$ ), COND, STD moderada negativa ( $p \leq 0,001$ ), para a variável  $Mg^+$ , SAT%, TURBZ não houve significância para este lago.

#### 8.4.4 Correlação das variáveis para o lago Banheiro

Para o lago do Banheiro a Temperatura apresentou uma correlação moderada negativa com COND, SALIN, STD ( $p \leq 0,001$ ),  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ , moderada positiva ( $p \leq 0,01$ ), moderada positiva  $SO_4^{2-}$  ( $p \leq 0,05$ ) STD correlação moderada negativa ( $p \leq 0,001$ ). pH correlação moderada positiva ( $p \leq 0,05$ ) com  $NO_2^-$ , correlação fraca  $Na^+$  positiva ( $p \leq 0,05$ ) OD Correlação fraca negativa com sódio ( $p \leq 0,05$ ), forte positiva com SAT% ( $p \leq 0,001$ ) COND. Correlação fraca negativa para  $Ca^{2+}$   $Mg^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ), fraca negativa com  $Na^+$ , ( $p \leq 0,05$ ), SALIN, STD correlação muito forte positiva ( $P \leq 0,001$ ). **TURBZ**- correlação fraca negativa com  $NO_2^-$  ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 23 – Correlação das variáveis para o lago Banheiro

Valor-p -\*\*\* menor igual 0.001, \*\* menor igual 0.01, \* menor igual 0.05



Fonte: Martins, 2023.

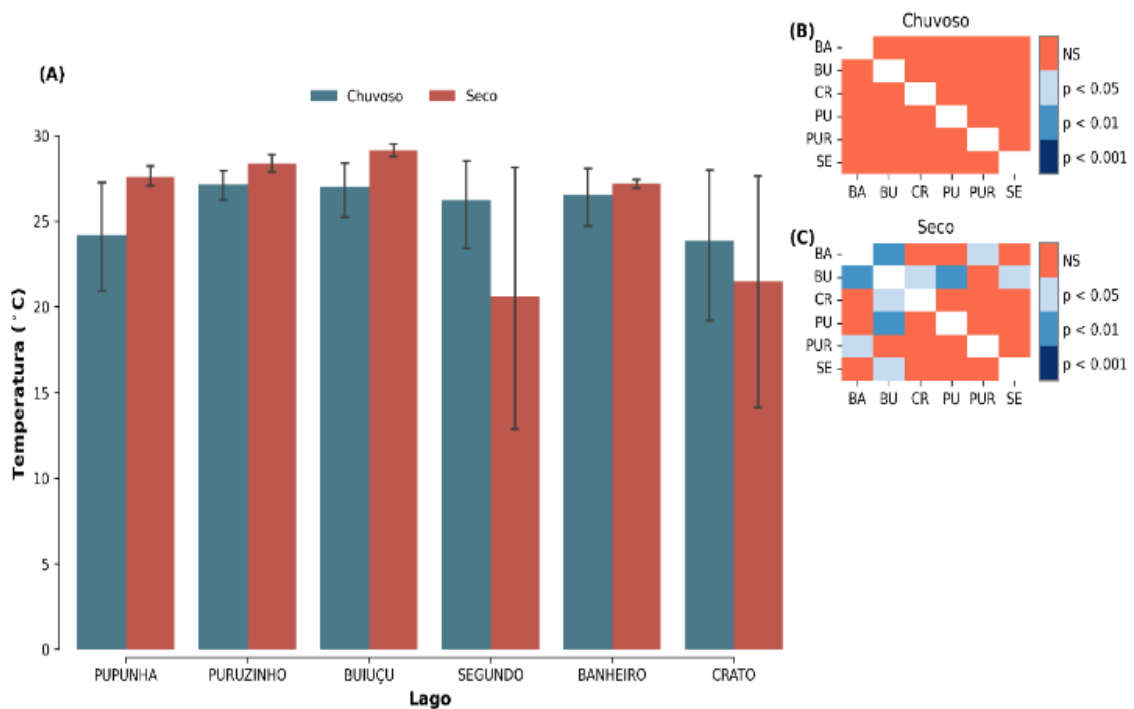
STD. Correlação fraca negativa para  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ), fraca negativa com  $\text{Na}^+$  ( $p \leq 0,05$ ), muito forte com SALIN ( $p \leq 0,001$ ). SALIN. Correlação fraca negativa para  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ), fraca negativa com  $\text{Na}^+$  ( $p \leq 0,01$ ),  $\text{Na}^+$ - correlação moderada positiva com  $\text{Ca}^{2+}$  ( $p \leq 0,05$ ), correlação forte com  $\text{Mg}^+$  ( $p \leq 0,001$ ).  $\text{Ca}^+$ - Correlação fraca negativa positiva com a variável  $\text{PO}_4^{3-}$ , ( $p \leq 0,001$ ). Forte positiva com  $\text{Mg}^+$  ( $p \leq 0,001$ ).  $\text{SO}_4^{2-}$ - Correlação moderada T ( $p \leq 0,05$ ).  $\text{NO}_2^-$  Correlação moderada positiva pH ( $p \leq 0,05$ ).  $\text{PO}_4^{2-}$  Correlação moderada

positiva com  $K^+$  ( $p \leq 0,001$ ), fraca negativa com  $Mg^+$  ( $p \leq 0,05$ ), bem fraca negativa  $Ca^{2+}$  ( $p \leq 0,001$ ). Para a variável SAT% não houve significância para este lago.

### 8.5 Comparação dos lagos pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn

A Comparação da variável temperatura ( $^{\circ}C$ ) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiucu, Segundo, Banheiro e Crato é apresentada na figura 23.

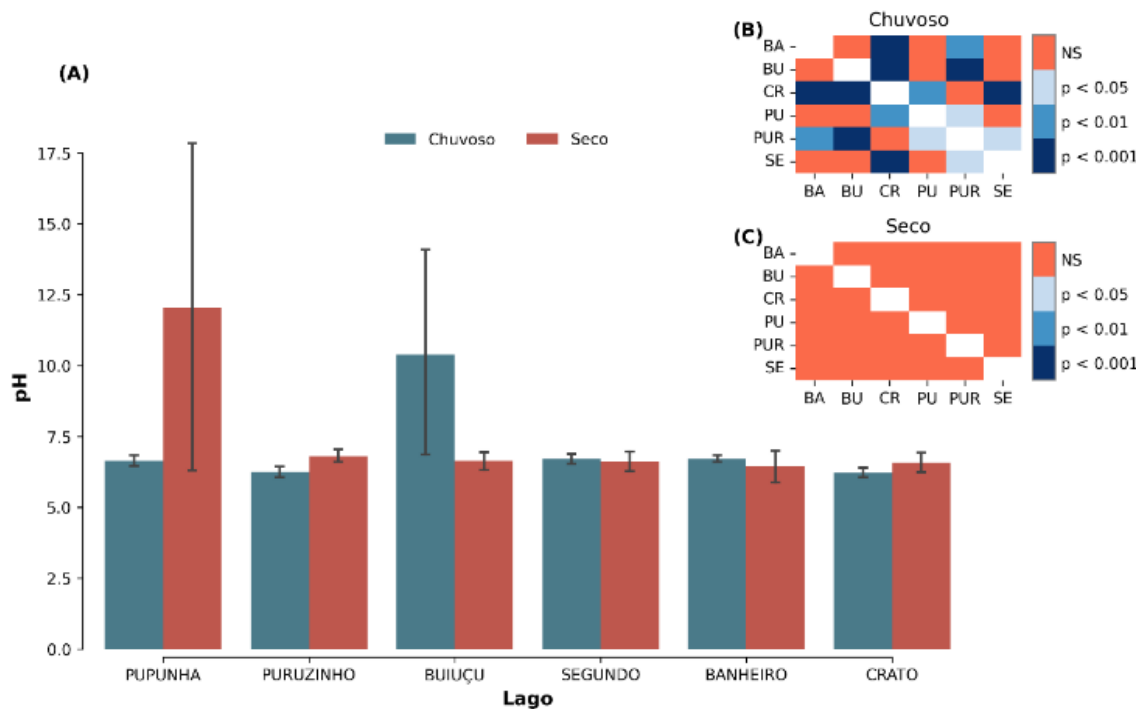
Figura 24 - Comparação da Temperatura para os Lagos estudados



Fonte: Martins, 2023.

A Figura (24a) demonstra a comparação das médias temperatura encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso temperatura nos lagos não apresentaram diferença significativa para o teste de Dunn para o período sazonal chuvoso, conforme mostra a (figura 24b) entretanto no período seco foi observado diferença significativa para o lago Puruzinho, Buiucu, Banheiro, para (figura 24c) não houve diferença significativa. A temperatura observada na série não excedeu  $30^{\circ}C$ , não impedindo o desenvolvimento e aceleração de reações químicas e bioquímicas nos ecossistemas em estudo, conforme descrito por Damo e Icka (2013).

Figura 25- comparação da variável pH para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiucu, Segundo, Banheiro Crato.

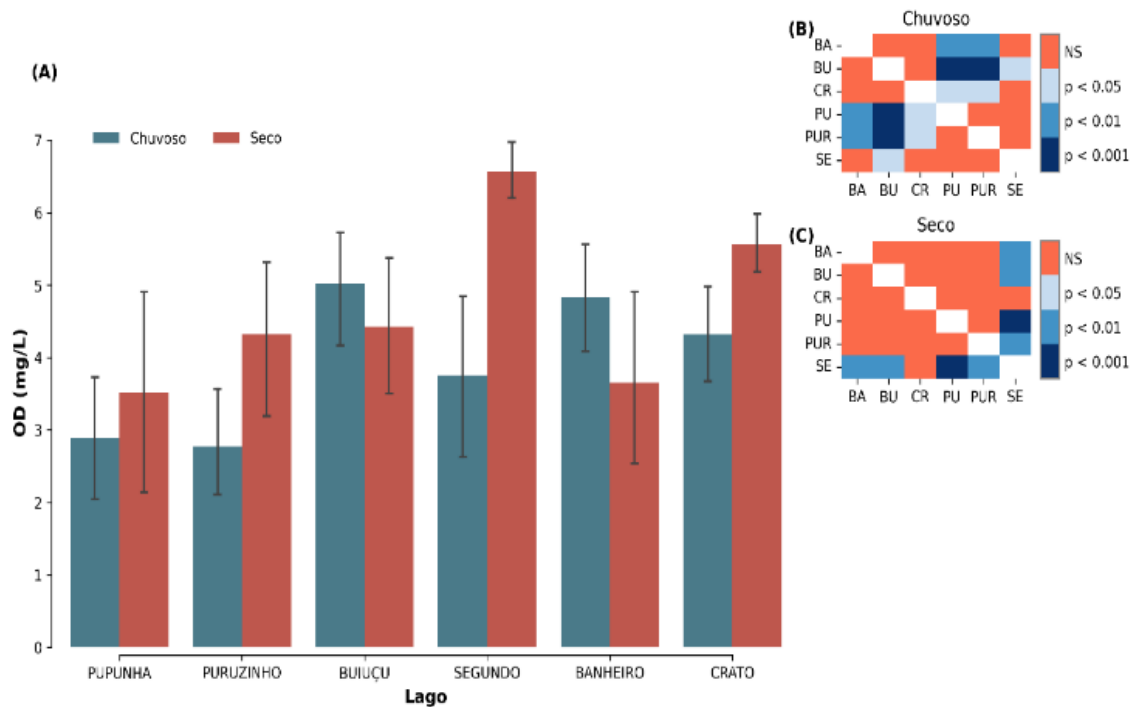


Fonte: Martins, 2023.

A Figura (25a) demonstra a comparação das médias para o pH encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. O pH dos lagos apresentaram diferença significativa para o teste Dunn para o período sazonal chuvoso nos lagos Pupunha, Buiucu, Puruzinho e Segundo, conforme mostra a figura (25b), entretanto no período seco não houve diferença significativa conforme mostra figura (25c).

Para os dados estatísticos apresentaram diferença significativa para período chuvoso nos lagos Buiucu, Crato, Puruzinho e Segundo, provavelmente ocasionado pela entrada de água do rio madeira, O elevado valor de pH da água encontrado no Lago Beseka pode ser atribuído a alta alcalinidade do lago devido a diferentes íons ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , etc.). Em consequente levantamento deste apresentou valores de pH variando de 8,6 a 10,5, com um valor médio de 9,6 (Dinka, 2017b). (Olumana, Loiskandl e Furst, 2009a) Encontrou repetidamente valores de pH até 10 desde 2009 (Olumana, Willibald e Furst, 2009b). (Damo e Icka, 2013), valores de pH relatados variando de 6,5 a 8,5.

Figura 26 - comparação da variável OD para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro Crato.



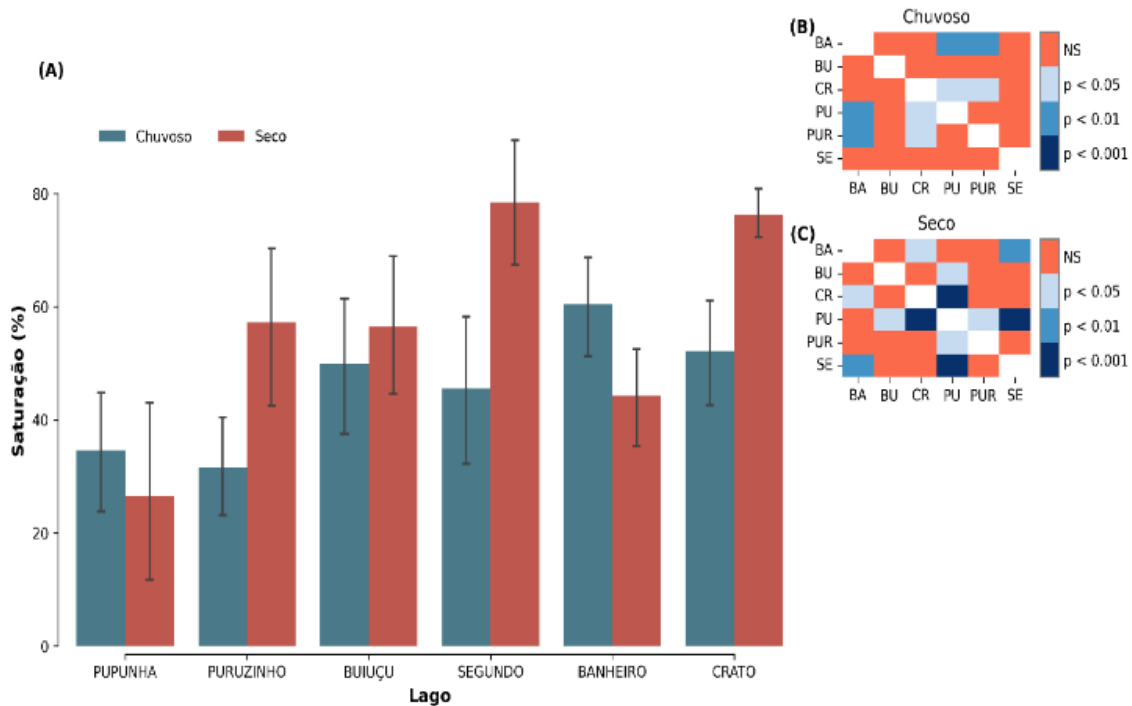
Fonte: Martins, 2023.

A Figura (26a) demonstra a comparação das médias para OD encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. O OD dos lagos apresentou uma diferença significativa para o teste de Dunn no período sazonal chuvoso para os lagos Crato, Puruzinho, Pupunha, Buiuçu conforme mostra figura (26b), entretanto no período seco com uma diferença significativa para o lago Segundo, Puruzinho conforme demonstra figura (26c). Provavelmente a diferença de OD poderá está na sua composição de áreas alagadas e a proximidade do perímetro urbano.

O oxigênio dissolvido na água é necessário para respiração e metabolismo da maioria dos organismos aquáticos e afeta a solubilidade e disponibilidade de muitos nutrientes, portanto, determina a produtividade dos ecossistemas aquáticos. (Smith, 2002). O oxigênio dissolvido diminui durante o verão e aumenta constantemente no outono até o máximo no inverno, seguindo a conhecida lei da solubilidade dos gases. (Sharma e Tiwari, 2018).

A figura 27 representa a comparação da variável Saturação (%) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro e Crato.

Figura 27 - Comparação da variável Saturação (%) para os lagos estudados.



Fonte: Martins, 2023.

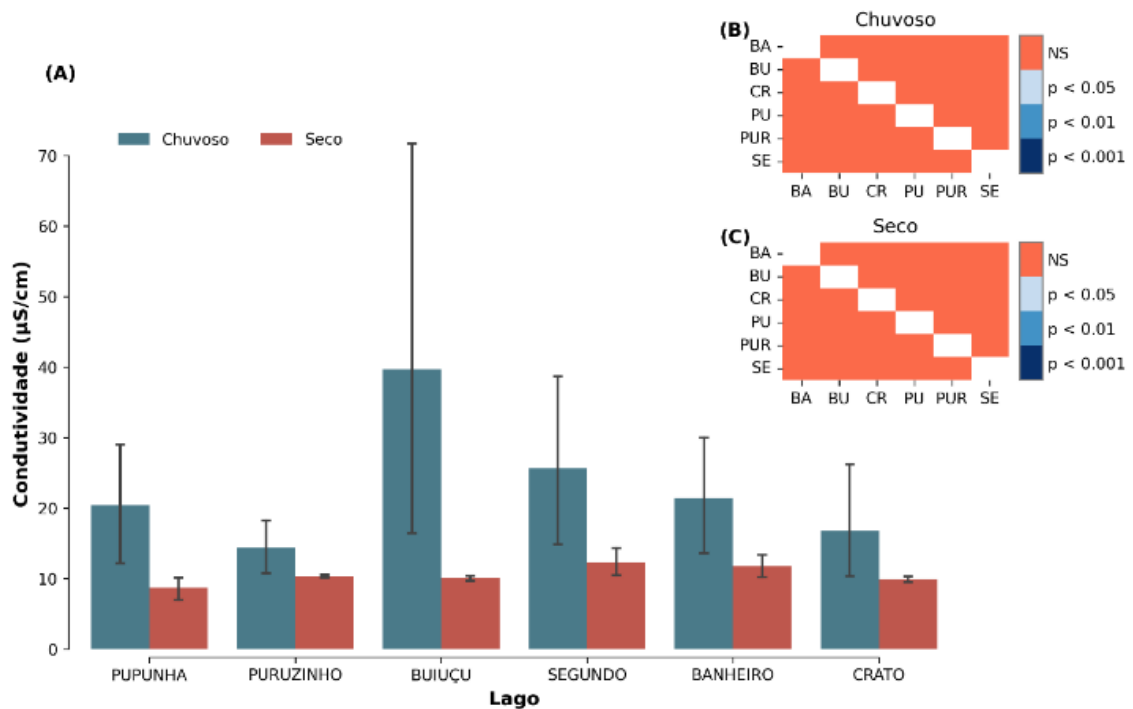
A Figura (27a) demonstra a comparação das médias para saturação, encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. A saturação dos lagos apresentou uma diferença significativa para o teste de Dunn no período sazonal chuvoso para os lagos Crato, Puruzinho, Pupunha, conforme mostra figura (27b), entretanto no período seco com uma diferença significativa para o lago Segundo, Puruzinho, Crato conforme demonstra figura (27c).

As diferenças significativas para saturação no período chuvoso para o lago Puruzinho, Pupunha poderá ser devido na estação chuvosa a alimentação do rio principal e a precipitação enquanto no período seco os lagos Segundo, Crato, Pupunha poderá ser devido ao fato do nível da água estar baixando e o alto consumo de oxigênio pelas várias reações químicas que acontecem no lago.

Poderá ocasionar um nível de saturação alto, a saturação de oxigênio é apoiada pelo fato de que lagos são muito produtivos podem ser altamente supersaturados durante todo o dia (até 250%) no verão, indicando alta, enquanto lagos com alto aporte de matéria orgânica ou um súbito declínio a produção pode ter níveis de saturação de oxigênio muito baixos. (Nielsen, Liboriussen, *et al.*, 2013)

Já na figura 28 é observado a comparação da variável Condutividade para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro e Crato.

Figura 28 - Comparação da variável Condutividade para os lagos estudados



Fonte: Martins, 2023.

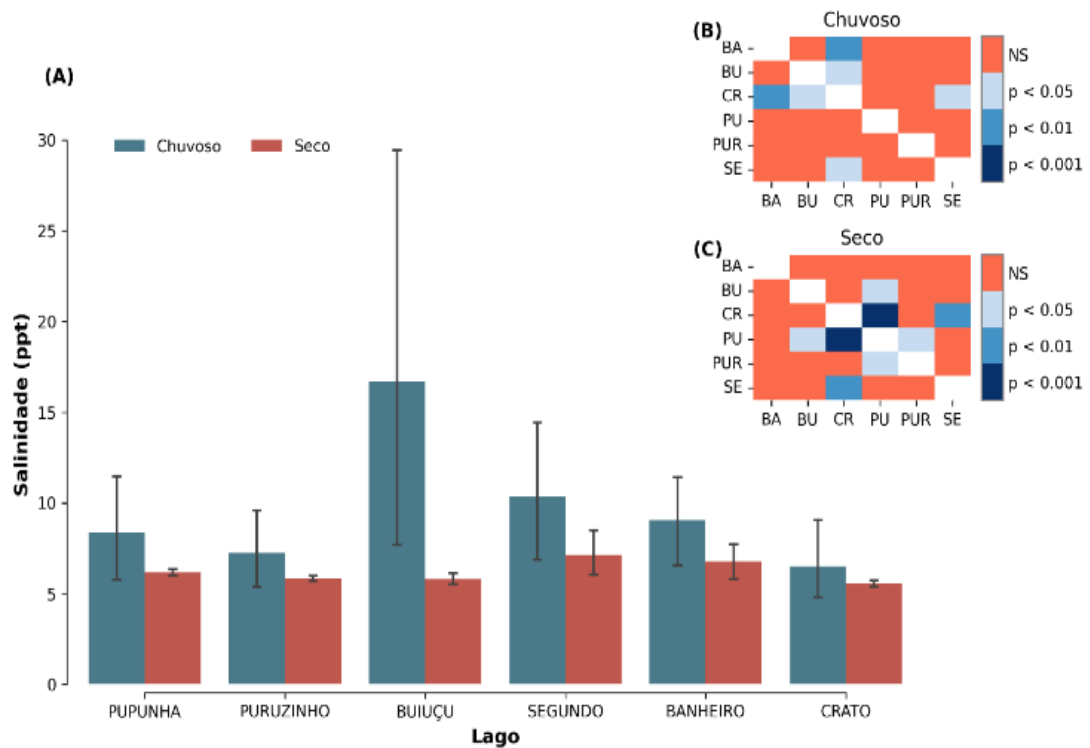
A Figura (28a) demonstra a comparação das médias para condutividade, encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. a condutividade, dos lagos não apresentaram diferença significativa para o teste de Dunn no período sazonal chuvoso para os lagos conforme mostra figura (28b), entretanto no período seco não houve diferença significativa para os lagos conforme demonstra figura (28c).

A Comparação da variável Turbidez (NTU) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro e Crato é apresentado na figura 29.



Figura 30-Comparação da variável salinidade (ppt) para os lagos estudados

Fonte: Martins, 2023.

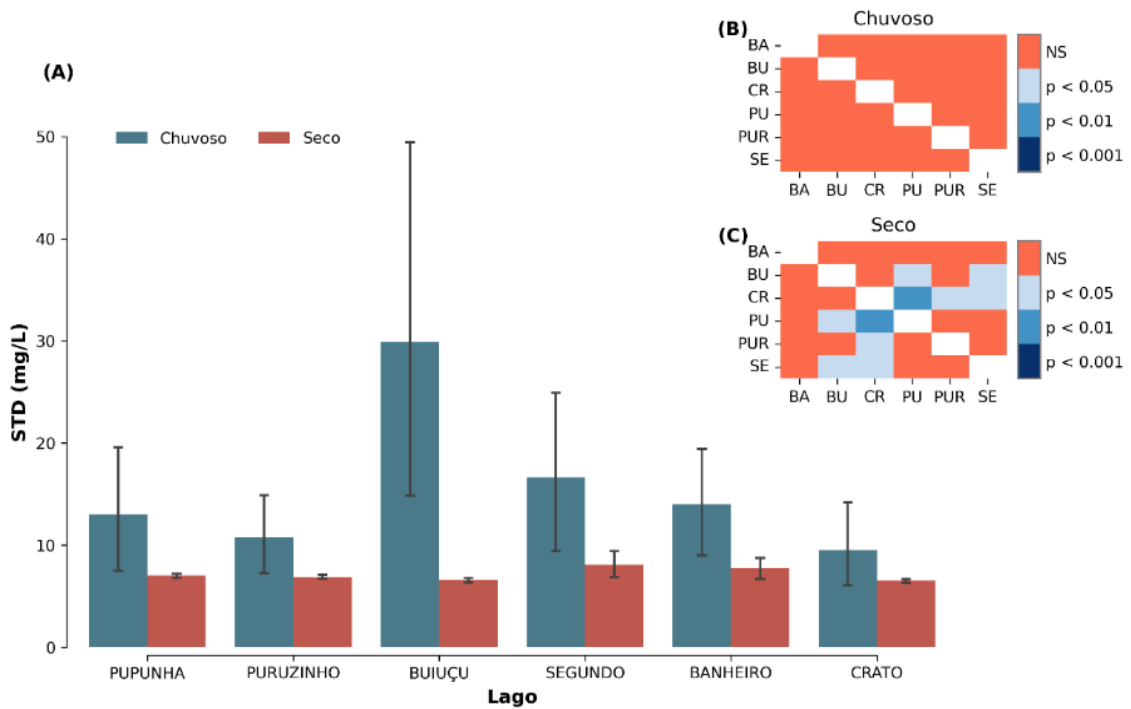


A Figura (30a) demonstra a comparação das médias para salinidade, encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. A salinidade dos lagos apresentou uma diferença significativa para o teste de Dunn no período sazonal chuvoso para os lagos Crato, Banheiro, conforme mostra figura (30b), entretanto, no período seco com uma diferença significativa para o lago Crato, Puruzinho, Buiúçu conforme demonstra figura (30c).

A diferença encontrada entre os lagos Crato e Segundo para período chuvoso, na estação seca para os lagos Crato, Pupunha, Puruzinho, Segundo. Essa atribuição pode estar ligada a drenagem de terras altas e antropogenia. (Sharma e Tiwari, 2018), (Anekar e Dongare, 2021), (Bartram e Ballance, 1996).

A Comparação da variável STD (mg/L) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiúçu, Segundo, Banheiro e Crato é observada na figura 31.

Figura 31- Comparação da variável STD (mg/L) para os lagos estudado



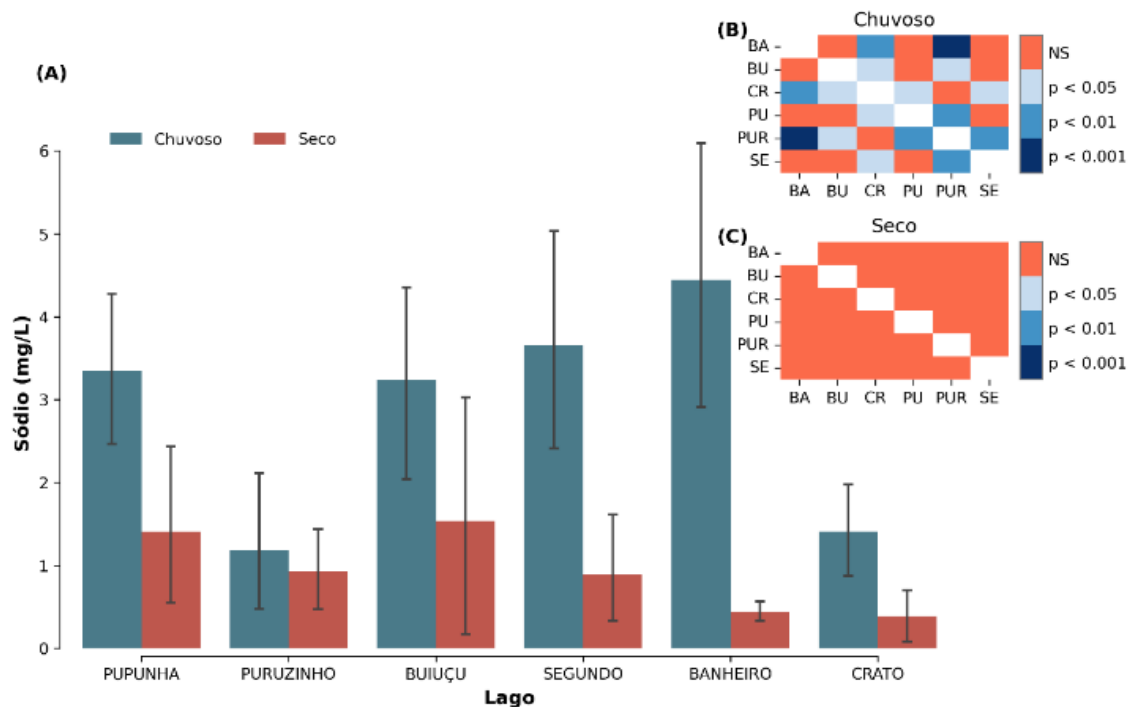
Fonte: Martins, 2023.

A Figura (31a) demonstra a comparação das médias para STD encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. A variável sólida totais dissolvidos dos lagos não apresentaram diferença significativa para o teste de Dunn no período sazonal chuvoso para os lagos conforme mostra figura (31b), entretanto no período seco com uma diferença significativa para o lago Buiuçu, Crato, Segundo conforme demonstra figura (31c).

Os Testes Kruskal-Wallis e Dunn demonstraram diferença significativa para os lagos Buiuçu e Crato, Pupunha no período chuvoso podendo ser atribuída a alta carga sólidos e precipitação, para a estação seca não houve diferença significativa para variável sólidos totais podendo ser atribuída a geologia do lago e descarga ou rebaixamento dos níveis de água destes lagos e a vários fatores relacionados aos períodos da estação chuvosa. Isso pode ser atribuído ao grande volume de água escoando pela superfície. (Sewanu Akoteyon, Balogun e Okanlawon Soneye, 2018)

Já a figura 32 apresenta a comparação da variável Sódio (mg/L) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçu, Segundo, Banheiro e Crato.

Figura 32- Comparação da variável Sódio (mg/L) para os lagos estudados.



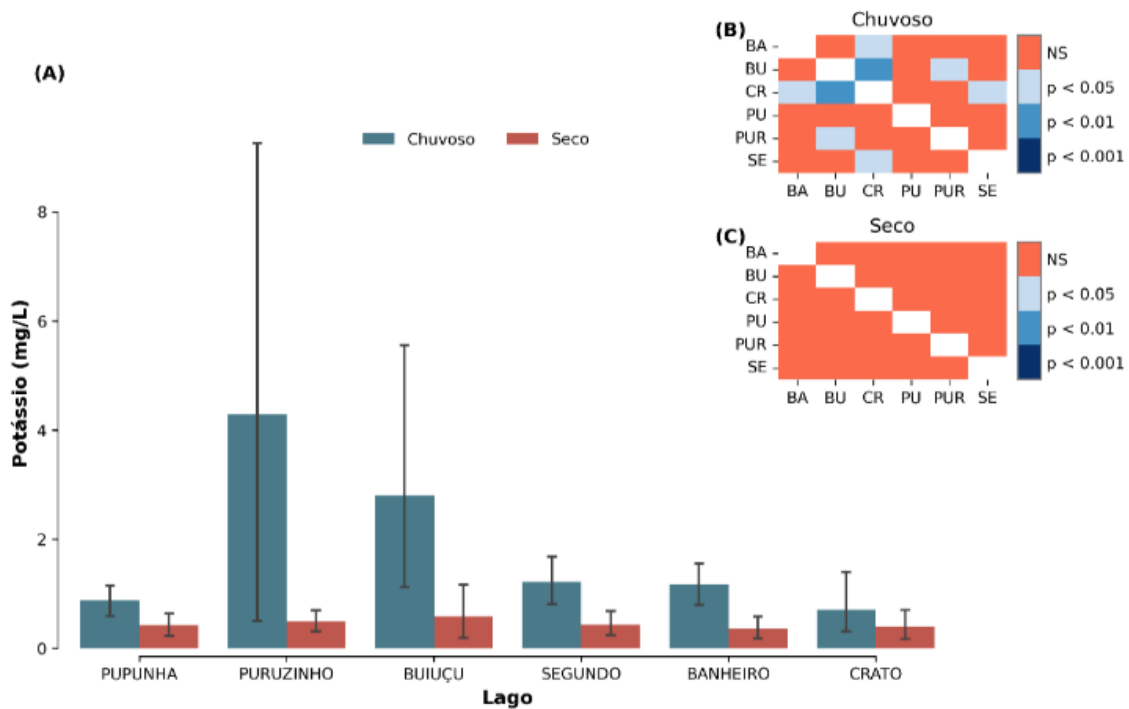
Fonte: Martins, 2023.

A Figura (32a) demonstra a comparação das médias para o sódio, encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. O sódio dos lagos apresentou diferença significativa para o teste Dunn para o período sazonal chuvoso nos lagos Crato, Puruzinho e Segundo, conforme mostra a figura (32b), entretanto no período seco não houve diferença significativa conforme mostra figura (32c).

Havendo uma diferença significativa entre os lagos Crato, Puruzinho, Pupunha para o período chuvoso que poderá ser atribuída ao aumento do volume de água. Sendo que para andinos se dá pelo processo de erosão, inverso para sazonalidade Amazônica. Durante o verão devido ao baixo volume de água e alta taxa de evaporação, enquanto a baixa concentração (8,55mg/L) de sódio no inverno devido à utilização de sódio pelo plâncton e outros organismos aquáticos (ANEKAR e DONGARE, 2021).

A figura 33 em comparação da variável Potássio (mg/L) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiçu, Segundo, Banheiro e Crato.

Figura 33 - Comparação da variável Potássio (mg/L) para os lagos estudados.

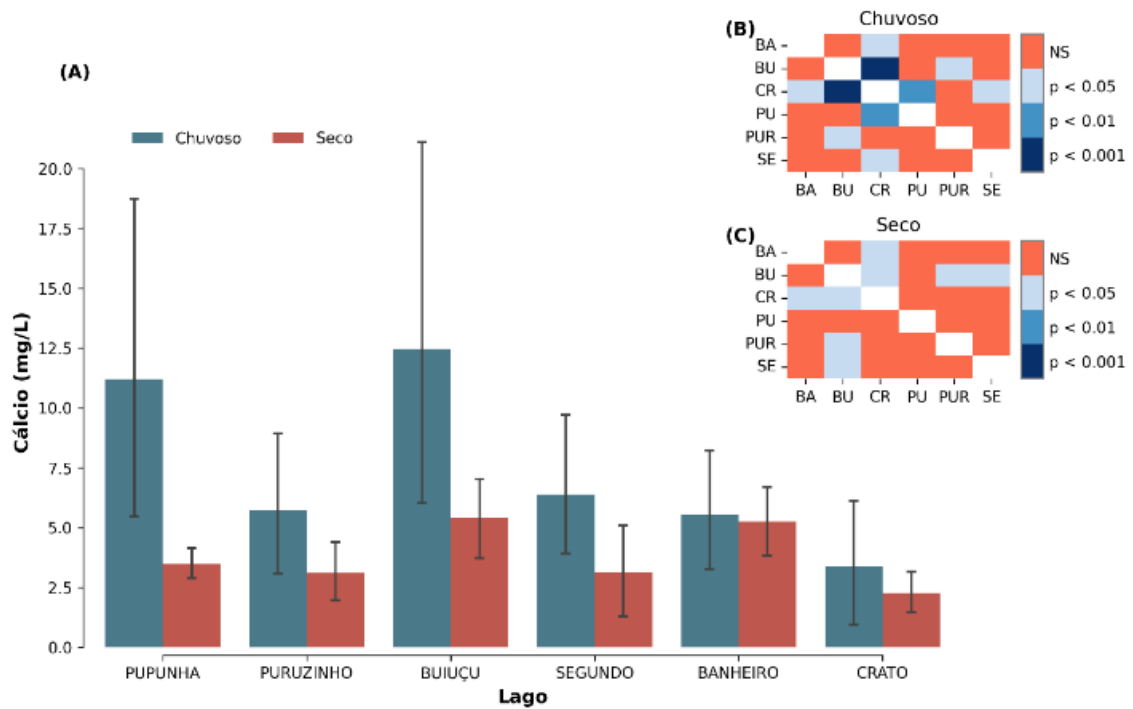


Fonte: Martins, 2023.

A Figura (33a) demonstra a comparação das médias para o potássio, encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. O potássio dos lagos apresentou diferença significativa para o teste Dunn para o período sazonal chuvoso nos lagos Crato, Banheiro, Buiucu e Segundo, conforme mostra a figura (33b), entretanto no período seco não houve diferença significativa conforme mostra figura (33c). Estatisticamente houve diferença para o Crato e Buiçu, há uma diferença a se verificar por estes lagos por terem uma cobertura vegetal podendo influenciar nas concentrações, e atribuídas a minerais aos solos locais e rochas do leito (DINKA, 2012).

A figura 34 demonstra a comparação da variável Cálcio (mg/L) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiçu, Segundo, Banheiro e Crato.

Figura 34 - Comparação da variável Cálcio (mg/L) para os lagos estudados



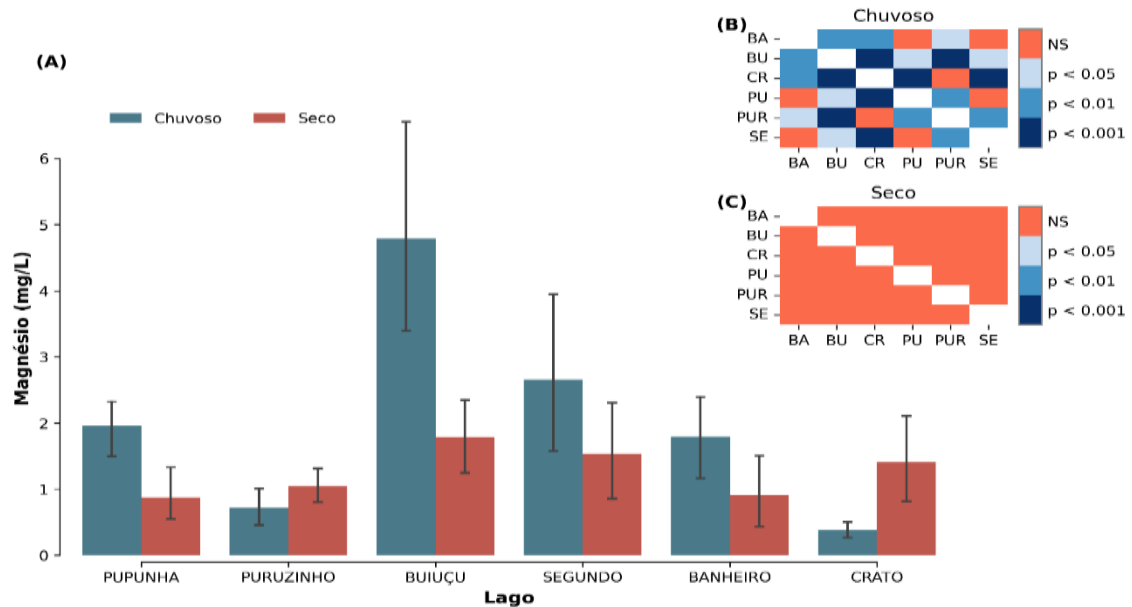
Fonte: Martins, 2023.

A Figura (34 a) demonstra a comparação das médias para o cálcio, encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. Os lagos apresentaram diferença significativa para o teste Dunn para o período sazonal chuvoso nos lagos, Buiucu, Puruzinho, Segundo, Crato conforme mostra a figura (34b), entretanto no período seco houve diferença significativa para os lagos Buiucu, Crato, segundo conforme mostra figura (34c).

Para (Reimann, 2003) avaliou ser atribuídas as atividades como irrigação extensiva ao efeito sazonal, variabilidade climática e processos vulcânicos.

Na figura 35 apresenta-a comparação da variável Magnésio (mg/L) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiucu, Segundo, Banheiro e Crato.

Figura 35 - Comparação da variável Magnésio (mg/L) para os lagos estudados



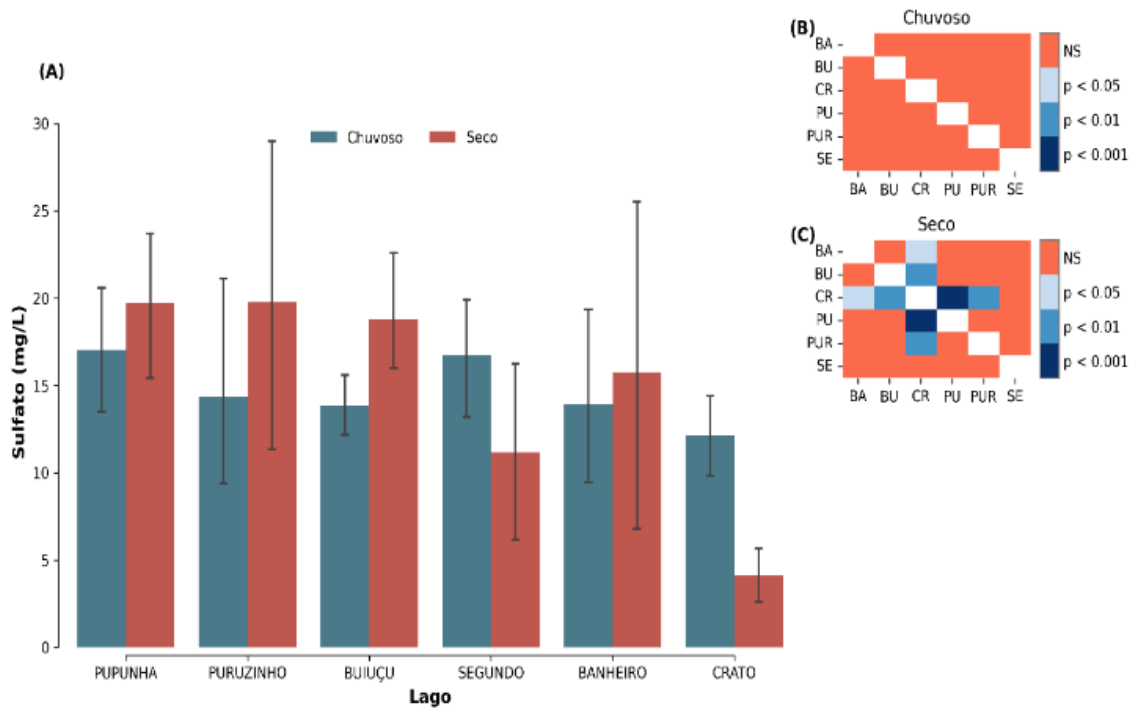
Fonte: Martins, 2023.

A Figura (35a) demonstra a comparação das médias para o magnésio encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. Os lagos apresentaram diferença significativa para o teste Dunn para o período sazonal chuvoso nos lagos Crato, Buiucu, Puruzinho e Segundo, conforme mostra a figura (35b), entretanto no período seco não houve diferença significativa conforme mostra figura (35c).

A equivalência entre os lagos Puruzinho, Banheiro, Segundo, Buiucu, podem ser atribuídas a precipitação e a drenagem ou erosão para período chuvoso. (Dinka, 2017b). Atribuiu aos minerais em solos locais e rochas do leito. (Sewanu Akoteyon, Balogun e Okanlawon Soneye, 2018) (Anshumali, 2007).

Na figura 36 apresenta o gráfico a comparação da variável Sulfato (mg/L) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiucu, Segundo, Banheiro e Crato:

Figura 36 - Comparação da variável Sulfato (mg/L) para os lagos estudados.



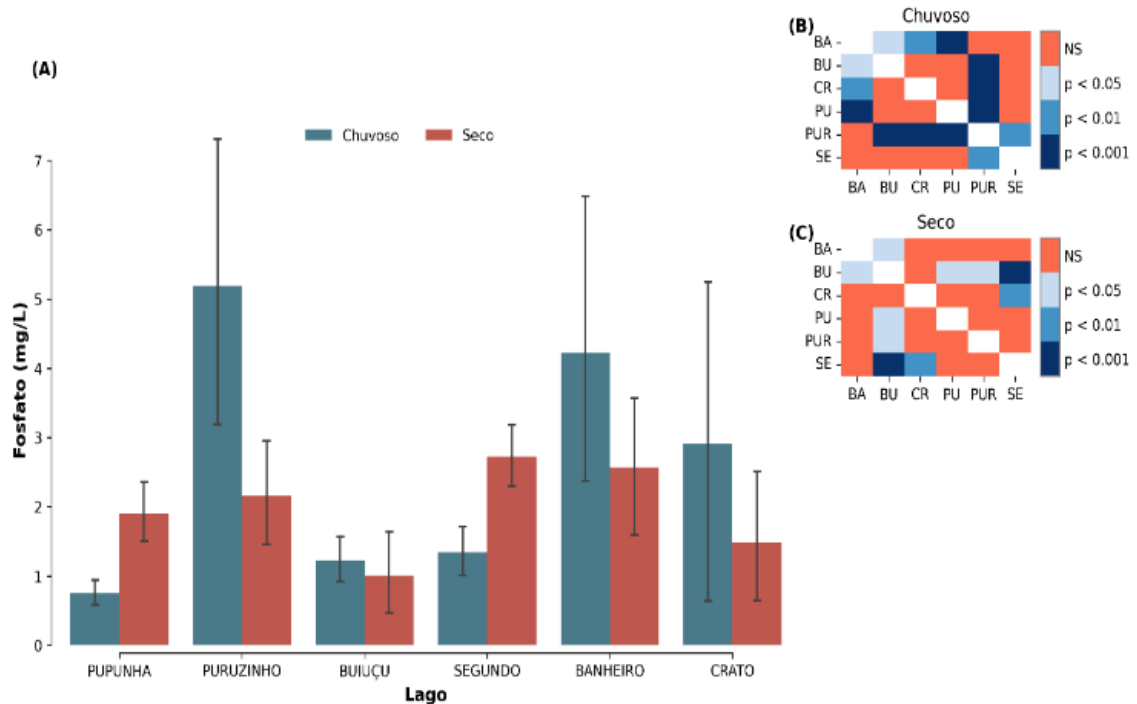
Fonte: Martins, 2023.

A Figura (36a) demonstra a comparação das médias para o sulfato, encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. Os lagos apresentaram diferença significativa para o teste Dunn para o período sazonal seco nos lagos Crato, Buiuçú, Puruzinho e Segundo, conforme mostra a figura (36b), entretanto no período chuvoso não houve diferença significativa conforme mostra figura (36c).

A relação da variável sulfato para os lagos Crato, Buiuçú, Puruzinho, poderá estar relacionada a lixiviação drenada da superfície para o lago. Os íons sulfato geralmente em águas naturais é solúvel no lago e sedimentar que se origina de rochas principalmente da oxidação de sulfato de minérios, como a solução de gesso e anidrita, e a presença de xisto e gesso (BHATERIA; JAIN, 2016).

A Comparação da variável Fosfato (mg/L) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiuçú, Segundo, Banheiro e Crato é apresentada na figura 37.

Figura 37 - Comparação da variável Fosfato (mg/L) para os lagos estudados



Fonte: Martins, 2023.

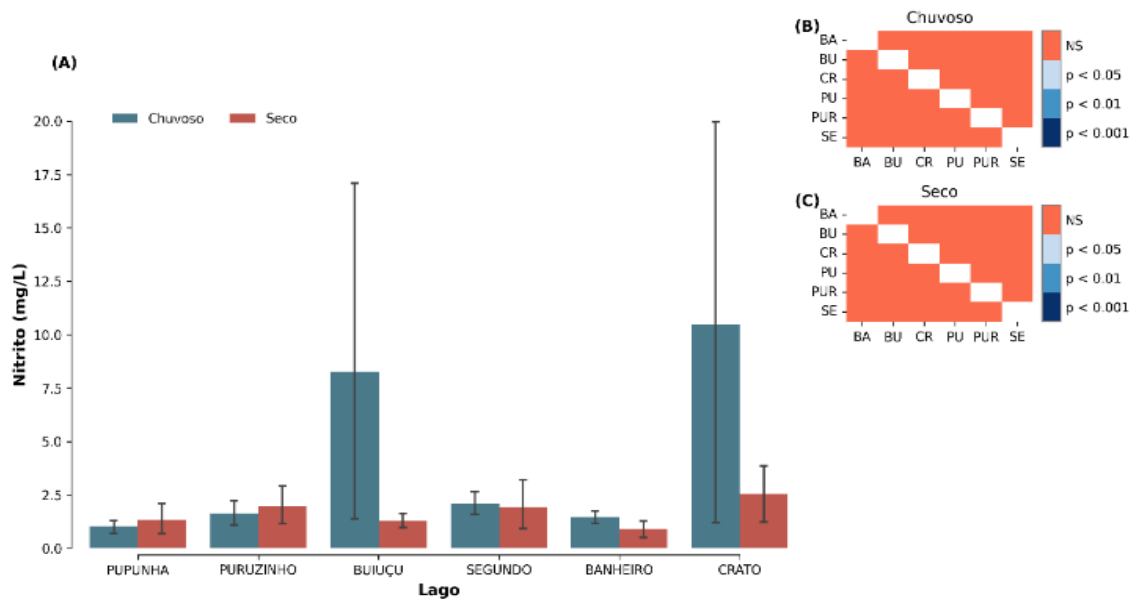
A Figura (37a) demonstra a comparação das médias para o fosfato, encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. Os lagos apresentaram diferença significativa para o teste Dunn para o período sazonal chuvoso nos lagos Crato, Buiucu, Puruzinho, conforme mostra a figura (37b), entretanto para o período seco houve diferença significativa par os lagos Crato, Buiucu, conforme mostra figura (37c).

A relação de comparação entre os lagos para variável fosfato no período chuvoso poderá está ligada a elevação do nível do lago e a precipitação com semelhanças no período seco para os lagos Crato e Buiucu, provavelmente pelo rebaixamento rápido do nível do lago. Esta diferença pode ser atribuída ao escoamento das terras agrícolas ao redor do lago (Bhateria e Jain, 2016) (Sj, Sk e JM, 1992) (Bartram e Ballance, 1996).

A figura 38 Comparação da variável Nitrito (mg/L) para os lagos Pupunha, Puruzinho, Buiucu, Segundo, Banheiro e Crato.



Figura 38 - Comparação da variável Nitrito (mg/L) para os lagos



Fonte: Martins, 2023.

A Figura (38a) demonstra a comparação das médias para o nitrito, encontrando diferenças significativas para os períodos sazonais seco e chuvoso. Os lagos não apresentaram diferença significativa para o teste Dunn para o período sazonal chuvoso conforme mostra a figura (38b), entretanto no período seco não houve diferença significativa conforme mostra figura (38c).

As diferenças dos parâmetros físico e químicos dos lagos como temperatura, oxigênio dissolvido, saturação%, turbidez, salinidade, sólidos totais, condutividade para o período de cheia e vazante. Os sais nitrito, sulfato e fosfato, metais, sódio, potássio, magnésio, cálcio na água dos lagos podem estar atribuídos as mudanças sazonais, pois durante as duas estações seca e chuvosa sais e metais apresentaram uma variação significativa. Desta maneira podemos dizer que as concentrações podem estar relacionadas a sazonalidade.

Neste trabalho, foi analisada a sazonalidade dos parâmetros físico-químicos de seis lagos da região Sul do Amazonas em relação com os gradientes físicos e químicos dos lagos.

As medias temporais da variabilidade sazonal de temperatura para superfície do lago a 0,5 metros de profundidade para período seco e chuvoso durante doze meses a conforme exposto acima as variáveis físicas e químicas dos lagos apresentaram variação sazonal para os períodos seco e chuvoso podendo ser atribuído tais variações a localização dos lagos a sazonalidade climática e o desnível de cada lago.

Para correlação das variáveis com teste de Pearson estas se comportaram não linearmente para todos os lagos, enquanto para o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov os dados não apresentam uma distribuição normal.

Para análise de redundância os dados são heterocedásticos, o teste de Kruskal Wallis e Dunn não apresentou diferença significativa nos lagos que em suas variáveis não apresentaram diferença estatística, para Temperatura, Condutividade, Potássio, Cálcio, Nitrito para os seis lagos no período seco e chuvoso.

Dessa forma, apenas a turbidez apresentou similaridade para três lagos no período chuvoso para os lagos segundo Buiçu e Banheiro, a salinidade no período seco para três lagos, Crato, Segundo e Puruzinho, no período chuvoso nos lagos Crato, Segundo e Banheiro, sólidos totais dissolvidos no período chuvoso apenas o lago Buiçu no período seco Buiçu, Segundo e Crato.

A variável sódio apresentou similaridade para período chuvoso nos lagos Puruzinho, Banheiro, Segundo, Crato, magnésio apresentou similaridade com os lagos Buiçu, Segundo, Crato, a variável sulfato apresentou similaridade para os lagos Pupunha e Puruzinho no período seco, para a variável fosfato para período chuvoso, com os lagos Puruzinho, Banheiro, Buiçu e para o período seco lago Buiçu e Segundo.

## CONCLUSÃO

Os lagos desempenham um papel importante no ciclo bioquímico e hidrológico. A água dos lagos é uma valiosa fonte para geração de energia hidrelétrica, para o uso doméstico, para irrigação, etc.

As medições de concentração de íons ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) e variáveis físicas como: transparência, turbidez, sólidos totais, salinidade mostraram uma diferença significativa entre os períodos sazonais seco e chuvoso. As concentrações de íons na variabilidade sazonal nos lagos Puruzinho, Pupunha, Crato, Buiçu, Banheiro apresentaram valores menores na estação seca e maiores valores na estação chuvosa.

Para esses lagos, os períodos sazonais mostram de forma diferente que as concentrações de variáveis físicas e químicas indicam mudanças na composição química durante os períodos sazonais seco e chuvoso. Para as análises estatísticas, as correlações que se destacam para o lago pupunha, lago Puruzinho, lago Crato, saturação, condutividade, pH, turbidez, sódio, magnésio; lago Buiçu; lago segundo, pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais, sódio, cálcio, sulfato, lago banheiro; Lago Crato

O teste Kolmogorov Smirnov demonstrou anormalidade dentro da distribuição dos dados, teste Kruskal Wallis determinou a variância dos dados não paramétricos, havendo maior influência entre os lagos para as variáveis físicas no período chuvoso para pH, OD, Saturação, turbidez, salinidade, sódio, fosfato, para o período seco apenas saturação, turbidez, salinidade, sólidos totais, cálcio, magnésio, sulfato, fosfato.

A comparação dos lagos apresentou similaridade para os dois períodos sazonais, exceto para as variáveis físicas, temperatura, condutividade, os sais nitrato, os metais cálcio e potássio para os seis lagos.

A mensuração de sais e metais nos períodos sazonais é um processo extremamente complexo, sendo necessário a análise conjunta com outros atributos, não sendo possível atribuir esse processo as quatorze variáveis de modo isolado. A presente pesquisa sugere um estudo mais abrangente e contínuo.

Portanto, os lagos são considerados sentinelas do clima, pois mantém a produtividade do ecossistema, o ciclo de nutrientes e o armazena um grande quantitativo de água para diversas utilidades.

## REFERÊNCIAS

ADRIAN R, O. C. Z. H. B. S. H. D. K. Lakes as sentinels of climate. **Aslo association for the sciences limnology and oceanography**, p. 2283–2297, 2009.

AGOSTINHO, A.; A , E. A. **The high River Paraná basin: limnological and ichthyological aspects**. Rio de Janeiro: Limnology in Brazil, 1995. 59-103 p.

AMARAL, J. H. F. et al. Seasonal and spatial variability of CO<sub>2</sub> in aquatic environments of the central lowland Amazon basin. **Springer Nature**, Switzerland, v. 143, p. 133-149, marco 2019.

ANEKAR, ; DONGARE,. Study on the fluctuation in the physicochemical parameters of Shiroli Lake, Kolhapur. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, Maharashtra, India, v. 3, p. 46-50, 13 nov. 2021.

ANEKAR, ; DONGARE,. Study on the fluctuation in the physicochemical parameters of Shiroli Lake, Kolhapur. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, Maharashtra, India, v. 3, p. 46-50, 13 nov. 2021.

ANNE EURIE FORIO, M.; L. M. GOETHALS,. An Integrated Approach of Multi-Community Monitoring and Assessment of Aquatic Ecosystems to Support Sustainable Development. **sustainability mdpi**, v. 12, p. 2-17, julho 2020.

ANSHUMALI, R. Seasonal variation in the major ion. **India.22**, p. 1736–1747, 2007.

ANSHUMALI, R. A. Seasonal variation in the major ion. **Himachal Pradesh, India.**, p. 1736–1747, 2007.

APHA, A. W. Standard methods for examination of the. (21st ed.). **Washington DC APHA ISBN- 087553-047-8**, p. 340-480, 2005.

AQUINO, R. E. D. Características de atributos do solo em ambientes da região sul do Amazonas. **Dissertação,(mestrado)-universidade estadual paulista-faculdade de ciências agrárias e veterinárias,2014**, p. 4, 2014.

ASSAD, J. D. Influência dos Processos Limnológicos e da Água Variação do Nível da Biodiversidade do Brasil Lagos amazônicos: uma abordagem ecológica. **Jornal de Ciências da Vida Aplicadas Internacional**, p. 1-8, agosto 2022.

BAIRD, R. . B. **Standard methds for the examination of water and waste water.** Washington,D.C: American Public Healt, 2017.

BARTRAM, ; BALLANCE,. **Water Quality Monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes.** London SE1 8HN: World Health Organization, v. 419, 1996.

BELÉM, R. C. S.; TADDEI, F. G. Descrição de Parâmetros Físico- Químicos das águas dos lagos da APA Nhamundá, AM No período da enchente. **UEA**, p. 14, 2017.

BENTO, D. S. M. et al. Active methane processing microbes and the disproportionate role of NC10 phylum in methane mitigation in Amazonian floodplains. **Springer Nature Switzerland**, v. iv, n. 156, p. 293-316, 2021.

BHATERIA, R.; JAIN,. Water quality assessment of lake water: a review. **Springer International Publishing**, v. 2, p. 161–173, marco 2016. Acesso em: 28 outubro 2022.

BRAGA, F. H. R. Estudo da Influência de Parâmetros Físico-Químicos no Índice de Qualidade da Água (IQA) na Amazônia Maranhense, Brasil. **water**, v. 10, p. 14, maio 2022.

BRANDIMARTE, A. L. Impacto do represamento do rio Mogi-Guaçu (Estado de São Paulo, Brasil) nas variáveis limnológicas do reservatório. **Lagos e Reservatórios: Ciência, Política e Gestão para Uso Sustentável**, p. 23-25, janeiro 2008.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil. **Departamento Nacional da Produção Mineral**, Rio de Janeiro, v. 20, 1978.

C,. Ecología pesquera de lagos y embalses patagónicos. **Dissertation, Universidad de Buenos Aires**, Argentina, 2001.

C. SHARMA,. Seasonal physico-chemical characterization of water of sacred lake. **Applied Water Science**, v. 8, p. 9, setembro 2018.

CAMPOS, M. C. C. et al. Distribuição espacial da resistência do solo à penetração e teor de água do solo em uma área de agroflorestral na região de Humaitá, AM. **Comunicata Scientiae**, v. 5, , n. 4, p. 509-517, 2014.

CARMO, L. R.; DAGNINO, R. S.; JOHANSEN, I. C. Transição demográfica e do consumo urbano de água no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Belo Horizonte, v. 1, p. 169-190, 2014.

CE, W. et al. Lakes and streams as sentinels of environmental change in terrestrial and atmospheric processes. **Front Ecol Environ**, p. 247–254., 2008.

CE, W. et al. Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. **Limnol Ocean**, v. 54, p. 2298-2314, 2009.

CONCEIÇÃO, F. T. et al. Composição Química das Águas Pluviais e Deposição Atmosférica Anual na Bacia do Alto Sorocaba. **QUÍMICA NOVA**, p. 610-616, 2011.

CORRÊA NETA, A. S. Variação Sazonal da Concentração de Metais na Microbacia do Educandos. **Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Clima e Ambiente.) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA**, , Manaus, p. 116, 2022.

COTRUVUO, J. 2017 WHO guidelines for drinking water quality: first addendum to the fourth edition. **Journal-American Water Works Association**, v. 109, p. 44-51, 2017.

CUNHA, A. C. A. L. D. S. L. Usando os isótopos estáveis  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  da água do lago e análises biogeoquímicas para identificar fatores que afetam a qualidade da água em quatro lagos estuarinos rasos da Amazônia. **Processos hidrológicos**, v. 32, p. 1188-1201, 2018.

DALU, T. . R. J. L. . L. F. . River nutrient water and sediment measurements inform on nutrient retention, with implications for eutrofication. **Elsivier**, p. 296-302, 2019.

DAMO, R.; ICKA, P. Evaluation of Water Quality Index. **J. Environ. Stud.**, v. 22, n. 4, p. 1045-1051, Fev. 2013.

DARWICH, A. J. et al. Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central. **Sérgio MELO (Orgs.), Editora INPA**, p. 40-43, 2005.

DAS BK, K. Major ion chemistry of renuka lake and. **India.**, p. 908–917, 2001.

DESCRIÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS DAS ÁGUAS DOS LAGOS DA APA NHAMUNDÁ, AM NO PERÍODO DA ENCHENTE. **UEA**, p. 14, 2017.

DINKA, M. O. Analysing the extent (size and shape) of Lake Basaka expansion (Main Ethiopian Rift Valley) using remote sensing and GIS. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 17, p. 131-141, 2012.

DINKA, M. O. Delineating the drainage structure and sources of groundwater flux for Lake Basaka, Central Rift Valley Region of Ethiopia. **Water**, v. 9, n. 12, p. 797, 2017b.

DW, et al. Chemistry of selected high-elevation lakes in seven national parks in the western United States. **Water Air Soil Pollut** , p. 139-164, 2001.

ELIAS, K. H.; BROOK,., TILAHUN, Hordofa. Effect of blended irrigation water quality on soil physico-chemical properties and cotton yield in Middle Awash Basin Ethiopia. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, v. 8, p. 1-10, 2016.

ESTEVEZ, F. A. Consideration on the ecology of wetlands, with emphasis on Brazilian Floodplain ecosystem. In: SCARANO, F. R.; FRANCO, A. C Oecologia Brasiliensis. **Ecophysiological strategies of**, Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, v. 4, p. 111-135, 1998a.

EWAID, S. H.; ABED, S. A. Water quality index for Al-Gharraf river, southern Iraq. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 43, p. 117-122, 2017.

FAÇANHA, E. B. Avaliação físico química da qualidade de águas de reservatório de usinas hidrelétricas na Amazônia oriental. **Dissertação (Mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá**, , macapa, p. 48, 2019.

FARIAS, A. C. P. D. Comunidade perifítica associada às raízes da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms no lago Água Preta (Belém-Pará). **Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia**, Belem - Para, p. 43, 2020.

FERENCZ, B.; TOPOROWSKA, M.; DAWIDEK, A. J. Temporal and Vertical Relations between Various Environmental Factors in the Largest Lake of Łęczna-Włodawa Lake District (Eastern Poland). **MDPI water**, Eastern Poland, v. 11, n. 6, p. 6-9, Junho 2019.

FERNANDES SOFFA,., ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E DESSEDENTAÇÃO NO MEIO RURAL DE. **Gestao sustentabilidade ambiental**, Florianopolis, v. 9, n. 1, p. 23-43, marco 2020.

FITO, J.; BULTOSSA, G.; KLOOS,. Physicochemical and heavy metal constituents of the groundwater. **International Journal of Energy and Water Resources**, v. 3, p. 23-32, 16 Janeiro 2019. Acesso em: 28 outubro 2022.

GARY A, L.; HAUER, F. R. **Methods in Stream Ecology**. 2º. ed. [S.l.]: Academic Press is an imprint of Elsevie, 2017.

GOPAL , B. Identification of Lakes for Conservation and Restoration National River Conservation Directorate, Ministry of Environment and Forest. **Government of India**, New Delhi, p. 234, 2005.

GRABOWSKI, C. R. et al. The land–river interface: a conceptual framework of environmental process interactions to support sustainable development. **process interactions to support sustainable development**, Sustainability Science, v. 17, p. 1677-1693, setembro 2022.

HC, H. Evaluation of irreversible reactions in geochemistry. **Geochim Cosmochim Acta** 32, p. 853–877, 1968.

IBGE. Cidades e estados-Humaita. **IBGE**, p. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/humaita.html>, 2020.

IBGE. Conheça cidades e estados do Brasil,2019,2020, rio de janeiro, 2020.

IOLLANDA, J. Diversidade funcional do zooplâncton como indicador de restauração aquática de longo prazo em um lago amazônico. **Ecologia da Restauração**, v. 29, n. 5, p. 133-365, 2021.

IZAGUIRRE, I. Conjuntos de algas em uma zona úmida, de um lago raso a lagos marginais relictuais (baixo rio Paraná, América do Sul). **Hydrobiologia**, v. 511, p. 25-36, agosto 2003.

J. BLANCA, et al. Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? **Psicothema**, v. 29, p. 552-556, junho 2017.

J. JUNK, et al. Várzeas amazonucas:Desafios para um manejo sustentável. **Editora do INPA**, 2020., Manaus, v. 327, p. 310, 2020.

JD, A. Landscapes and riverscapes: the influence of land-use on stream ecosystems. **Annu Rev Ecol Evol Syst** 35, p. 257–284, 2004.



JE, R.; AH, D.; SC,. Biogenic gases and. **Limnol.Oceanogr**, v. 33, p. 551-561, 1988.

JEMAL FITO, T. N. H. S. H. H. Physicochemical Properties of the Sugar Industry and Ethanol. **Springer**, v. 2, n. 21, p. 265-277, jun. 2018. Acesso em: 28 Outubro 2022.

JR, K. Mineral-water equilibria in silicate weathering. **Kantor J (ed) Rep XXIII Int Geol Congr, Prague, Czechoslovakia**, p. 149–160, 1968.

JUNK, W. J. E. A. The flood pulse concept in riverfloodplain. **Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.**, Ottawa, v. 106, p. 110-127, 1989.

JUNK, W. J.; WELCOMME, R. L. Floodplains. In: PATTEN, B. C. (Ed.). Wetlands and shallow continental water bodies. **The Hague: SPB Academic Publishing**, p. 491-524, 1990.

JUNK, W. J.; WELCOMME, R. L. Floodplains. In:PATTEN, B. C. (Ed.). Wetlands and shallow continental water bodies. **SPB Academic Publishing**, p. 491-524, 1990.

K. SAHOO, P. et al. Influence of seasonal variation on the hydro-biogeochemical characteristics of two upland lakes in the Southeastern Amazon, Brazil. **Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, p. 2211-2227, Agosto 2016.

KAUSHAL DK, J. H. K. S. A note onlimnological features. **Indian J Fish**, p. 217–220, 2001.

KAUSHAL DK, J. H. K. S. A note onlimnological features. **Indian J Fish 48(2)**, p. 217–220, 2001.

KEBEDE HAILU, E.; BROOK, ; TILAHUN , H. Effect of blended irrigation water quality on soil physico-chemical properties and cotton yield in Middle Awash Basin Ethiopia. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, v. 8, p. 1-10, 4 janeiro 2016.

KUMAR PODDAR, ; SAHU,. Quality and management of wastewater in sugar industry. **Appl Water Sci**, v. 7, p. 461–468, 6 janeiro 2015. Acesso em: 18 outubro 2022.

KUNDZEWICZ, Z. et al. Impacts,adaptation and vulnerability. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (eds) Fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. **University Press, Cambridge**, p. 173–210, 2007.

LATRUBESSE, E. M. Represamento dos rios da bacia amazônica. **Nature**, v. 546, p. 363–369, março 2017.

LAU, S. S. S. . L. S. N. . Biological and chemical factors on aquatic influencing shallow lake eutrofication: a long-term study. **Elsiver** , p. 167-181, 2002.

LEAL RAMOS, M. F. QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NA COMUNIDADE FLUTUANTE LAGO DO CATALÃO. **REVISTA CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, Uberlandia, v. 21, p. 98-00, março 2020.

LOMBARDO,. A origem dos lagos orientados: evidências da Amazônia boliviana. **Elsivier**, p. 502-509, 2014.

LOPES, P. P. P. L. TRANSPORTE DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO E QUALIDADE DA ÁGUA EM ZONA ESTUARINA AMAZÔNICA. **Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical-dissertação**, macapa, p. 01-61, abril 2019.

LOPES, T. D. S. **Descrição do perfil hormonal de matrizes e reprodutores de tartaruga da Amazônia (Podocnemis expansa, SCWEIGGER, 1812) em cativeiro no Amazonas.** manaus: PPGCARP, 2021. 128 p.

LYNN, C.; LYNN, C. J. UMA REVISÃO DAS COBERTURAS DE TERRENO DE PLANO RETANGULAR NOS CONDADOS ANTRIM E DOWN. **Ulster Journal of Archaeology**, p. 55-82, 2011.

MAKWINJA, R. et al. Willingness to pay for the ecological restoration of an inland freshwater ;shallow lake: case of Lake Malombe, Malawi. **Elsevier Itda**, v. 8, dezembro 2021.

MARCELO RODRIGUES DOS ANJOS, U. F. D. A. B. Análise da Variação Sazonal dos Fatores Físicos e Químicos Características da Água do Rio Roosevelt, Amazonas, Brasil. **Revista Internacional de Ecologia Social e Desenvolvimento Sustentável**, p. 4, 2022.

MATEO-SAGASTA J, B. Agriculture and water quality interactions:a global overview SOLAW background thematic report. **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)**, Rome, 2010.

MELACK, J. M.; FISHER, T. R. Comparative limnology of tropical floodplain lakes with an emphasis on the Central Amazon. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, v. 3, p. 1-48, 1990.

MISERENDINO, M. et al. Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. **Sci Total Environ** 409(, p. 572–584, 2011.

MOSCHINI, C. A comunidade planctônica em lagoas interdunais tropicais (Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Maranhão, Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, n. 2, p. 99-110, 2008.

NEIFF, J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. **Interciencia**, Caracas, v. 15, n. 6, p. 424-441, 1990.

NIELSEN, et al. **Daily net ecosystem production in lakes predicted from midday dissolved oxygen saturation**: analysis of a five-year high frequency dataset from 24 mesocosms with contrasting trophic states and temperatures. [S.l.]: LIMNOLOGY and OCEANOGRAPHY: METHODS, v. 11, 2013. 202-212 p.

NISHIKANT, J. Análise Bacteriológica e Físico-Química do Lago Lonar Água - Uma Cratera de Impacto Natural de Hipervelocidade Única em Rocha basáltica no mundo. **IJSRST**, v. 4, p. 4, 2018.

OLUMANA, ; WILLIBALD, ; FURST,. **Effect of Lake Basaka expansion on the sustainability of Matahara SE in the Awash River basin**. 34th WEDC International Conference, Addis Ababa. Ethiopia: the Awash River basin. 2009b.

OLUMANA, M.; LOISKANDL, ; FURST, J. **Effect of Lake Basaka expansion on the sustainability of Matahara SE in the Awash River basin**. 34th WEDC International Conference. Addis Ababa, Ethiopia: [s.n.]. 2009a.

PALAMULENI, ; AND MERCY, . Physico-Chemical and Microbial Analysis of Selected Borehole. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 12, p. 8619–8630, 2015. Acesso em: 24 outubro 2022.

PALMER MA, R. C. N. C. F. M. A. J. L. P. B. Climate change and the world's river basins: anticipating. **Front Ecol Environ** 6, p. 81–89., 2008.

PANDOH, A. (. T. S. O. H. M. A. P. I. L. Mandi Town, Himachal Pradesh, India. **PhD thesis, Jawaharlal**, 2006.

PARRA-LUNA, et al. Common sea urchin (*Paracentrotus lividus*) and sea cucumber of the genus *Holothuria* as bioindicators of pollution in the study of chemical contaminants in aquatic media. A revision. **Elsevier Ltd**, p. 3-9, fevereiro 2020.

PATTERSON, D. A. et al. The Influence of Water Temperature on Time to Surface for Adult Sockeye Salmon Carcasses and the Limitations in Estimating Salmon Carcasses in the Fraser River, British Columbia. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 27, p. 878–884, 2007.

PAVÃO, V. M. et al. Temperatura e Albedo da Superfície por Imagens TM Landsat 5 em Diferentes Usos do Solo no Sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 169-183, 2015.

PEDREIRA JUNIOR, A. L. et al. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá-AM. **Revista Brasileira de Climatologia**, p. v. 22, p. 463-475, 2018.

PODDAR, P. K.; SAHU, O. Omprakash. Quality and management of wastewater in sugar industry. **Applied Water Science**, v. 7, p. 461-468, 2017.

POULSEN, N. I. Æ. C. J. Influence of the Andes Mountains on South American moisture. **Springer-Verlag 2009**, p. 1, 2009.

PRAKASH DEKA , ; TAYENG, G. Source and seasonal variation in the major ion chemistry of two eastern Himalayan high altitude lakes, India. **Saudi Society for Geoscience**, p. 2, 2015.

QUERINO, C. A. S. Avaliação e Comparação de Radiação Solar Global e Albedo com Ângulo Zênital na Região Amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3a, p. 42-49, 2006.

REIMANN, C. E. A. Drinking water quality in the Ethiopian section of the East African Rift Valley I—data and health aspects. **Science of the Total Environment**, v. 311, p. 65-80, 2003.

RÍOS, V. Química de diferentes tipos de água amazônica para classificação de rios: uma revisão preliminar. **Água e sociedade**, v. 178, p. 1117, 2013.

RJ, G. Mechanisms controlling worlds water chemistry. **Science 170**, p. 1090, 1970.

RJ, R. Geochemical comparison of groundwater inareas of. **Ground water 27**, p. 690–712, 1989.

ROCHA VIDAL, R. G. Neidium Pfitzer (Bacillariophyceae) em dois lagos de inundação do rio T apajós (Amazônia-Brasil). **revista biota amazonia**, macapa, v. 1, p. 28-32, junho 2022.

ROMESCU, G. et al. The variations of physico-chemical parameters during summer in Lake Erenciuc from the Danube Delta (Romania). **Limnol**, Romania, v. 18,1, p. 21,29, 2018.

SALAM , H.; ALIABED,. Water quality index for Al-Gharraf River, southern Iraq. **Elsiver**, v. 43, p. 117-122, Junho 2017. Acesso em: 16 outubro 2022.

SCORDO, F. et al. Spatial and seasonal dynamics of water physical–chemical parameters. **Environmental Earth Sciences**, p. 4, 30 November November 2020. Acesso em: 2023.

SERAFY, J. E. E. et al. Evaluating the rainwater killifish (*Lucania parva*) as an indicator of Everglades restoration. *Restoration ecology*. **Restoration ecology**, v. 29, n. 3, 2021. ISSN 1-12.

SERIQUE, K. K. Emparelhamento de análises quantitativas e qualitativas durante Evento de Inundação no Lago Mamiá (Rio Amazonas). **British Journal of Environment & Climate Change**, v. 7, p. 1-12, 2017.

SEWANU AKOTEYON, ; BALOGUN, I. B.; OKANLAWON SONEYE, A. S. Integrated approaches to groundwater quality assessment. **Water Science**, v. 8, n. 200, p. 1-19, 2018. Acesso em: 28 outubro 2022.

SHARIFINIA,. **Water quality assessment of the Zarivar Lake using physico-chemical parameters and NSF-WQI indicator, Kurdistan Province-Iran**. [S.l.]: International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 2013. p. 302-312.

SHARMA, R. C.; TIWARI,. **Seasonal physico-chemical characterization of water of sacred lake**. [S.l.]: Applied Water Science, v. 8, 2018. 164 p.

SHIMODA, Y. et al. Our current understanding of lake ecosystem response to climate change: what have we really learned from the north temperate deep lakes? **J Gt Lakes** **37**, p. 173–193, 2011.

SILVA, J. P. Índices de qualidade da água no sistema de captação de água da região amazônica (Brasil). **Scientia Plena**, p. 10, 4 dez. 2019.

SILVA, L. S. D. Fatores que afetam a variabilidade sazonal de camarões planctônicos (Dendrobranchiata) ao longo de um gradiente estuário-oceano na plataforma continental amazônica. **Jornal da Associação de Biologia Marinha**, Reino Unido, p. 1–12, abril 2021.

SIOLI, H. Das wasser in amazonasgebier. **Forsh.Fortschr**, v. 26, p. 274-280, 1950.

SIPPEL, S.; ET AL, J. **Inundation area and morphometry of lakes on the Amazon River floodplain, Brazil**.4. ed. Stuttgart: Arch Hydrobiol, v. v. 123, 1992. 385-400 p.

SIWEK, H.; WŁODARCZYK, M.; CZERNIAWSKI, R. Trophic state and oxygen conditions of waters aerated with pulverising aerator:the results from seven lakes in Poland. **Water**, v. 10, p. 219, 18 fevereiro 2018.

SJ, S.; SK, H.; JM, M. Inundation area and morphometry of lakes on theAmazon River floodplain, Brazil. **Brazil. Arch Hydrobiol**, v. 123, p. 385-400, 1992.

SMITH,. **Limnology—Inland water ecosystems**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 179-236 p.

STOCKDALE, A. et al. Conceptual framework underpinning management of soil health—supporting site-specific delivery of sustainable agro- ecosystems. **John Wiley & Sons Ltd**, p. 1-18, 5 outubro 2018.

SU, H. J. . W. . X. L. . C. H. X. Stoichiometric mechanisms of regime shifts in freshwater ecosystem. **Elsevier**, p. 302-310, 2019.

SUMI HANDIQUE, P. S. K. K. B. J. K. T. Spatial and Temporal Variations in the Geochemistry of the Brahmaputra River Water. **International Journal of Geosciences**, p. Vol.08 No.05, Article ID:76684,10 pages, 2017.

T, P. Chemical characteristic and equilibration in nat-ural water-. **Geochim Cosmochim Ac**, p. 217–240, 1972.

T. HO, ; L. M. GOETHALS,. Opportunities and Challenges for the Sustainability of Lakes and Reservoirs in Relation to the Sustainable Development Goals (SDGs). **Water**, p. 2-19, novembro 2019.

TALBOT, M. Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy. **Blackwell Science**, Oxford, p. 83–125, 1996.

TESHOME, F. Seasonal Water Quality Index and Suitability of the Water Body to Designated Uses at the Eastern Catchment of Lake. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, p. 279-290, 2020.

TR, ; SG,. The surface water component of the environmental monitoring and assessment program (EMAP). **Aquat Ecosyst Health Manag**, v. 2, n. 1, p. 119-126, 1992.

UMERFARUQ,. Physico-chemical Parameters of Water in Bibi Lake, Ahmedabad, Gujarat. **Pollution Effects & Control**, Gujarat, India, v. 3, n. 2, janeiro 2015. Acesso em: 23 outubro 2022.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. **Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation**. Chichester: Regul. Rivers Res. Manag, v. 11, 1995. 105-119 p.

WESSELINGH, F. Lago Pebas de vida longa do Mioceno como estágio de irradiações de moluscos, com implicações para a evolução da paisagem na Amazônia Ocidental. **Scripta Geologica**, p. 1-17, 2014.

WHITE , A. Determining mineral weathering rates based on solid and solute weathering gradients and velocities-Application to biotite weathering in saprolites. **Chem Geol**, v. 190, p. 69-89, 2002.

WHO ,. Guidelines for Drinking-water. **first addendum to the fourth edition**, 2017.

WILLIAMSON, C. et al. Lakes and streams as sentinels of environmental change in terrestrial and atmospheric processes. **Front Ecol Environ** 6, p. 247–254, 2008.

YIN, ; ZHAO, ; PEREIRA , P. Soil conservation service underpins sustainable development goals. **Elsevier**, v. 33, dezembro 2021.

ZAHARESCU, D. et al. Trace metals and their source in the catchment of the high altitude Lake Resposuso. **Sci Total Environ**, Central Pyrenees, v. 407, p. 3546-3553, 2009.

ZANG, C. (. C. **Zhang, Chunlong. (2007). Fundamentals of environmental sampling**. New jersey: Published by John Wiley & Sons, Inc, 2007. Disponivel em: <978-0-471-71097-4>.

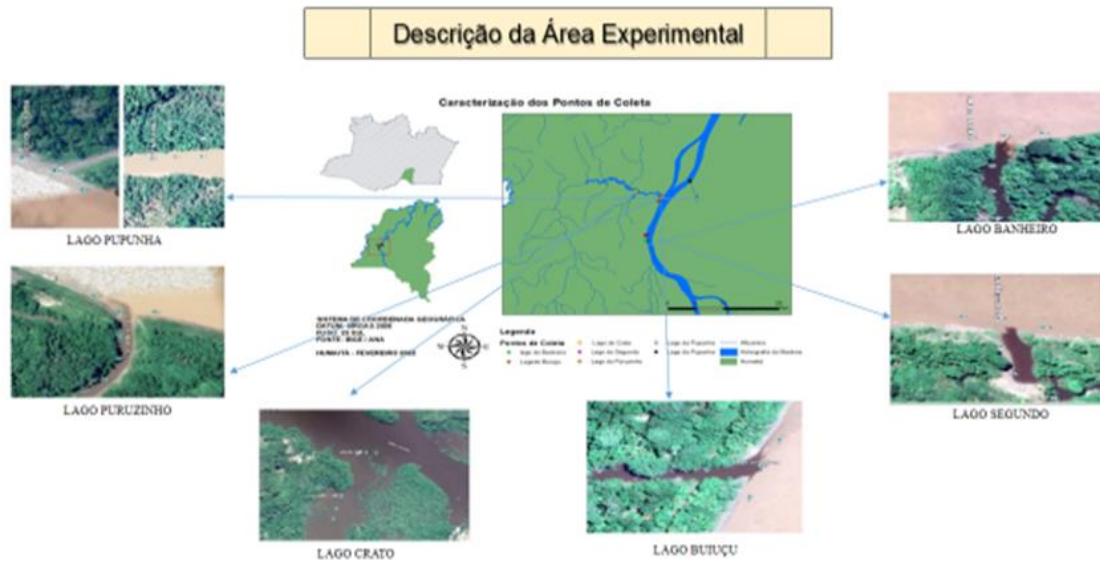
ZHANG, et al. Spatial and seasonal variation of water parameters, sediment properties, and submerged macrophytes after ecological restoration in a long-term (6 year) study in Hangzhou

west lake in China: Submerged macrophyte distribution influenced by environmental var.  
**Water Research**, v. 186, p. 116-139, nov. 2020.



**ANEXOS**

ANEXO A



ANEXO B

