

## Geociências

### Variação espaço-temporal e nictermeral dos parâmetros limnológicos no Delta do Jacuí, Lago Guaíba, RS, Brasil

Space-temporal and nictermeral variation of limnological parameters in the Jacuí Delta, Lake Guaíba, RS, Brazil

Marco Vinicius Martins<sup>I</sup> , Simone Caterina Kapusta<sup>II</sup> , Cristiano Poletto<sup>I</sup> 

<sup>I</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>II</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Porto Alegre, RS, Brasil

## RESUMO

A água é um bem essencial à vida, participante da grande maioria dos processos ambientais e nas atividades humanas voltadas à produção, consumo e lazer. As avaliações dos parâmetros da água, contemplando os estudos sobre as variações espaço-temporais, as alterações nictermerais (modificações ao longo das 24h do dia) e a distribuição vertical desses parâmetros ao longo da coluna d'água, são importantes para o conhecimento sobre a qualidade da água e do entendimento dos processos ecológicos em ambientes aquáticos. A preocupação ambiental é crescente na bacia hidrográfica do Lago Guaíba, uma vez que o aporte de carga orgânica dos rios formadores, principalmente dos rios Gravataí e Sinos comprometem a qualidade da água no Delta do Jacuí. No presente trabalho foram avaliadas variáveis físicas e químicas da água em dois pontos amostrais, no canal esquerdo (Canal Navegantes) e no canal direito (Canal Jacuí), ambos localizados no Delta do Jacuí, em Porto Alegre e Eldorado do Sul, RS. Os valores de pH, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez e condutividade elétrica foram obtidos na coluna d'água em três profundidades (superficial, média, fundo), nos meses de setembro e novembro de 2019 e janeiro e fevereiro de 2020, com o auxílio de equipamentos portáteis, em um perfil de 24h. Através da análise de variância, verificou-se que para pH, os valores médios na água superficial foram significativamente mais elevados. Condutividade e OD espacialmente se diferiram. Por meio da correlação foram detectados valores positivos da temperatura com o pH (0,46), do pH com oxigênio (0,30) e negativo para condutividade e oxigênio dissolvido (-0,55). A análise de componentes principais (PCA), quando analisados o componente principal 1 e 2, juntos representam 75,62% de toda a variância dos dados. Para os meses, verificou-se diferença significativa entre todos. Os locais de amostragem evidenciaram inversão térmica em setembro e novembro e estratificação térmica e química em fevereiro.

**Palavras-chave:** Lago Guaíba; Parâmetros limnológicos; PCA

## ABSTRACT

---

Water is an essential good for life, participating in the vast majority of environmental processes and in human activities aimed at production, consumption and leisure. The evaluations of the water parameters, contemplating the studies on the spatio-temporal variations, the nictemeral alterations (changes throughout the 24 hours of the day) and the vertical distribution of these parameters along the water column, are important for the knowledge about the water quality and understanding of ecological processes in aquatic environments. Environmental concern is growing in the Lake Guaíba hydrographic basin, since the organic load input from the forming rivers, especially the Gravataí and Sinos rivers compromise the water quality in the Jacuí Delta. In the present work, the physical and physical variables of the water were evaluated in two sampling points, no left channel (Canal Navegantes) and no right channel (Canal Jacuí), both sharing in Delta do Jacuí, in Porto Alegre and Eldorado do Sul, LOL. The pH, dissolved oxygen, temperature, turbidity and electrical conductivity values were collected in the water column at three depths (surface, medium, deep), in September and November 2019 and January and February 2020, with the help of portable equipment, in a 24h profile. Through analysis of variance, it was found that for pH, the mean values in surface water were higher. Conductivity and OD spatially differed. Through correlation, positive values of temperature with pH (0.46), pH with oxygen (0.30) and negative values for conductivity and dissolved oxygen (-0.55) were detected. The (PCA), when the main component 1 and 2, together represent 75.62% of all data variation. For the months, there was a difference between all. The sampling sites showed thermal inversion in September and November and thermal and chemical stratification in February.

**Keywords:** Guaíba lake; Limnological parameters; PCA

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do ser humano, sendo, de uma forma geral, influenciada pelo uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2005). No Brasil, as principais fontes de degradação dos recursos de água doce são esgotos domésticos e industriais, que podem promover a degradação ecológica e sanitária do corpo hídrico, com significativos prejuízos ecológicos, econômicos e sociais (ESTEVES e MENEZES, 2011).

Avaliar a qualidade da água de um ambiente aquático requer um estudo amplo, contemplando características físicas, químicas e biológicas, com objetivo de identificar as condições em que a água se encontra (KIMURA, 2014).

A avaliação e monitoramento da qualidade da água são necessários para alertar sobre os riscos à saúde pública e aos recursos hídricos (TUCCI, 2008; CHIGOR *et al.*, 2012). No entanto, as informações acerca dos dados de qualidade da água estão disponíveis como amostras irregulares (FERREIRA *et al.*, 2019).

O Delta do Jacuí, localizado na porção norte do Lago Guaíba à leste do estado do Rio Grande do Sul, é formado pela confluência dos rios Gravataí, dos Sinos, Jacuí e Caí, formando um conjunto de ilhas fluviais, apresentando ambientes peculiares, que atuam como um imenso filtro natural, contribuindo para a qualidade das águas do Guaíba e com a produtividade de pescado (RIO GRANDE DO SUL, 2017). Nesse sistema tem-se a Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí (APAEDJ) e o Parque Estadual Delta do Jacuí - PEDJ (RIO GRANDE DO SUL, 2005).

Apesar da importância do Lago Guaíba para a região metropolitana de Porto Alegre, há um histórico descaso com esse ambiente, que apresenta diversos trechos com águas comprometidas, com percepção pública dessa realidade e limitação de usos diretos de suas águas (ANDRADE *et al.*, 2019). Ressalta-se que os locais de captação da água para o abastecimento público do município de Porto Alegre são oriundos da região deltaica e do lago, e que episódios de alteração no gosto e cor da água têm ocorrido, principalmente, durante o verão.

De acordo com Andrade e Giroldo (2014), o Lago Guaíba e sua região deltaica estão em diferentes estágios de eutrofização, correspondente aos fluxos que ali aportam, com influência da variação sazonal. O aporte de carga dos rios formadores, principalmente dos rios Gravataí e Sinos, bem como alguns pontos da margem esquerda do lago, estão mais comprometidos em função de maior adensamento populacional associado à menor vazão de tributários contribuintes (GUERRA, 1999; ANDRADE *et al.*, 2012).

Em estudo desenvolvido por Martinez e Poleto (2014) na rede de drenagem da sub-bacia Almirante Tamandaré que escoar para o Canal Navegantes no Delta do Jacuí, os autores verificaram que os sedimentos estavam moderadamente a altamente contaminados por metais pesados, associados ao intenso tráfego da região. Os poluentes transportados através da rede de drenagem, associados aos sedimentos podem ser liberados para a coluna d'água, por ocasião de modificações das características do ambiente, tais como teores de oxigênio dissolvido e pH (POLETO e CASTILHOS, 2008; SARI, POLETO e CASTRO, 2013).

Martins *et al.* (2019) destacam que o acompanhamento e análise nictemeral são relevantes para a compreensão da situação comportamental das variáveis abióticas, visto que em seus estudos observaram variações limnológicas ao longo da coluna d'água em um ciclo de 24 horas, em uma área no Delta do Jacuí. Essa compreensão é importante, uma vez que as propriedades físicas e químicas da água influenciam os organismos aquáticos, podendo afetar sua distribuição vertical e nictemeral (RANGEL *et al.*, 2009), tais como fitoplâncton (BECKER e HUSZAR, 2009; BARBOSA *et al.*, 2011; PINTO e BECKER, 2014) e zooplâncton (SILVA *et al.*, 2018).

Visando colaborar com subsídios para o entendimento dos processos ocorrentes no sistema deltaico, o presente trabalho analisou a distribuição vertical e nictemeral de algumas variáveis limnológicas da água em dois pontos amostrais, com influência de fluxos distintos de seus rios formadores, durante as estações da primavera e do verão.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba possui uma área de 2.973,31 Km<sup>2</sup>, dos quais 482,25 Km<sup>2</sup> são ocupados pelo Delta do Jacuí (COMITÊ DO LAGO GUAÍBA, 2016). Ainda de acordo com o referido documento, a área da Bacia Hidrográfica abrange total ou parcialmente, o território de 14 municípios, incluindo a capital do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Predominam na área da bacia, as atividades industriais, o setor de serviços e a agropecuária.

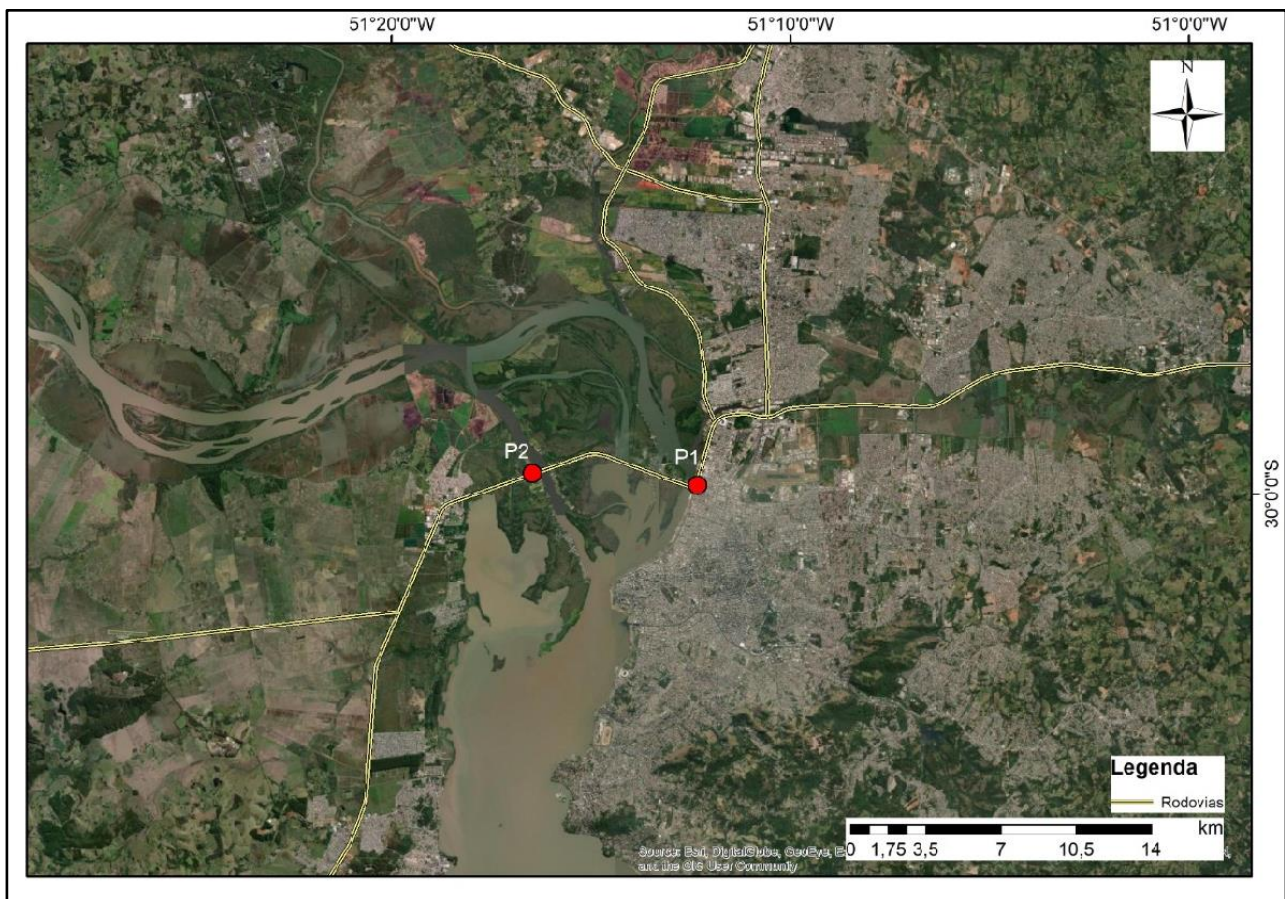
O clima do Rio Grande do Sul pode ser classificado de acordo com Köppen (1948), como Temperado do tipo Subtropical Mesotérmico Úmido. Conforme Rossato (2011), que considerou a escala estadual, o Delta do Jacuí está em uma zona de transição entre dois sistemas climáticos (Subtropical II e Subtropical III), que se caracterizam pela influência dos sistemas polares e tropicais marítimos com influências do relevo e da maritimidade. De acordo com a autora, os sistemas frontais são responsáveis por grande parte das precipitações que variam entre 1500 mm a 1700 mm anuais, relativamente bem distribuídas ao longo do ano, porém mais concentrada nos meses de outono e primavera.



Na área de estudo tem-se a presença dos biomas Mata Atlântica e Pampa, com a vegetação caracterizada por formações pioneiras, vegetação com influência fluvial e ou lacustre, herbáceas sem palmeiras (SEMA, 2014). Essa região é predominantemente composta pelo solo Neossolos Flúvico Eutrófico (IBGE, 2006), e Planície Alúvio coluvionar.

Os pontos amostrais onde o estudo foi desenvolvido estão localizados no Delta do Jacuí, Lago Guaíba, RS. O ponto 1 (P1), localiza-se no canal esquerdo, denominado Canal Navegantes, com coordenadas geográficas Lat 29°59'34.78"S e Long 51°12'24.00"O, local próximo, porém não inserido no Parque Estadual Delta do Jacuí (PEDJ), no município de Porto Alegre. O ponto 2 (P2) localiza-se no canal direito (Canal Jacuí), município de Eldorado do Sul, com coordenadas geográficas Lat 29°59'38.91"S e Long 51°16'15.94"O (Figura 1).

Figura 1 – Localização geográfica dos pontos de coletas, Canal Navegantes (P1) e Canal Jacuí (P2) no Delta do Jacuí, Lago Guaíba, RS



Fonte: Autores (2020)

De acordo com Andrade *et al.* (2012) o Canal de Navegantes apresenta águas comprometidas devido a contribuição principalmente do Rio dos Sinos e do Rio Gravataí, enquanto que o Canal Jacuí apresenta águas de melhor qualidade, quando comparado com o Navegantes, devido ao Rio Jacuí contribuir com maior volume e vazão de água. O entorno do ponto 1 (P1) apresenta alto grau de urbanização e industrialização, com risco de déficit hídrico superficial (porção das Bacias Hidrográficas do Rio dos Sinos e Gravataí), o entorno do ponto 2 (P2) caracteriza-se por ambientes alterados pela ação antrópica, tendo ocorrido a substituição de pequenas áreas protegidas e banhados por culturas de arroz e pecuária (RIO GRANDE DO SUL, 2010).

As campanhas amostrais foram realizadas nos meses de setembro e novembro de 2019 (estação de primavera), e janeiro e fevereiro de 2020 (verão). As amostras de água foram obtidas com uma garrafa de Van Dorn horizontal (2 L), ao longo de um perfil vertical, contemplando a superfície da água (primeiros 30cm de profundidade), profundidade média e água de fundo (10 cm acima do sedimento). A profundidade da coluna da água, oscilou conforme a campanha amostral. No P1 as profundidades foram de 3,26 - 4,15 - 2,40 e 2,20 metros e no P2 foram de 2,86 - 3,40 - 2,40 e 2,30 metros, nas campanhas de setembro, novembro, janeiro e fevereiro, respectivamente.

As coletas foram realizadas a cada duas horas, durante o período de 24h, com início às 09:00 da manhã aproximadamente. Em cada amostra foram obtidos os valores de temperatura (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg/L), condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), com o Multiparâmetro AK88-Akso. Para a turbidez (NTU) os valores foram obtidos com a sonda Horiba U-53.

Dados de precipitação mensal e média histórica foram cedidos pela empresa Somar Meteorologia que utiliza uma interpolação das estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

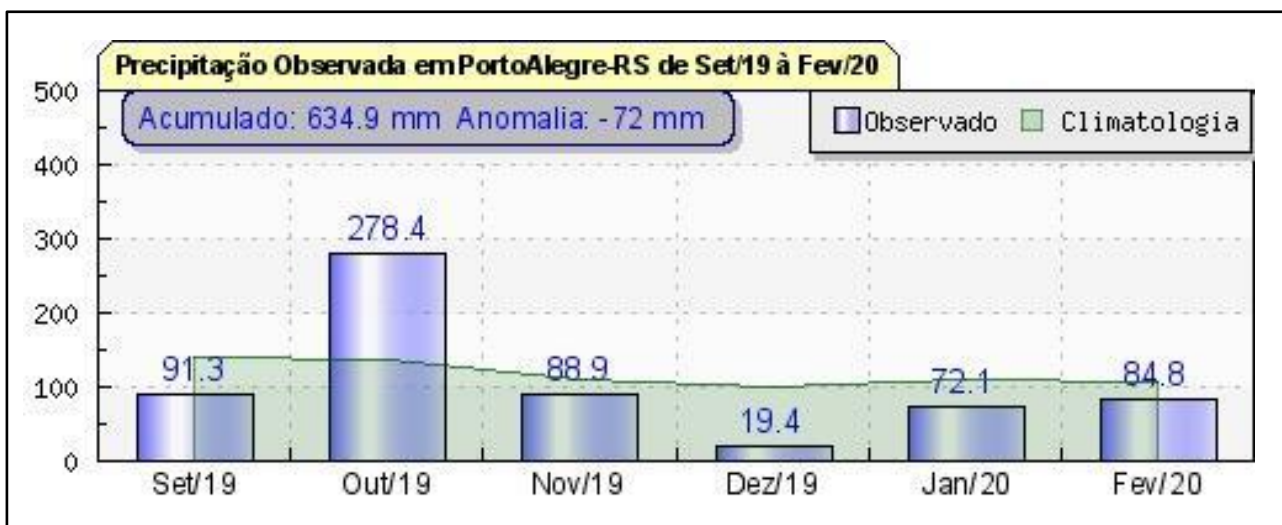
Para a análise dos resultados, foi efetuada a estatística descritiva. O teste não paramétrico ANOVA foi utilizado para testar diferenças entre as profundidades (superfície, meio e fundo), locais (pontos) e tempo (meses). Quando a ANOVA foi significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com intervalo de

confiança de 95% ( $p < 0,05$ ). A análise de correlação paramétrica (Spearman), foi utilizada para determinar a relação entre as variáveis da água. A análise de componente principal (PCA) foi utilizada para avaliar a relação entre as variáveis da água na coluna d'água (profundidades), local (pontos) e tempo (meses). Como a turbidez foi obtida somente nos meses de setembro e novembro, para as análises de correlação e PCA foram considerados dois cenários: Cenário 1 inclui todas as campanhas amostrais e as variáveis abióticas: temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade; Cenário 2 inclui os meses de setembro e novembro e as variáveis abióticas: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade e turbidez. As análises estatísticas e os gráficos foram efetuados com o Programa R (R Development Core Team, 2019).

### 3 RESULTADOS DA DISCUSSÃO

O cenário meteorológico para o período do estudo foi caracterizado como período seco com significativa estiagem, que teve início em novembro na segunda campanha e perdurou durante as campanhas de janeiro e fevereiro (Figura 2).

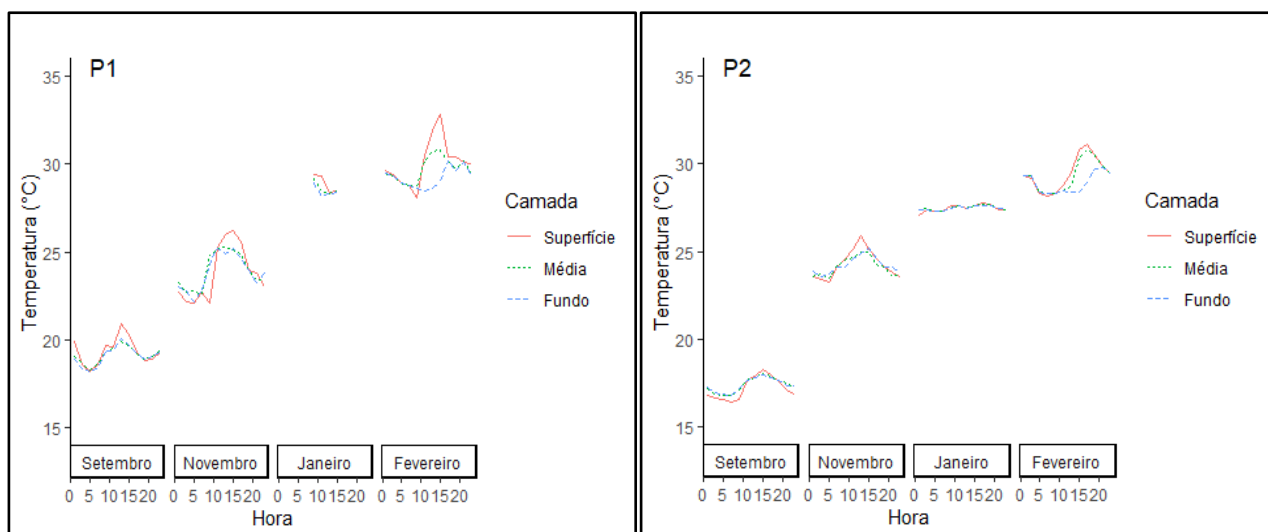
Figura 2 – Precipitação mensal (Observado) e média histórica (Climatologia) para o período



Fonte: SOMAR (2020)

A temperatura da água apresentou aumento gradual dos meses de setembro a fevereiro, como esperado. Verificou-se a estratificação térmica nos dois pontos amostrais (P1 e P2) no mês de fevereiro, e inversão térmica, no período noturno, no ponto 1 (P1) no mês de novembro, e no ponto 2 (P2) nos meses de setembro e novembro (figura 3).

Figura 3 – Valores da temperatura ao longo de 24 h, nos meses de setembro e novembro de 2019 e janeiro e fevereiro de 2020, Delta do Jacuí Lago Guaíba, P1 - Canal Navegantes, P2 – Canal Jacuí



Fonte: Autores (2020)

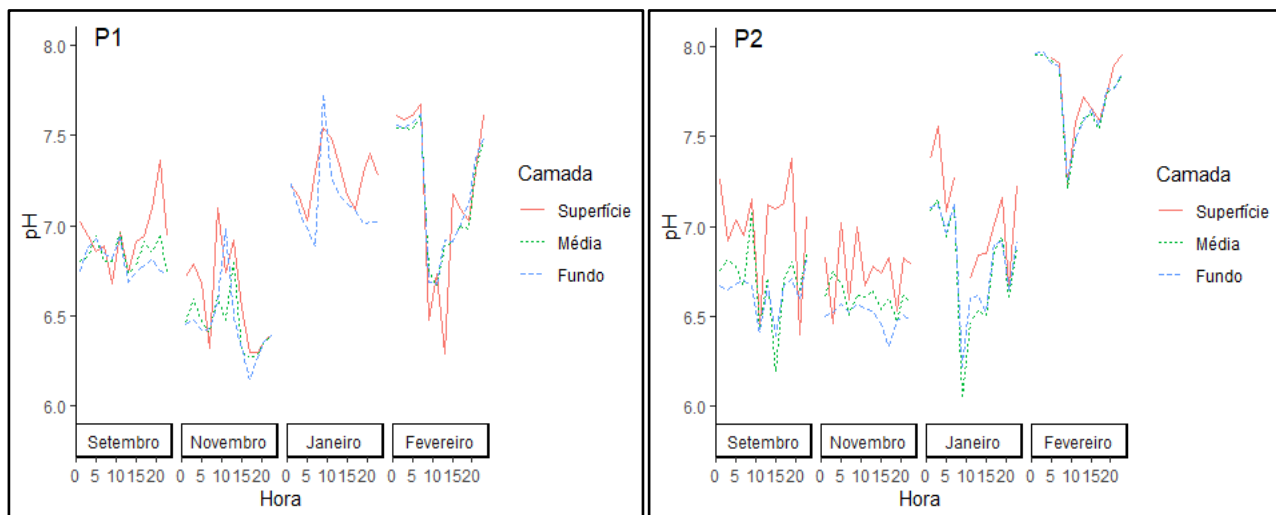
Para pH as diferenças significativas ocorreram com os fatores tempo (mês) e local (pontos), com ( $F = 8,929$  e  $p < 0,05$ ), ( $F = 4,116$  e  $p < 0,05$ ), respectivamente. O valor da superfície foi significativamente maior, com média para o P1 (7,0) e P2 (7,13) diferente dos outros valores, não havendo, porém, diferença significativa entre os valores da profundidade média e fundo. Para os meses, verificou-se diferença significativa entre todos, seguindo a ordem fevereiro > janeiro > setembro > novembro.

Valores mais elevados de pH (acima de 7,0) foram registrados na campanha de fevereiro, em todas as profundidades no P2 (Figura 4). Em novembro, em ambos os pontos amostrais (P1 e P2), a variação nictemeral para as três profundidades estiveram abaixo do valor neutro, tendendo a uma situação mais ácida, enquanto



que em fevereiro, no P2, foram registrados valores mais básicos em todo o ciclo de 24 horas. As variações desse parâmetro podem ser influenciadas por fatores naturais como dissolução de rochas e fotossíntese, ou antropogênicas através de efluentes domésticos e ou industriais (GASPAROTTO, 2011). Um aumento de pH pode ser influenciado pela intensa taxa de fotossíntese, característica do processo de eutrofização, associada também ao aumento da turbidez e de nutrientes (KIMURA, 2014; OLIVEIRA, 2016), assim como em épocas de estiagem, onde podem ser registradas maiores concentrações de íons (PIRATOBA *et al.*, 2017).

Figura 4 – Valores de pH ao longo de 24 h, nos meses de setembro e novembro de 2019 e janeiro e fevereiro de 2020, Delta do Jacuí Lago Guaíba, P1 - Canal Navegantes, P2 – Canal Jacuí



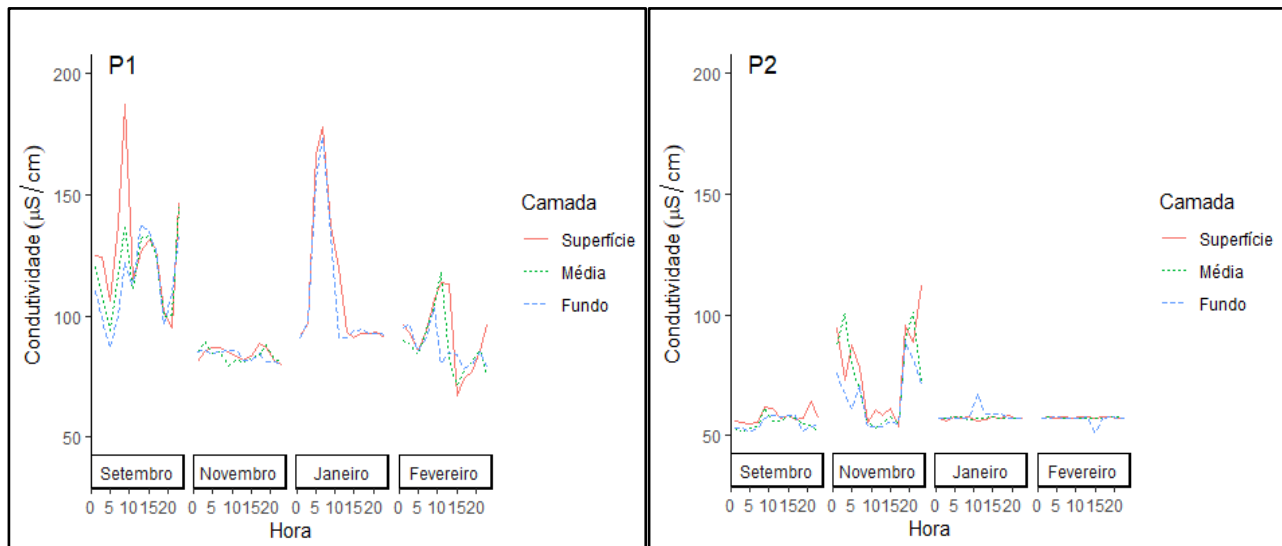
Fonte: Autores (2020)

Para a condutividade, através da ANOVA, verificou-se diferença significativa entre os locais (pontos) amostrados ( $F = 3,125$  e  $p < 0,05$ ), sendo que os valores mais elevados foram registrados no ponto 1 (P1).

Em relação à variação nictemeral, os valores da superfície foram significativamente mais elevados do que os registrados na profundidade média.

No ponto 1 (P1) verificou-se dois picos de condutividade, em setembro (valor médio de  $119,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) e em janeiro ( $110,2 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). No ponto 2 (P2) no mês de novembro foram observados os valores mais elevados, quando comparado com os demais meses amostrados (Figura 5).

Figura 5 – Valores da Condutividade, nos meses de setembro e novembro de 2019 e janeiro e fevereiro de 2020, ao longo de 24 h, Delta do Jacuí, Lago Guaíba, P1 - Canal Navegantes, P2 – Canal Jacuí



Fonte: Autores (2020)

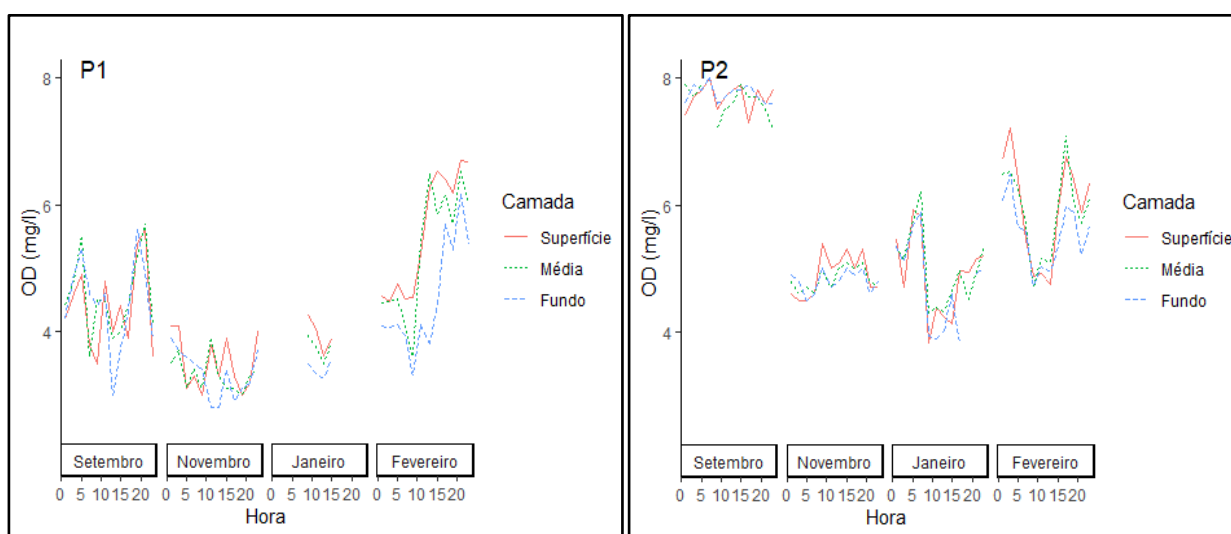
Apesar de não constar na Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005) esse parâmetro pode indicar alterações no ambiente aquático de acordo com a Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo (CETESB, 2016). A condutividade segundo Esteves *et al.* (2011) pode fornecer importantes informações tanto sobre o metabolismo do ecossistema aquático, como sobre os fenômenos importantes que ocorram na sua bacia de drenagem, a variação diária informa a respeito de processos importantes, como produção primária (redução dos valores) e decomposição (aumento dos valores) e também ajuda a detectar fontes poluidoras.

Os valores mais elevados de condutividade (média de 100,6 µS/cm) e os menores valores de oxigênio dissolvido OD (média de 4,1 mg/L) no P1 (Canal Navegantes) indicam um maior comprometimento na qualidade da água no referido ponto, quando comparado com o P2. Esses valores de condutividade, no ponto 1 (P1) foram superiores aos encontrados por outros estudos nesse canal (MARTINS *et al.*, 2017, 2019; ANDRADE *et al.*, 2018), estando no limiar do citado para ambientes aquáticos de água doce, que de maneira geral, apresentam valores entre 10 a 100 µS/cm (VON SPERLING 2007 apud PIRATOBA *et al.*, 2017). Os valores

mais elevados, acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , podem ser decorrentes da decomposição de matéria orgânica ou carga orgânica, provavelmente influenciados pelos afluentes dessa região, que segundo Bendati (2000) apresentam elevada carga orgânica devido à contribuição de altas taxas de esgoto sanitário oriunda de uma região de alta densidade populacional e baixas capacidades de autodepuração. No P2 (Canal Jacuí) os valores de condutividade e de oxigênio foram similares aos estudos desenvolvidos na região (BENDATI, 2000; ANDRADE *et al.*, 2018).

Em relação ao oxigênio dissolvido – OD, no P1 predominaram valores abaixo de 5 mg/L nas três primeiras campanhas amostrais (Figura 6). De acordo com a Resolução CONAMA 357 de 2005, o valor mínimo de oxigênio dissolvido (OD) para a preservação da vida aquática, para a classe 2, é de 5,0 mg/L. Os menores valores no P1 ocorreram na camada de fundo às 13:00 horas nas campanhas amostrais de setembro (3 mg/L), novembro (2,8 mg/L) e janeiro (3,26 mg/L) e às 9:00 horas na campanha de fevereiro (8,1 mg/L) e às 3:00 horas na superfície em fevereiro (7,2 mg/L). Foi verificada a estratificação química no mês de fevereiro no P1.

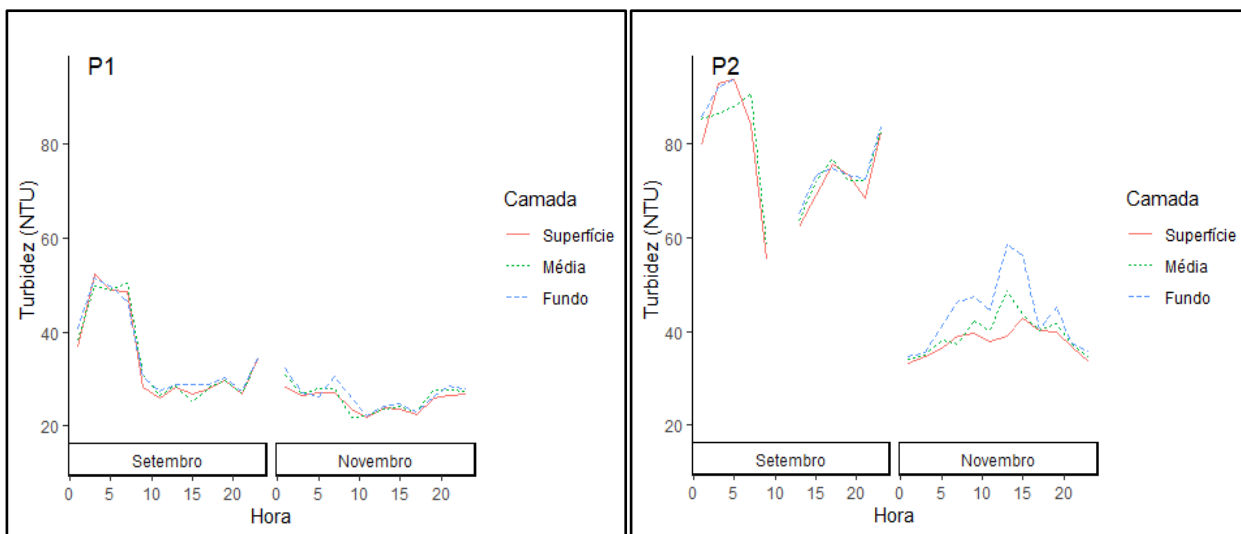
Figura 6 – Valores de oxigênio dissolvido (OD), nos meses de setembro e novembro de 2019 e janeiro e fevereiro de 2020, ao longo de 24 h, Delta do Jacuí Lago Guaíba, P1 - Canal Navegantes, P2 – Canal Jacuí



Fonte: Autores (2020)

Para a turbidez, verificou-se o declínio nos valores após as 17:00 horas no P1 e diminuição nos valores para o mês de novembro, em ambos os pontos amostrais (Figura 7). Os maiores valores de turbidez foram verificados no P2, no mês de setembro, com o valor mínimo de 55 NTU e máximo de 102 NTU. A Resolução CONAMA 357 de 2005 estabelece o valor máximo de 100 NTU para as Classes 2 e 3.

Figura 7 – Valores da Turbidez, nos meses de setembro e novembro de 2019, ao longo de 24 h, Delta do Jacuí Lago Guaíba



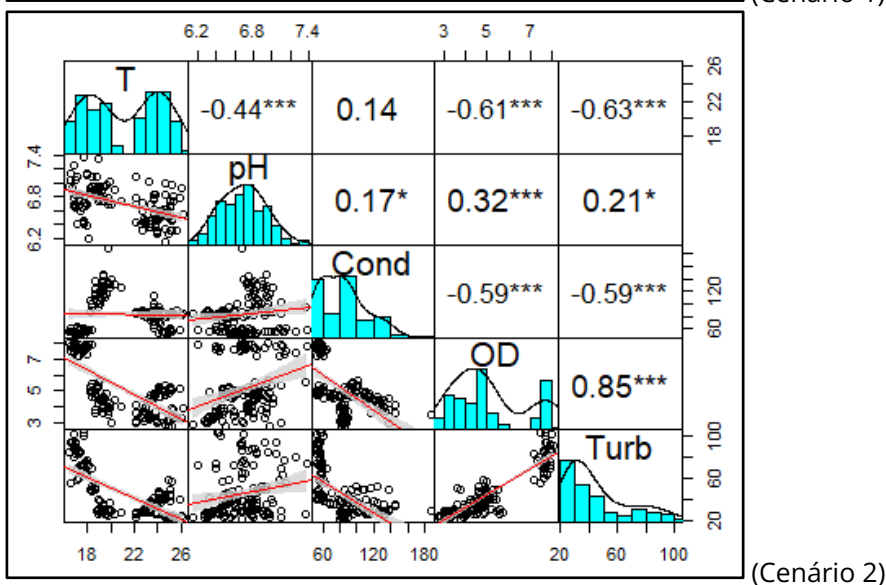
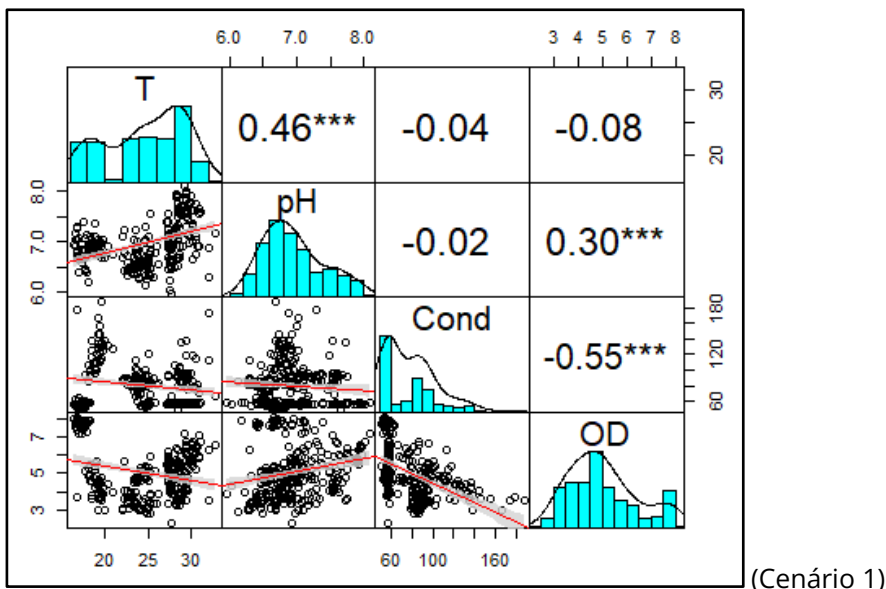
Fonte: Autores (2020)

Para o mês de novembro os valores de Turbidez, no ponto 2 (P2) foram acima dos detectados para o mês de setembro. Provavelmente esse resultado foi influenciado pela elevada pluviosidade ocorrida no mês de outubro (Figura 2), uma vez que nessa região o Rio Jacuí aporta 85% da vazão no Delta. Existe uma relação direta e não linear entre concentração de sólidos suspensos (CSS) e a descarga dos rios, que se apresenta variável no tempo (ANDRADE NETO *et al.*, 2012), e a ação do vento que pode ressuspender os sedimentos na coluna de água (NICOLODI *et al.*, 2010).

Através da correlação de Spearman, verificou-se no Cenário 1, a correlação positiva da temperatura e o pH (0,46) e do pH e oxigênio dissolvido (0,30). Correlação negativa foi detectada para condutividade e oxigênio dissolvido (-0,55). Na figura 8 constam os valores estimados de correlação de Spearman, na parte superior, as distribuições de cada variável em sua diagonal principal e a relação entre cada variável associada na parte inferior.

No Cenário 2 verificou-se correlação positiva de pH e oxigênio dissolvido (0,32), e do oxigênio dissolvido e turbidez (0,85). Correlação negativa entre a temperatura e pH (-0,44), temperatura e oxigênio dissolvido (-0,61), temperatura e turbidez (-0,63), condutividade e oxigênio dissolvido (-0,59), condutividade e turbidez (-0,59), conforme pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 – Histograma, diagrama de dispersão e coeficiente de correlação Spearman, entre as variáveis, Temperatura, pH, Condutividade e Oxigênio dissolvido - OD para todas as campanhas (Cenário 1). Temperatura, pH, Condutividade, Oxigênio dissolvido - OD e Turbidez para as campanhas de setembro e novembro de 2019 (Cenário 2)

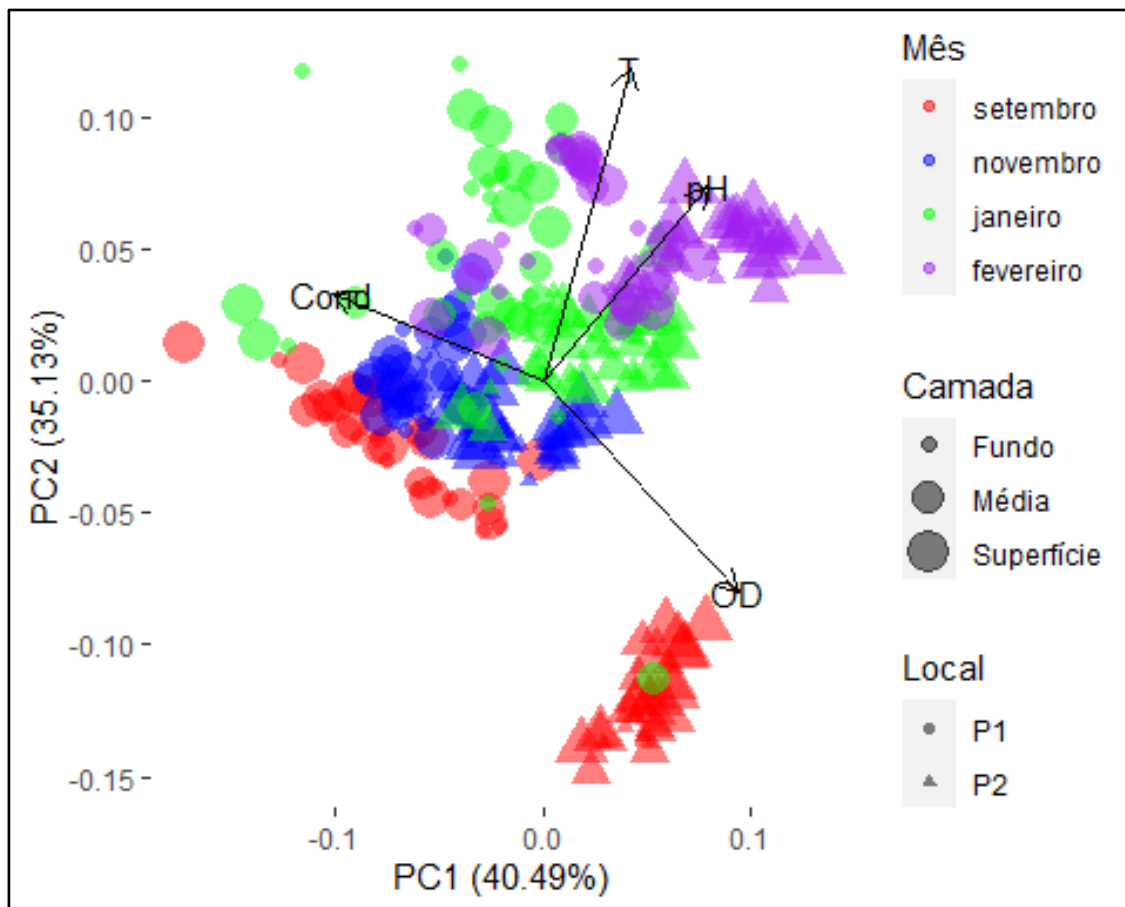


Fonte: Autores (2020)



A partir da análise de PCA, considerando o Cenário 1, pode-se verificar que o componente principal 1 (PC1) representou 40,49% da variância total dos dados e o componente principal 2 (PC2) 35,13%. Juntos representaram 75,62% de toda a variância dos dados. Unidades amostrais que se encontram no primeiro quadrante foram influenciadas positivamente por temperatura e pH, enquanto unidades que se encontram no segundo quadrante foram influenciadas positivamente por condutividade (Figura 9). Verifica-se também a relação do P2, no mês de setembro, para oxigênio dissolvido – OD.

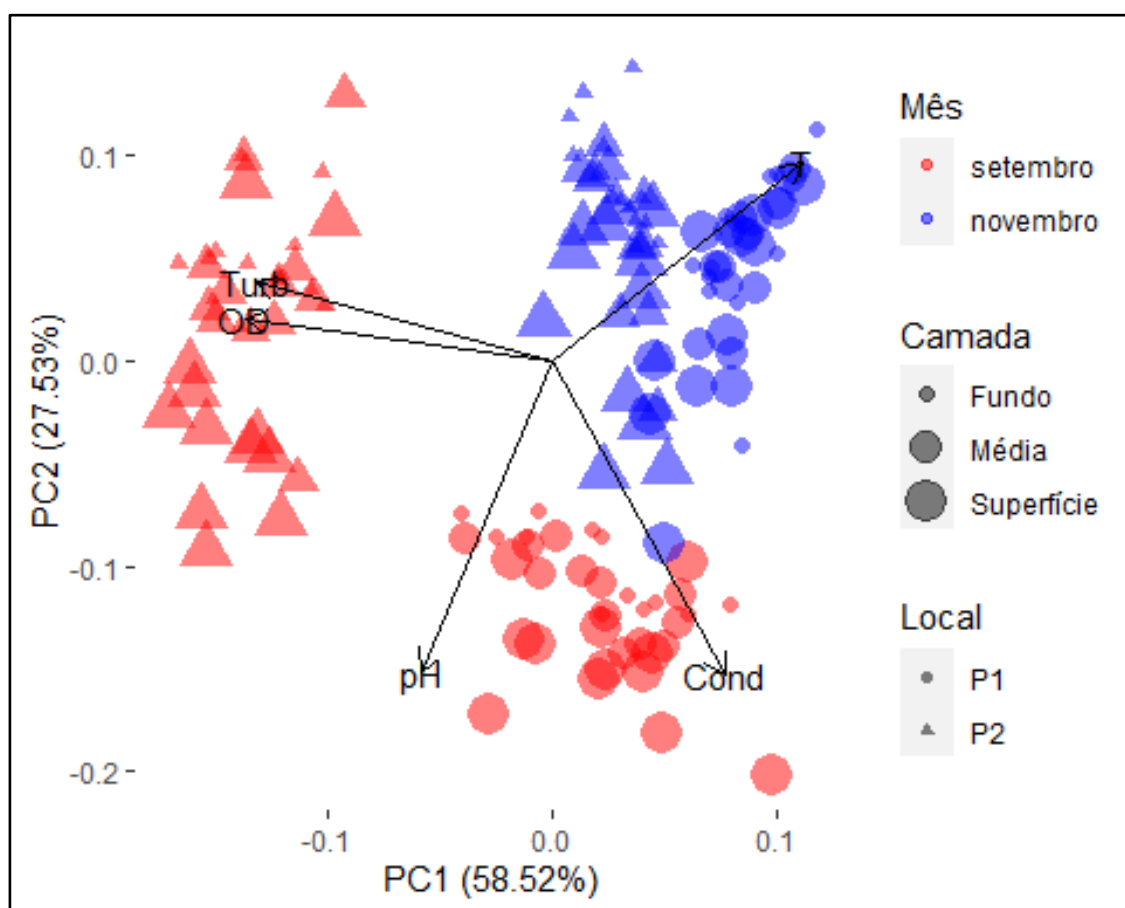
Figura 9 – Análise de componentes principais (PCA), considerando o Cenário 1, aplicada às variáveis abióticas (T-Temperatura, pH, OD, Cond - condutividade) no P1 (Canal Navegantes) e P2 (Canal Jacuí), nas camadas superior (SUP) média (MED) e fundo (FUN), nos meses de setembro e novembro de 2019 e janeiro e fevereiro de 2020



Fonte: Autores (2020)

Considerando o Cenário 2, pode-se verificar que o componente principal 1 (PC1) representou 58,52% da variância total dos dados e o componente principal 2 (PC2) 27,53%. Juntos representaram 86,05% de toda a variância dos dados. Unidades amostrais que se encontram no primeiro quadrante foram influenciadas positivamente pela temperatura enquanto unidades que se encontram no segundo quadrante foram influenciadas positivamente pela turbidez e OD (Figura 10).

Figura 10 – Análise de componentes principais (PCA), considerando o Cenário 2, aplicada às variáveis abióticas (T-Temperatura, pH, OD, Cond- condutividade e Turbidez) no P1 (Canal Navegantes) e P2 (Canal Jacuí), nas camadas superior (SUP) média (MED) e fundo (FUN), nos meses de setembro e novembro de 2019



Fonte: Autores (2020)

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação na escala temporal em conjunto com a escala espacial e nictemeral tem papel relevante em ambientes aquáticos. Pode-se observar que o canal Navegantes apresenta-se mais comprometido em relação à qualidade hídrica, com valores de oxigênio dissolvido menores em relação aos estudos anteriores, e valores de condutividade mais elevados do que os observados no Canal Jacuí.

Verificou-se a estratificação térmica nos dois pontos amostrais (P1 e P2) no mês de fevereiro, e inversão térmica, no período noturno, no ponto 1 (P1) no mês de novembro, e no ponto 2 (P2) nos meses de setembro e novembro.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro através do edital Universal.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. C.; ANDRADE, R. R.; CAMARGO, F. A. O. The historical influence of tributaries on the water and sediment of Jacuí's Delta, Southern Brazil. **Revista Ambiente e Água**, v. 13, n. 2, p 1-12. 2018.

ANDRADE, L. C.; *et al.* Lago Guaíba: uma análise histórico-cultural da poluição hídrica em Porto Alegre, RS, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 229-237.2019. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019155281>. Acesso em: 6 mai. 2020.

ANDRADE NETO, J.; *et al.* Descarga sólida em suspensão do sistema fluvial do Guaíba, RS, e sua variabilidade temporal. **Pesquisas em Geociências**, v. 39, n. 2, p. 161-171.2012. doi: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.35910>. Acesso em: 6 mai. 2020.

ANDRADE, R. R.; *et al.* Lago Guaíba (RS): índice de qualidade da água – IQA, 2000 a 2009. **ECOS Técnica**, n. 4, p. 5-14. 2012.

ANDRADE, R. R.; GIROLDO, D. Limnological characterisation and phytoplankton seasonal variation in a subtropical shallow lake (Lake Guaíba, Brazil): a long-term study. **Acta Limnologica Brasiliensia**, localização ou [s./], v. 26, n. 4, p. 442-456. 2014.

BARBOSA, L. G.; BARBOSA, P. M. M.; BARBOSA, F. A. R. Vertical distribution of phytoplankton functional groups in a tropical shallow lake: driving forces on a diel scale. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 1, p. 63-73. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/actalb.2011.020>. Acesso em: 6 mai 2020.

BECKER, V.; DE SOUZA CARDOSO, L.; HUSZAR, V. L. M. Diel variation of phytoplankton functional groups in a subtropical reservoir in southern Brazil during an autumnal stratification period. **Aquatic Ecology**, v. 43, n. 2, p. 285-293. 2009.

BENDATI, M. M.; *et al.* Avaliação da qualidade da água do lago Guaíba (Rio Grande do Sul, Brasil) como suporte para a gestão da bacia hidrográfica. *In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Abes, 2000. Não paginado. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/v-076.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 357/2005**. "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências". Data da legislação: 17/03/2005 - **Publicação DOU nº 053**, de 18/03/2005, págs. 58-63.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova. Sociedade Brasileira de Química**, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

CASTILHOS, Z. C.; POLETO, C. **Impacto por poluição difusa de sedimentos em bacias urbanas**. *In: Poletto, Cristiano (Org.), Ambiente e sedimentos*. Porto Alegre: ABRH, 2008. Cap.6, p.194-227.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem - Apêndice E. 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em 6 mai. 2020.

CHIGOR, V. N.; *et al.* Water quality assessment: surface water fontes used for drinking and irrigation in Zaria, Nigeria are a public health hazard. **Environ Monit Assess**, v. 184, n. 5, p. 3389-3400. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2396-9>. Acesso em: 6 mai 2020.

ESTEVES, F. A.; BARROS-FIGUEIREDO, M. P.; PETRUCCIO, M. M. Principais Cátions e Ânions. *In: Esteves, F. A. (org.). Fundamentos de Limnologia*. Interciência. 3 ed. Rio de Janeiro, p. 299-321. 2011.

ESTEVES, F. A.; MENEZES, C. F. S. Papel da Água e da Limnologia na Sociedade Moderna. *In*: Esteves, F. A. (org.). **Fundamentos de Limnologia**. Interciência. 3 ed. Rio de Janeiro, p. 63-72. 2011.

FERREIRA, D. M.; *et al.* Water quality modelling under unsteady state analysis: Strategies for planning and management, **J. Environ. Manage.**, v. 239, p. 150-158. 2019.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

KIMURA, S. P. R. **Determinação química e biológica de carga poluente em lagoa do município de Parintins no estado do Amazonas**. 2014. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

KÖEPPEN, W. 1948. **Climatología; con un Estudio de los Climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Económica. 478 p.

MARTÍNEZ, L. L. G.; POLETO, C. Assessment of diffuse pollution associated with metals in urban sediments using the geoaccumulation index (Igeo). **J Soils Sediments**, v. 14, p. 1251–1257. 2014. <https://doi-org.ez45.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11368-014-0871-y>. Acesso em: 02 mai 2022.

MARTINS, M. V; GARCIA, L. F.; KAPUSTA, S. C. Variação espaço-temporal de algumas variáveis físicas e químicas das águas superficiais na região sul da Ilha do Pavão, Delta do Jacuí. *In*: **18ª Mostra de Pesquisa, Ensino e Extensão IFRS, Campus Porto Alegre**, Porto Alegre. 18ª Mostra de Pesquisa, Ensino e Extensão IFRS, Campus Porto Alegre, v. 1, 2017.

MARTINS, M. V.; KAPUSTA, S. C.; POLETO, C. Vertical distribution and nictemeral variation of some physical and chemical water variables in the Jacuí Delta, Lagoa Guaíba, RS. **Annals of the 5th Symposium on Sustainable Systems**. Cristiano Poleto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto (Orgs) - Porto Alegre, RS: Editora GFM, v. 1, p. 178-187, 2019.

MEYBECK, M.; *et al.* 1996. **Water Quality Monitoring** - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. UNEP/WHO, 383p.

NICOLODI, J. L.; TOLDO, E. E.; FARINA, J. L. Dinâmica e ressuspensão por ondas no Lago Guaíba (RS, Brasil) e implicações nos locais de captação de água para abastecimento humano. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 37, n. 1, p. 25-39. 2010.

PINTO, T. S.; BECKER, V. Diel dynamic of phytoplankton functional groups in a tropical water supply, Extremoz Lake, northeastern Brazil. **Acta limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 4, p. 356-366. 2014.

PIRATOBA, A. R. A.; *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 12, p. 435-456. 2017.



PORTO ALEGRE. Departamento Municipal de Água e Esgotos - DMAE. Lago Guaíba. Disponível em: [http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p\\_secao=197](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=197). Acesso em: 6 mai. 2020.

RANGEL, L. M.; *et al.* Driving forces of the diel distribution of phytoplankton functional groups in a shallow tropical lake (Lake Monte Alegre, Southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 1, p. 75-85. 2009.

R Core Team. 2019. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL.

RIO GRANDE DO SUL. Lei no 12.371 de 11 de novembro de 2005. "Cria a Área de Roteção Ambiental - APA - Estadual Delta do Jacuí e o Parque Estadual Delta do Jacuí e dá outras providências". **Diário Oficial do Estado nº 215**, Rio Grande do Sul, 14 de nov de 2005, 69p.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria SEMA Nº 20, de 22 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre aprovação e homologação do Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí – APAEDJ. **Diário Oficial do Estado**, Rio Grande do Sul, de 02 de mar, 2017.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA/RS. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí**. Porto Alegre. 2017. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/planos-de-manejo>. Acesso em: 6 mai. 2020.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA/RS. 2017. **Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba**, 36p. Disponível em: [https://comitedolagogaiba.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Revista\\_planoLago\\_rev14-comp.pdf](https://comitedolagogaiba.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Revista_planoLago_rev14-comp.pdf). Acesso em: 6 mai. 2020.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 240 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SARI, V.; POLETO, C.; CASTRO, N. M. R. 2013. Caracterização dos processos Hidrossedimentológicos em bacias rurais e urbanas. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer, v. 9, n. 16. p 596.

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente - RS. **Parque Estadual Delta do Jacuí**. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/parque-estadual-delta-do-jacui>. Acesso em: 27 mai 2022.

SILVA, E. S.; ROCHA, O.; SANTOS-WISNIEWSKI, M. J. 2018. Diel vertical migration of Cladocera in a compartment of a tropical reservoir. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, 13p. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X13517>. Acesso em: 25 out 2021

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados** [online]. v. 22, n. 63, p. 97-112. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>. Epub 12 Mai 2009. ISSN 1806-9592. Acesso em: 25 out 2021

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.

## Contribuições de autoria

### 1 – Marco Vinicius Martins (Autor correspondente)

Gestor Ambiental, Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

<https://orcid.org/0000-0002-9031-4059> • [marcohidrogeologia@gmail.com](mailto:marcohidrogeologia@gmail.com)

Contribuição: Conceituação, Software, Curadoria de dados, Visualização, Análise Formal, Metodologia, Validação, Redação – versão original

### 2 – Simone Caterina Kapusta

Oceanóloga, Doutora em Ciências (Ecologia)

<https://orcid.org/0000-0002-3220-3019> • [simone.kapusta@poa.ifrs.edu.br](mailto:simone.kapusta@poa.ifrs.edu.br)

Contribuição: Redação – revisão e edição

### 3 – Cristiano Poletto

Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

<https://orcid.org/0000-0001-7376-1634> • [cristiano.poletto@ufrgs.br](mailto:cristiano.poletto@ufrgs.br)

Contribuição: Redação – revisão e edição

## Como citar este artigo

MARTINS, V. M.; KAPUSTA, S. C.; POLETO, C. Variação espaço-temporal e nictemeral dos parâmetros limnológicos no Delta do Jacuí, Lago Guaíba, RS, Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 44, e31, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X63821>.