

# **AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE DE PARÂMETROS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAGUARÃO**

**Jeferson Peres Gomes**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária – UFPel

E-mail: gomesjefersonpg@gmail.com

**Gabriel Borges dos Santos**

Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Recursos Hídricos

Doutorando em Recursos Hídricos - UFPel

E-mail: gabrielwxsantos@hotmail.com

**Marlon Heitor Kunst Valentini**

Técnico em Controle Ambiental, Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Recursos Hídricos

Doutorando em Recursos Hídricos - UFPel

E-mail: marlon.valentini@hotmail.com

**Bruno Müller Vieira**

Engenheiro Químico, Mestre e Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais

Professor da UFPel, Diretor do Centro de Engenharias da UFPel

E-mail: bruno.prppg@hotmail.com

## **RESUMO**

A qualidade das águas superficiais vem se deteriorando há muito tempo. Pode-se dizer que as mudanças climáticas no que compete a frequência e intensidade de extremos hidroclimáticos combinados com o aumento da intensificação da agricultura, industrialização e urbanização agravam essa deterioração da qualidade da água, particularmente em países em desenvolvimento. Com isso, este estudo tem por objetivo analisar, através de métodos estatísticos, a variabilidade dos indicadores da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguarão (BHRJ), uma importante bacia transfronteiriça localizada na América do Sul, entre Brasil e Uruguai. Os resultados encontrados neste estudo mostram, por meio da análise estatística ANOVA, que houve variação significativa para a concentração dos parâmetros Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal e Oxigênio Dissolvido (OD) entre os períodos analisados, com exceção do parâmetro microbiológico *Escherichia coli* (E.coli). Ainda pode-se observar possíveis influências antrópicas negativas na qualidade da água da BHRJ, como, por exemplo, a presença de áreas urbanas (município de Jaguarão - Brasil e Rio Branco - Uruguai), áreas de agricultura (arroz irrigado e soja) e criação de gado, que influenciaram nos parâmetros analisados (E.Coli, Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal).

31

**PALAVRAS-CHAVES:** Poluição Hídrica; Rio Jaguarão; Análise Estatística; ANOVA; QGIS.

## **EVALUATION OF VARIABILITY OF QUALITY PARAMETERS OF THE SURFACE WATER OF THE JAGUARÃO RIVER HYDROGRAPHIC BASIN**

### **ABSTRACT**

Water quality has been deteriorating for a long time. It can be said that climate change in terms of the frequency and intensity of hydroclimatic extremes combined with the increase in agricultural intensification, industrialization and urbanization exacerbate this deterioration in water quality, particularly in developing countries. Thus, this study aims to analyze, through statistical methods, the variability of water quality indicators in the Jaguarão River Basin (JRB), an important transboundary basin located in South America, between Brazil and Uruguay. The results found in

this study show, through ANOVA statistical analysis, that there was a significant variation for the concentration of parameters Total Phosphorus, Ammoniacal Nitrogen and Dissolved Oxygen (DO) between the analyzed periods, with the exception of the microbiological parameter *Escherichia coli* (E.coli). It's still possible to observe negative anthropic influences on the water quality of JRB, such as, for example, the presence of urban areas (municipality of Jaguarão - Brazil and Rio Branco - Uruguay), areas of agriculture (irrigated rice and soy) and breeding of cattle, which influenced the parameters analyzed (E.Coli, Total Phosphorus and Ammoniacal Nitrogen).

**KEYWORDS:** Water Pollution; Jaguarão River; Statistical Analysis; ANOVA; QGIS.

## INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo (BHMSG) é um importante sistema hidrológico. A mesma ocupa uma área de aproximadamente 62.250 km<sup>2</sup>, sendo que cerca de 47% de sua extensão está situada no sul no estado do Rio Grande do Sul e os 53% restantes localizam-se no Uruguai (SILVA; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2020). Essa bacia é composta principalmente pela Lagoa Mirim, o segundo maior corpo hídrico do país, e pelo Canal São Gonçalo que, ao longo de seus 76 km de comprimento, liga a Lagoa Mirim a Laguna dos Patos (COSTI *et al.*, 2018). Além disso, outros corpos hídricos importantes também se fazem presentes na bacia, como, por exemplo, o Arroio Pelotas e os rios Jaguarão e Piratini.

A Bacia Hidrográfica do Rio Jaguarão (BHRJ) é uma das mais importantes sub-bacias constituintes da BHMSG (SANTOS, 2022). A mesma possui uma área de aproximadamente 7.408 km<sup>2</sup> localizada na divisa entre Brasil e Uruguai (STEINKE; MELO; SAITO, 2012). Em torno de 74% dessa sub-bacia está localizada em solo brasileiro e apenas 26% em solo uruguaio (STEINKE; DE MELO; SAITO, 2012). Atualmente, cerca de 45.415 habitantes residem na porção brasileira da BHRJ e, conseqüentemente, dependem dos recursos hídricos da mesma para o seu desenvolvimento, seja para a irrigação de culturas ou para o abastecimento industrial e urbano em geral (BETANCUR, 2015). Em contrapartida, justamente em função do uso antrópico de suas águas, a BHRJ é continuamente um alvo da poluição gerada pelos produtos químicos usados nas atividades agrícolas e pelo lançamento de efluentes industriais e urbanos sem o tratamento prévio adequado (SOUZA; MEDRONHA; MILANI, 2013).

Assim sendo, o monitoramento da qualidade das águas da BHRJ torna-se vital para assegurar a prosperidade dessa fonte hídrica. O mesmo permite identificar as alterações causadas pela ação antrópica e, conseqüentemente, possibilita a futura prevenção e/ou remediação de possíveis impactos negativos (BERTOSSO *et al.*, 2013; SOUZA; GASTALDINI, 2014). Não obstante, um monitoramento extensivo e detalhado geralmente produz um conjunto de informações de difícil análise e interpretação (HUANG *et al.*, 2010; ISCEN *et al.*, 2008). Nesse contexto, os

métodos estatísticos surgem como uma ferramenta oportuna, pois são capazes de fornecer resultados simples e compreensíveis a partir de um conjunto de dados originalmente complexo sem que se perca exatidão (HAIR; BLACK, 2009; ZHAO *et al.*, 2012; LIAO *et al.*, 2008).

Uma das análises estatísticas de maior relevância e aplicabilidade na área ambiental é a análise de variância (ANOVA). A mesma é baseada na comparação das médias de diferentes populações, visando verificar se, entre essas medidas, há uma diferença significativa, ou seja, causada por fatores externos e não apenas por pura casualidade (MILONE, 2009). Durante o estudo dos corpos hídricos, a ANOVA permite compreender a variação dos indicadores da qualidade da água em relação a um determinado parâmetro, como, por exemplo, entre pontos de cotas distintas ou diferentes períodos do ano. Sendo assim, esse método estatístico pode auxiliar no reconhecimento e na avaliação de fontes de poluição, se tornando fundamental para a correta gestão dos recursos hídricos (ZHAO *et al.*, 2012; BILGIN, 2015).

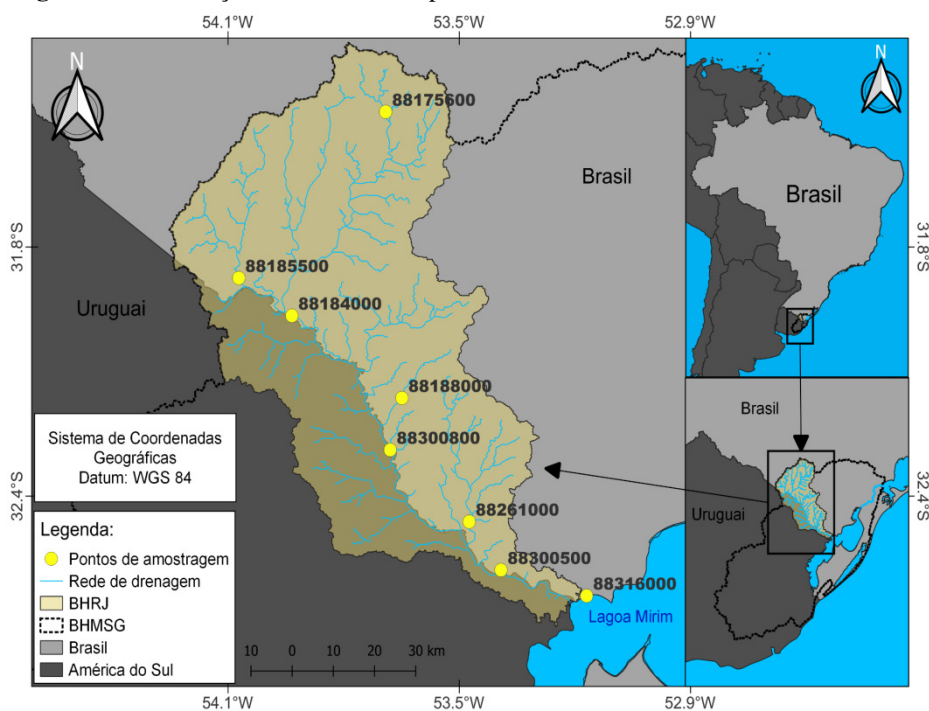
Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar, através de métodos estatísticos, a variabilidade dos indicadores da qualidade da água da BHRJ. Por conseguinte, a análise aqui desenvolvida pode aprimorar a atual compreensão sobre o comportamento dos poluentes existentes nesse sistema hídrico, algo fundamental para o gerenciamento adequado do mesmo por parte dos gestores da BHRJ.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Descrição do local de estudo**

A BHRJ situa-se entre o Brasil e o Uruguai, mais especificamente a sudoeste do estado do Rio Grande do Sul e a nordeste do departamento de Cerro Largo (BETANCUR, 2015). A mesma está presente entre as coordenadas geográficas de 31°30' e 34°35' de latitude Sul, e 52°15' e 55°15' de longitude Oeste (BETANCUR, 2015). A BHRJ ocupa uma área de cerca de 7.408 km<sup>2</sup>, abrangendo, no lado brasileiro, os municípios de Aceguá, Arroio Grande, Bagé, Candiota, Herval, Hulha Negra, Pedras Altas, Pinheiro Machado e Jaguarão (BETANCUR, 2015; STEINKE; MELO; SAITO, 2012). A Figura 1 ilustra a localização exata da BHRJ e dos pontos de monitoramento utilizados neste estudo.

**Figura 1** – localização da BHRJ e dos pontos de monitoramento utilizados no estudo.



Fonte: Autores.

A paisagem da BHRJ é caracterizada por relevos que vão desde afloramentos rochosos até planos (VERDUM; BASSO; SUERTAGARAY, 2004). Já a vegetação é majoritariamente campestre com predomínio de estepes (HASENACK; CORDEIRO, 2006). O clima pode ser demarcado como subtropical úmido ou temperado, apresentando a característica de estacionalidade o que gera invernos consideravelmente frios e verões quentes (BETANCUR, 2015). De acordo com Betancur (2015), a BHRJ apresenta um déficit hídrico, pois a média de evapotranspiração anual supera em 58,5 mm a precipitação média anual.

As atividades produtivas na BHRJ têm como base o setor agropecuário. Na parcela brasileira, a pecuária de corte e o cultivo de arroz irrigado dominam o sistema produtivo há décadas (STEINKE; DE MELO; SAITO, 2012). No entanto, a produção de soja, milho, uva e pêssego também podem ser destacadas em conjunto com a criação de gado leiteiro e com a ovinocultura (BETANCUR, 2015). Por fim, a mineração de carvão e calcário, apesar de estarem concentradas no município de Candiota, também merecem ser enfatizadas (CRM, c2021).

## Procedimento da análise estatística

Inicialmente, os dados, de 2017 a 2019, da qualidade da água dos pontos de monitoramento destacados na Figura 1 foram obtidos através do banco de informações da Fundação Estadual de

Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM) (FEPAM, 2021). Dentre os parâmetros analisados nas amostras, a concentração de fósforo total (P total), nitrogênio amoniacal (nitrogênio A.), oxigênio dissolvido (OD) e colônias de *Escherichia coli* (*E.coli*), foram os indicadores abordados no presente estudo.

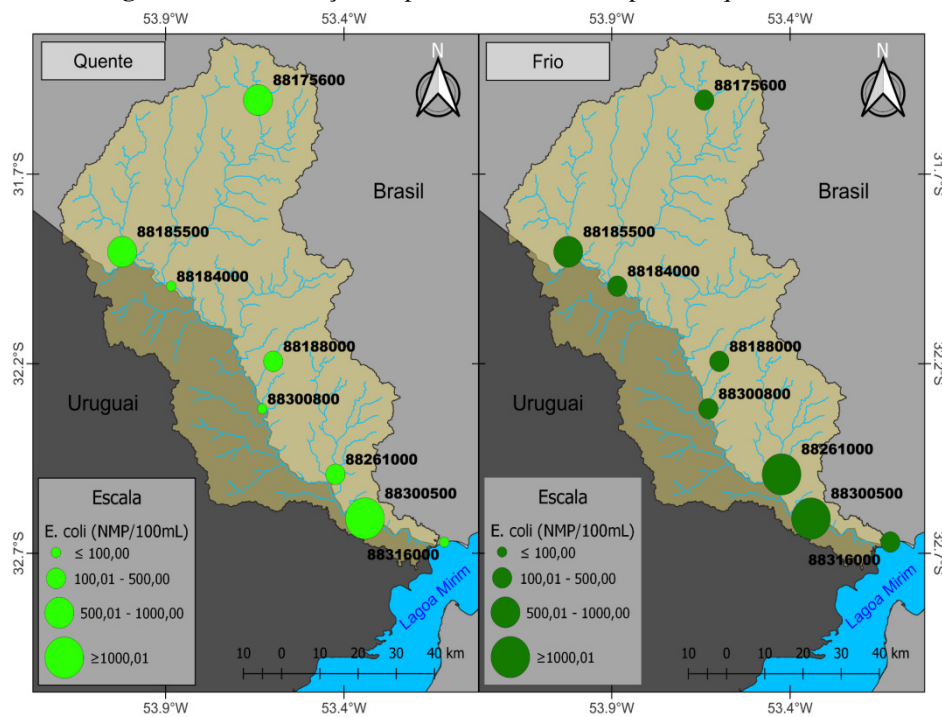
Após, os parâmetros mencionados tiveram suas concentrações comparadas entre estações frias e quentes. Em outras palavras, se fez o contraste das amostras realizadas entre os meses de outubro e março (período quente) com aquelas efetuadas entre abril e setembro (período frio). Para possibilitar uma melhor visualização da variação da concentração de cada parâmetro entre os períodos analisados (quente/frio), utilizou-se um *software* livre de código aberto conhecido como QGIS, versão 3.22.5, o qual permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados para a construção de mapas ilustrativos.

Por último, no intuito de verificar se a variabilidade dos parâmetros analisados entre os períodos quente/frio era, de fato, significativa, se aplicou uma análise estatística de variância. Segundo Valentini *et al.* (2021a) certos testes estatísticos podem avaliar se a variação de um parâmetro é significativa dentro de um critério pré-definido (*e.g.* períodos quente/frio) ou se não há variação estatisticamente distinguível. Sendo assim, para os fins deste estudo, essa análise de variância foi feita com base no teste ANOVA por meio do *software* SPSS Statistics versão 24. Nesse teste a hipótese nula pressupõe que não há variação significativa entre os períodos analisados e é rejeitada se os coeficientes de significância (p-valor) forem menores do que um limiar pré-estabelecido (BILGIN 2015). Segundo Valentini *et al.* (2021a), um dos limiares mais comumente utilizado por pesquisadores para esse fim é de 5%. Sendo assim, a análise conduzida neste estudo também considerou um nível de significância igual a 5%, logo rejeita-se a hipótese nula se p-valor menor do que 0,05.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a categorização dos dados em períodos quentes e frios, mapas foram elaborados para permitir uma melhor visualização das concentrações médias dos parâmetros em cada ponto de amostragem. A Figura 2 apresenta a concentração de *E.coli*, a qual não demonstrou variação significativa entre os períodos estudados, conforme ilustrado na Tabela 1 que expressa os resultados do teste ANOVA.

**Figura 2** - Concentração do parâmetro *E. coli* no período quente e frio.



Fonte: Autores.

**Tabela 1** - Variação dos parâmetros de qualidade da água entre os períodos quente/frio.

Parâmetro	p-valor (significância)
E.coli	0,348
Fósforo	0,029
Nitrogênio Amoniacal	0,010
Oxigênio Dissolvido	0,035

Fonte: Autores.

Apesar do teste estatístico não ter revelado uma variação significativa para a concentração de *E.coli* entre os períodos, a partir da Figura 2 é possível observar uma certa variação entre as estações de monitoramento. A grande maioria das mesmas não demonstrou altos valores para o referido parâmetro. No entanto, a estação 88300500 pode ser considerada como uma exceção, pois suas médias ficaram acima de 2000 NMP/100mL em ambos os períodos.

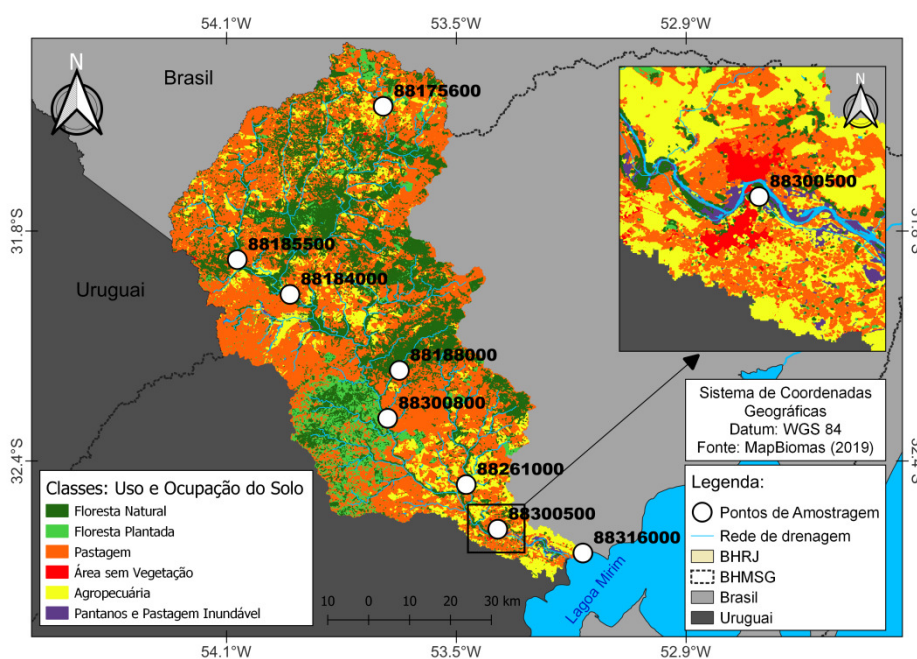
A Figura 3, elaborada a partir do banco de dados do MapBiomas (2019), auxilia a compreender os motivos para a maior concentração de *E.coli* na estação 88300500, ilustrando o uso e ocupação do solo na BHRJ. Conforme FEPAM (2021), a *E.coli* origina-se unicamente de fezes, sejam elas humanas ou animais. Assim, o lançamento de esgotos *in natura* e a agropecuária são as principais fontes dessa bactéria (BRANCO, 2014). Por meio da Figura 3, verifica-se a ocorrência de



grandes áreas sem vegetação no entorno da estação 88300500, as quais denotam a presença da área urbana dos municípios de Jaguarão (Brasil) e Rio Branco (Uruguai). Na cidade Uruguiaia, apenas 40% da população tem acesso a tratamento de esgoto, enquanto que na porção Brasileira praticamente todo o esgoto urbano é liberado sem tratamento no Rio Jaguarão (BRASIL, 2019; URUGUAI, 2011). Assim, conforme Valentini *et al.* (2021b), pode-se indicar que a alta concentração de *e.coli* seja oriunda da atividade urbana dos municípios próximos.

Além disso, na Figura 3, observa-se, também, que o entorno do local de monitoramento é consideravelmente ocupado por pastagens, indicando a presença de bovinos que são possíveis fontes de resíduos fecais. Assim sendo, ressalta-se a importância do aperfeiçoamento das condições sanitárias na região, visto que diversos estudos apontam a alta concentração de *E. coli* como um forte indicativo da deterioração da qualidade da água, inclusive em áreas da BHMSG (PANDEY *et al.*, 2014; VALENTINI *et al.*, 2021b; SANTOS *et al.*, 2020).

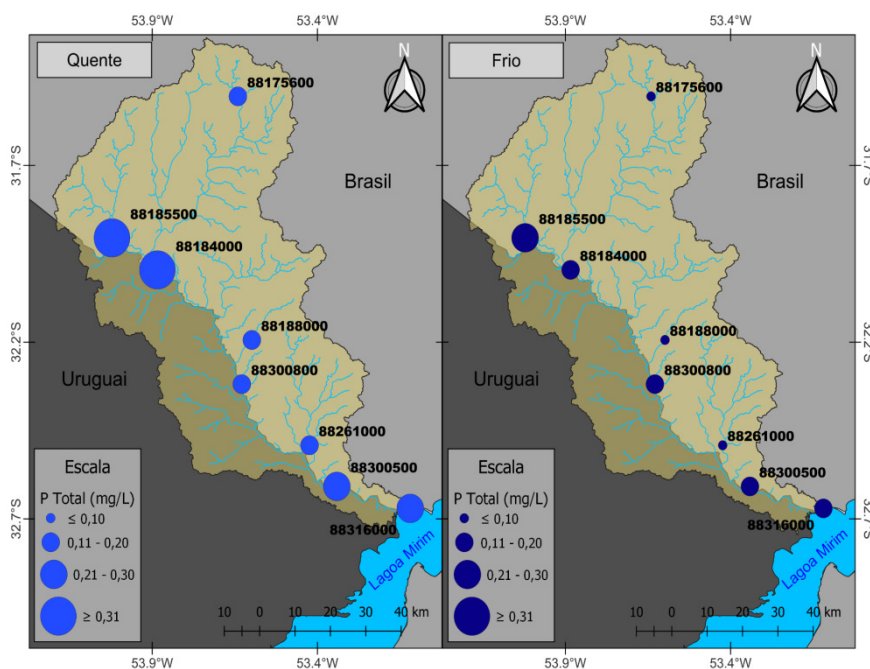
**Figura 3 - Uso e Ocupação do solo na BHRJ.**



Fonte: Autores.

Em seguida, a Figura 4 apresenta a concentração média do parâmetro P total para os períodos quente e frio.

**Figura 4** - Concentração do parâmetro P total no período quente e frio.



Fonte: Autores.

Observou-se pela Figura 4 que a concentração de P total foi consideravelmente maior no período quente em virtualmente todas as estações de monitoramento. Vale ressaltar que a produção de arroz domina o sistema produtivo na porção brasileira da BHRJ há décadas e que, além disso, a região também se destaca pelo cultivo principalmente de soja (STEINKE; DE MELO; SAITO, 2012; BETANCUR, 2015).

Uma vez que apenas uma pequena parcela dos nutrientes que são adicionados ao solo por meio do uso de fertilizantes é, efetivamente, aproveitada pelas culturas (CUNHA; CASARIN; PROCHNOW, 2010), o excesso de fósforo adicionado pode ser carregado até corpos hídricos próximos seja em virtude da drenagem dos campos de arroz irrigado, como consequência de enxurradas em lavouras de soja, ou simplesmente em decorrência da erosão do solo (MACHADO *et al.*, 2006; GLEBER *et al.*, 2010). Portanto, como as culturas mencionadas são cultivadas em períodos quentes, pode-se dizer que a variabilidade sazonal da concentração de P total nas águas da BHRJ pode advir das atividades agrícolas realizadas na mesma (BARN; MATZENAUER, 2000; STEINMETZ; BRAGA, 2001).

Percebeu-se que as estações 8185500 e 88184000 exibiram a maior concentração de P total. Os pontos onde foram realizadas as coletas estão "protegidos" por uma vasta área de mata ciliar, logo, concentrações de nutrientes tão altas nessas regiões são consideravelmente surpreendentes.

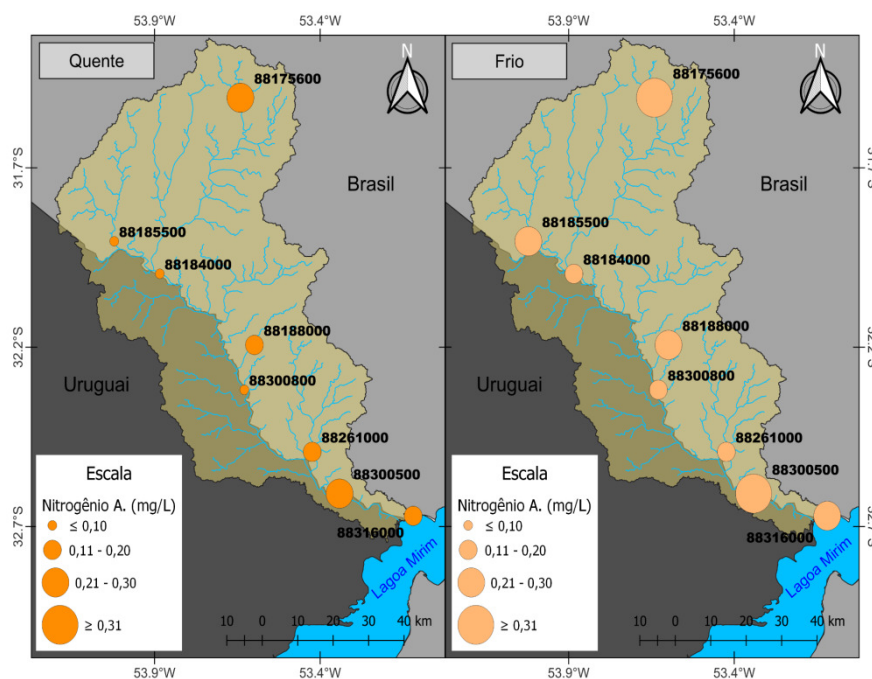


Talvez, essa ocorrência indique o despejo de efluentes agropecuários acima da capacidade de filtração da mata ciliar uma vez que a área é utilizada principalmente como pastagem (FEPAM, 2021). Assim, torna-se necessária uma análise mais aprofundada para melhor compreensão da questão.

A aplicação de fósforo é essencial para o desenvolvimento da economia local, pois fornece um dos principais nutrientes requisitados pelas culturas que alavancam o desenvolvimento da região (MACHADO *et al.*, 2006; GLEBER *et al.*, 2010; BETANCUR, 2015). Porém, a concentração excessiva de nutrientes nos corpos hídricos, em especial do fósforo, pode gerar o processo de eutrofização. Tal fenômeno é capaz de comprometer o abastecimento urbano, industrial e agrícola, além de prejudicar a biodiversidade do ecossistema aquático em virtude da redução dos níveis de OD decorrente da massiva proliferação de algas (BARRETO *et al.*, 2013).

A Figura 5 ilustra o contraste entre a concentração do parâmetro Nitrogênio A. para os períodos quente e frio.

**Figura 5** - Concentração do parâmetro Nitrogênio A. no período quente e frio.



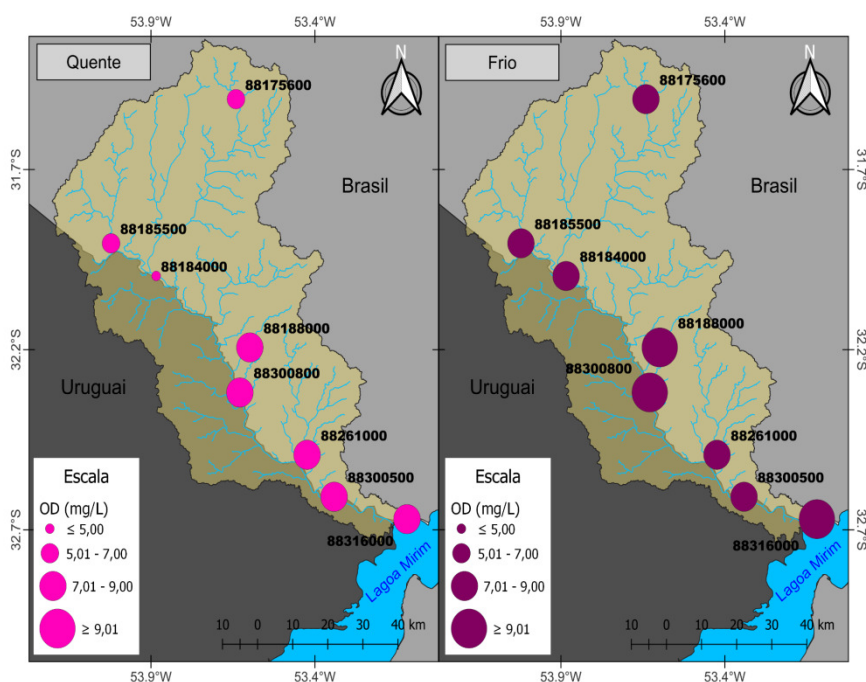
Fonte: Autores.

Os resultados visuais, expostos na Figura 5, indicam que há uma maior concentração de Nitrogênio A. nos períodos frios com relação aos quentes e os dados da Tabela 1 confirmam que essa tendência tem significância estatística. Para além de ser concomitante com temperaturas mais

baixas, com base na classificação de Assis (1991) e Pinheiro *et al.* (1999), as maiores concentrações de Nitrogênio A. também coincidiram aproximadamente com o período chuvoso da região. Dessa forma, uma vez que o entorno da maioria das estações de monitoramento é dedicado à atividades agropecuárias (Figura 3), como a produção de pastagens, por exemplo, um maior índice pluviométrico pode contribuir com o escoamento do nitrogênio até os corpos hídricos, o qual pode se acumular no solo em decorrência da adubação excessiva ou também da degradação de dejetos bovinos (CUNHA; CASARIN; PROCHNOW, 2010; KONZEN; ALVARENGA, 2005).

Por último, a Figura 6 demonstra os valores encontrados para o parâmetro de OD entre os períodos quente e frio.

**Figura 6** - Concentração do parâmetro OD no período quente e frio.



Fonte: Autores.

Mais uma vez, verificou-se que há uma variabilidade estatisticamente significativa para o parâmetro analisado, sendo que, no caso do OD, observou-se uma maior concentração durante os períodos frios. Os fatores climáticos do RS geram mudanças na qualidade das águas em decorrência da variabilidade na temperatura e precipitação do ambiente (VALENTINI *et al.*, 2021b; VALENTINI *et al.*, 2021c). Em seu estudo, Valentini *et al.* (2021b) concluíram que o OD nas águas da BHMSG apresenta variabilidade significativa entre os períodos chuvoso e seco, corroborando com a afirmativa anterior. No RS, baixas temperaturas são características do período considerado

como frio no presente estudo (ROSSATO, 2011). Desse modo, é possível inferir que a maior concentração de OD no período frio é consequência das menores temperaturas que desfavorecem a volatilização de compostos de oxigênio e, também, geram a redução da taxa metabólica dos organismos, diminuindo o consumo de oxigênio e, conseqüentemente, aumentando a disponibilidade do mesmo (VON SPERLING, 2007).

Santos *et al.* (2020), realizaram uma análise de correlação entre os indicadores de qualidade da água do Arroio Moreira Fragata e perceberam que OD e P total são inversamente proporcionais com um coeficiente de correlação igual a -0,5. No presente estudo, apesar de não ter sido realizada a análise por matriz de correlação, percebeu-se uma relação semelhante entre os parâmetros mencionados em todas as estações. Assim, ao passo que as maiores concentrações de P total foram observadas nos períodos quentes, a maior disponibilidade de OD ocorreu justamente durante os períodos frios. As estações 8185500 e 88184000 são bons exemplos dessa relação, pois apresentaram, em ambos os períodos, as maiores e menores concentrações de P total e OD, respectivamente. Portanto, é possível que a menor disponibilidade de OD nos períodos quentes seja ocasionada pela maior concentração de P total, representando, possivelmente, um estágio inicial de eutrofização, o qual, dependendo de fatores climáticos e antrópicos, pode ou não evoluir para um estado mais avançado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados encontrados neste estudo pode-se concluir que foi possível analisar, através dos métodos utilizados, a variabilidade dos indicadores da qualidade da água da BHRJ, demonstrando que há variações significativas dos parâmetros analisados em relação aos períodos quente/frio, com exceção do parâmetro microbiológico (*E.coli*). Ainda, pode-se destacar que foi possível identificar a influência de atividades antrópicas como provável causa dos impactos sobre a qualidade do recurso hídrico estudado, evidenciando a importância do monitoramento qualitativo adequado dessa bacia hidrográfica.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, F. N. **Modelagem da ocorrência e da quantidade de chuva e de dias secos em Piracicaba-SP e Pelotas-RS**. 1991. Tese (doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

BARN, M. A.; MATZENAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptados aos distintos ambientes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6, n. 2, p. 189-203, 2000.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p.2165, 2013.

BERTOSSI, A. P. A.; MENEZES, J. P. C.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, M. A. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.2025-2036, 2013.

BETANCUR, M. O. **Análise da silvicultura na bacia hidrográfica do rio Jaguarão (Brasil-Uruguai)**: diagnóstico para a gestão geoambiental em bacia transfronteiriça. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

BILGIN, A. An assessment of water quality in the Coruh Basin (Turkey) using multivariate statistical techniques. **Environmental monitoring and assessment**, v.187, n.721, p.1-16, 2015.

BRANCO, A. M. M. **Influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água**: subsídio à gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (ugrhi-1). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru - SP, 2014, 108p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180p.

COSTI, J.; MARQUES, W. C.; KIRINUS, E. P.; DUARTE, R. F.; ARIGONY-NETO, J. Water level variability of the Mirim - São Gonçalo system, a large, subtropical, semi-enclosed coastal complex. **Advances in Water Resources**, v. 117, p. 75-86, 2018.

CRM – COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO. **Minas**. c2021. Disponível em: <https://www.crm.rs.gov.br/minas>. Acesso em: 08 ago. 2022.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações agrômicas**, v. 130, n. 6, p. 1-11, 2010.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Relatório da qualidade da água superficial da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim e do Canal São Gonçalo**. Porto Alegre (RS). 2021.

GEBLER, L.; BERTOL, I.; RAMOS, R. R.; BARBOSA, F. T.; SCHRAMMEL, B. M.; LOUZADA, J. A. S. Arraste superficial de fósforo reativo em pequenas bacias hidrográficas sob diferentes tipos de manejo agrícola e possível impacto nos recursos hídricos e no sistema de gestão: uma proposta preliminar. In: **Congresso Interamericano De Ingeniería Sanitaria Y Ambiental**, 32. Foro Interamericano Sobre Servicios De Agua Y Saneamento, 2., 2010, Bávaro, República

Dominicana. El cumplimiento de las metas del milenio en la búsqueda de la universalización de los servicios. [SI]: AIDIS, 2010.

HAIR, J. F.; BLACK, T. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P. (org.). **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa**. Relatório técnico Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas no âmbito do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 30 p. 2006.

HUANG, F.; WANG, X.; LOU, L.; ZHOU, Z.; WU, J. Spatial variation and source apportionment of water pollution in Qiantang River (China) using statistical techniques. **Water research**, v. 44, n. 5, p. 1562-1572, 2010.

ISCEN, C. F.; EMIROGLU, O.; ILHAN, S.; ARSLAN, N.; YILMAZ, V.; AHISKA, S. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of surface water quality in Uluabat Lake, Turkey. **Environmental monitoring and assessment**, v. 144, n. 1, p. 269-276, 2008.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Manejo e utilização de dejetos animais: aspectos agrônômicos e ambientais. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Sete Lagoas: Circular Técnica, v. 63, p. 65, 2005.

LIAO, S. W. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring Rivers using multivariate statistical method. **Journal of Environmental Management**, v.88, p.286-292, 2008.

MACHADO, S. L. O.; MARCHEZAN, E.; RIGHES, A. A.; CARLESSO, R.; VILLA, S. C. C.; CAMARGO, E. R. Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 36, p. 65-71, 2006.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas Pampa Sudamericano**. Acervo da coleção 1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Pampa Sul-Americano, 2019. Disponível em: <https://pampa.mapbiomas.org/project>. Acesso: 15 de set. 2022.

MILONE, G. **Estatística geral e aplicada**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

PANDEY, P. K.; KASS, P. H.; SOUPIR, M. L.; BISWAS, S.; SINGH, V. P. Contamination of water resources by pathogenic bacteria. **Amb Express**, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2014.

PINHEIRO, J. A. N.; MORAES, B. C.; SANTOS, S. N. M.; NETO, O. B. S. Análise das condições climáticas de Pelotas-RS. **Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, p. 01- 04, 1999.

ROSSATO, M. S. **Os Climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. Tese (doutorado em Geografia), Programa de Pós Graduação em Geografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS, 253p.

SANTOS, G. B. dos. **Balanco hídrico quantitativo das águas superficiais na bacia hidrográfica do Rio Jaguarão**. 2022. 117f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Programa de Pós-



Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

SANTOS, G. B.; VALENTINI, M. H. K.; SILVA, L. A.; FRANZ, H. S.; CORRÊA, B. L.; SILVA, M. A.; CORRÊA, M. G.; VIEIRA, B. M.; NADALETI, W. C.; VIEIRA, B. M. Análise da qualidade das águas do Arroio Moreira/Fragata (RS) através de métodos estatísticos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 217-226, 2020.

SILVA, M. P.; ASSUMPÇÃO, R. F.; KLIGERMAN, D. C. Bacias hidrográficas transfronteiriças: saneamento e saúde ambiental sem fronteiras. **Saúde Debate**, v. 44, n. 124, p. 251-262, 2020.

SOUZA, M. F.; MEDRONHA, G. A.; MILANI, I. C.. Monitoramento da qualidade da água de um manancial hídrico sob influência de atividades antrópicas, no município de pelotas, RS–Brasil. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**. Anais. 2013.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n.3, p.263-274, 2014.

STEINKE, V. A.; MELO, L. F. de; SAITO, C. H.. Modelagem de exportação de carga poluidora na bacia hidrográfica do rio Jaguarão-(fronteira Brasil-Uruguai): um refinamento em nível hierárquico inferior na modelagem desenvolvida para a bacia da lagoa mirim. **Geografia**, v. 37, n. 1, p. 127-146, 2012.

STEINMETZ, S.; BRAGA, H. J. Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.429-438, 2001.

URUGUAI. **Ministério de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente: Región Hidrográfica de la Laguna Merín**. 2011. Disponível em: <http://www.mvotma.gub.uy/regiones-hidrograficas/region-hidrograficade-la-laguna-merin>. Acesso: 18 ago. 2022.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; DUARTE, V. H.; VIEIRA, B. M. Análise da influência de fatores naturais sobre a condição de balneabilidade das praias da cidade de Itapoá (Santa Catarina). **Meio Ambiente (Brasil)**, 3(2), 45–55, 2021a.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; FRANZ, H. S.; VIEIRA, B. M. Análise da variabilidade da qualidade da água da porção brasileira da Bacia Hidrográfica Mirim – São Gonçalo. In: GUIMARÃES, L. L.; FREITAS, P. G. **Meio Ambiente: gestão, preservação e desenvolvimento sustentável**. v.3, Rio de Janeiro: e-Publicar, 2021b. cap. 33, p. 483-494.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; FRANZ, H. S.; LOEBENS, L.; GUEDES, H. A. S.; VIEIRA, B. M.; MANETTI, A. G. S.; ROMANI, R. F. Análise estatística de correlação e de variância do monitoramento da água bruta da Estação de Tratamento de Água Terras Baixas–Pelotas/RS. **Revista Thema**, v. 19, n. 3, p. 600-614, 2021c.

VERDUM, R., BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: UFRGS Editora. 2004.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. 588 p

ZHAO, Y.; XIA, X. H.; YANG, Z. F.; WANG, F. Assessment of water quality in Baiyangdian Lake using multivariate statistical techniques. **Procedia Environmental Sciences**, v.13, p.1213-1226, 2012.

**Recebido em: 30/08/2022**  
**Aceito em: 24/11/2022**