CORRELAÇÃO ENTRE FATORES CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS NA DINÂMICA DA INTRUSÃO SALINA DO CANAL SÃO GONÇALO

Arlene Fehrenbach[1], Gilberto Loguercio Collares[2], Franciéle Schwanck Carlos[3]

RESUMO

O presente estudo é uma aproximação inicial de um trabalho de maior abrangência relacionado a Linha de Pesquisa de Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água, apresentando relação com a ODS 6 – Água Potável e Saneamento. O trabalho avaliou a influência de variáveis hidrometeorológicas na salinidade do Canal São Gonçalo (CSG), utilizando o coeficiente de correlação de Pearson para dados de 2022 e 2023. Situado na bacia transfronteiriça Mirim-São Gonçalo, o CSG conecta a Laguna dos Patos à Lagoa Mirim, sendo suas águas destinadas a múltiplos usos, incluindo abastecimento público, irrigação, navegação e atividades recreativas. Tais usos são possíveis devido à construção da Barragem e Eclusa do Canal São Gonçalo (BECSG), que atua como barreira contra a intrusão salina proveniente do Oceano Atlântico, via Laguna dos Patos, em direção à Lagoa Mirim. Os resultados indicaram uma correlação negativa entre a salinidade e a precipitação, os níveis d'água e a velocidade do vento, especialmente em 2023, sugerindo que o aumento dessas variáveis está associado à redução da salinidade. O estudo conclui que os níveis de água são um fator chave, mas ressalta a necessidade de análises futuras com regressão linear para avaliar o papel da direção do vento na intrusão salina.

PALAVRAS-CHAVE: Conectividade Lagunar. Recursos Hídricos. Salinidade.

ABSTRACT

The present study represents an initial approach within a broader research effort linked to the Water Security and Multiple Water Uses Research Line, and is related to SDG 6 – Clean Water and Sanitation. The study assessed how hydrometeorological variables influenced the salinity of the São Gonçalo Channel (CSG), using the Pearson correlation coefficient for data from 2022 and 2023.Located in the transboundary Mirim–São Gonçalo basin, the CSG links the Patos Lagoon to the Mirim Lagoon, with its waters allocated to multiple uses, including public supply, irrigation, navigation, and recreational activities. These uses are made possible by the construction of the São Gonçalo Channel Dam and Lock (BECSG), which acts as a barrier against saline intrusion from the Atlantic Ocean, via the Patos Lagoon, into the Mirim Lagoon. The results showed a negative correlation between salinity and precipitation, water levels, and wind speed, particularly in 2023, suggesting that increases in these variables are associated with reduced salinity. The study concludes that water levels are a key factor, but highlights the need for future analyses using linear regression to assess the role of wind direction in saline intrusion.

KEYWORDS: Lagoon Connectivity. Water Resources. Salinity.

[1] Aluna da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água. Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: arlenefehrenbach@outlook.com.
[2] Docente no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pelotas. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, Brasil. E-mail: gilbertocollares@gmail.com.
[3] Docente no Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: schwanck.carlos@ufrgs.br.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem intensificado a demanda por recursos naturais, destacando-se a água como um recurso de atenção prioritária devido à sua importância para a manutenção da vida. Garantir sua disponibilidade em quantidade e qualidade adequada é fundamental para atender às necessidades da sociedade (NOSCHANG e SCHELEDER, 2018). Nesse contexto, a gestão sustentável dos recursos hídricos torna-se essencial para assegurar o uso equilibrado desse recurso.

No presente estudo abordamos o CSG, que possui cerca de 76 km de extensão e conecta a Laguna dos Patos a Lagoa Mirim. A hidrodinâmica do CSG é complexa, uma vez que o escoamento da água ocorre, predominantemente, no sentido da Lagoa Mirim para a Laguna dos Patos. Contudo, em períodos de estiagem, essa direção pode se inverter, passando a fluir da Laguna dos Patos em direção à Lagoa Mirim (HARTMANN e HARKOT, 1990). Além disso, podem ser observados outros efeitos associados à redução do regime de chuvas e, principalmente, à influência dos ventos sobre os níveis de água na região, o que pode resultar em fluxos bidirecionais ou até mesmo na ausência de escoamento, ocasionando o represamento das águas (OLIVEIRA et al., 2019).

A ação dos ventos é um importante fator relacionado à descarga do canal, contribuindo para a variação dos fluxos e dos níveis ao longo do tempo. Na Laguna dos Patos, os ventos predominantes são de direção Nordeste (NE), favorecendo o escoamento das águas em direção a foz, podendo provocar o represamento ou a diminuição da vazão do CSG. Por outro lado, ventos predominantes do Sudoeste (SW) e Sudeste (SE) tendem a represar as águas lagunares, favorecendo a entrada da água do mar. Em períodos de baixos índices pluviométricos e elevado consumo de água, a atuação dos ventos NE podem ocasionar um deslocamento expressivo da massa da água no sentido NE-SW, ou seja, no sentido Patos-Mirim (HARTMANN et al., 1986).

A Laguna dos Patos possui conexão com o Oceano Atlântico, o que propicia a entrada da salinidade das águas marítimas no sistema. Para impedir que a salinidade avançasse no sistema, foi construída, em 1977, a BECSG. Desta forma, em momentos de intrusão salina, a salinidade avança até essa barreira física, mas é fundamental compreender como variáveis hidrometeorológicas podem influenciar o avanço da salinidade no sistema, na medida que baixas precipitações influenciam a disponibilidade de água, impactando as vazões e os níveis d'água, contribuindo para o adentramento de águas advindas do Oceano Atlântico. Paralelamente, as direções e as intensidades dos ventos também influenciam no deslocamento da pluma salina

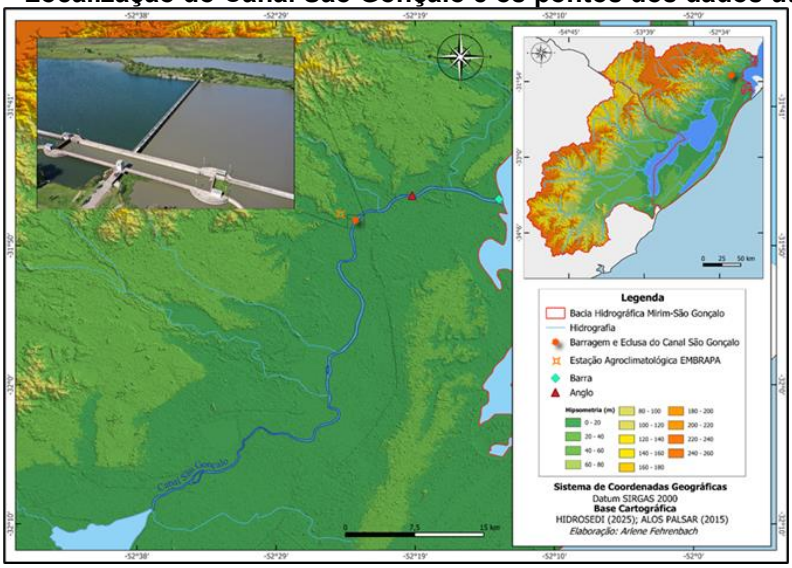
Diante deste contexto, o presente trabalho objetiva verificar a correlação de variáveis hidrometeorológicas (nível, precipitação e velocidade dos ventos) com a salinidade para um período de dois anos (2022 e 2023), em que foi observada intrusão salina no CSG. Para isso, foi empregada a correlação linear de Pearson, a qual permite mensurar a intensidade e a direção da relação entre as variáveis, expressando o grau de variação conjunta entre elas. Ressalta-se que este estudo representa a etapa inicial de uma investigação mais abrangente, na qual serão incluídas outras variáveis, como vazão e direção dos ventos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo (Figura 1) encontra-se inserida na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo, que é uma bacia transfronteiriça, localizada no extremo sul do Brasil e na porção leste do Uruguai, a bacia apresenta uma área total de 62.250 km², sendo 33.000 km² em território uruguaio e 29.250 km² em território brasileiro (FERNANDES et al., 2021). Conforme observado na Figura 1, a BECSG desempenha papel fundamental no controle da intrusão salina na porção sul do canal e na Lagoa

Mirim, preservando a qualidade da água doce que abastece a região. Na Figura 1 estão indicados os pontos de monitoramento realizados pela Agência para o Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM), responsáveis tanto pelos dados de salinidade empregados neste estudo quanto pelo acompanhamento dos níveis a montante e a jusante da BECSG e a Estação Agroclimatológica da EMBRAPA, de onde se originam os dados de precipitação.

Figura 1 - Localização do Canal São Gonçalo e os pontos dos dados utilizados



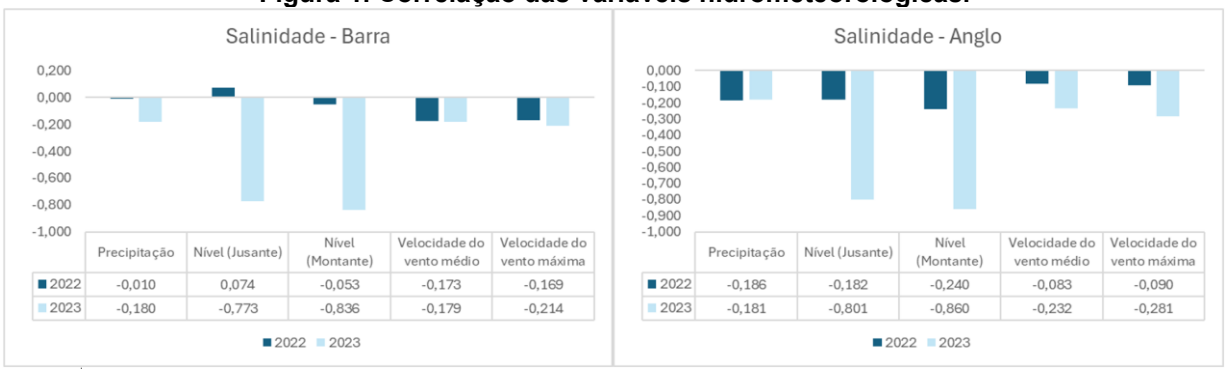
Fonte: Próprio autor (2025).

O presente estudo adota o coeficiente de correlação linear de Pearson (*r*), que descreve de forma quantitativa o grau de associação entre variáveis contínuas. Esse coeficiente mede a intensidade e a direção da relação linear entre duas variáveis quantitativas, assumindo valores entre −1 e +1. Um coeficiente igual a 0 indica ausência de correlação linear, ou seja, não há dependência linear entre X e Y. Valores positivos de *r* representam correlação positiva, indicando que o aumento de uma variável está associado ao aumento da outra. Já valores negativos de *r* revelam correlação negativa, ou seja, quando uma variável cresce, a outra tende a diminuir (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A correlação (Figura 1) entre salinidade e precipitação foi negativa em ambos os pontos e anos, sendo mais intensa no ponto Anglo, indicando que o aumento da precipitação está associado à redução da salinidade. Quanto à correlação com os níveis d'água, observa-se uma relação fortemente negativa em 2023, confirmando os dados, nos quais a salinidade apresentou concentrações elevadas durante períodos de níveis baixos. No que diz respeito a velocidade do vento média e máxima, também se observou uma correlação negativa em todos os casos, indicando que ventos mais fortes estão associados a uma diminuição da salinidade. No entanto, para uma análise mais precisa, seria necessário realizar a correlação considerando cada direção dos ventos, uma vez que, dependendo de sua orientação, podem ocorrer variações significativas nos níveis de água, além de alterações no sentido de escoamento do CSG (HARTMANN e HARKOT, 1990). Como a direção dos ventos é uma variável fundamental para compreender o avanço da salinidade no sistema, a próxima etapa da pesquisa utilizará regressão linear simples e múltipla, aplicadas separadamente para cada direção predominante dos ventos.

Figura 1. Correlação das variáveis hidrometeorológicas.



Fonte: Próprio autor (2025).

CONCLUSÃO

Neste estudo, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson para avaliar a relação entre salinidade e variáveis hidrometeorológicas. Observou-se correlação predominantemente negativa nos dois pontos de monitoramento, indicando que maior precipitação, níveis d'água e velocidade dos ventos tendem a reduzir a salinidade. Destaca-se a forte correlação negativa com os níveis de água em 2023, reforçando a associação entre baixos níveis e altas concentrações salinas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento, ao Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Hidrometria e Sedimentos para o Manejo de Bacias Hidrográficas – NEPE-HIDROSEDI, da Universidade Federal de Pelotas e a Agência para o Desenvolvimento da Lagoa Mirim.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, F. M.; COLLARES, G. L.; CORTELETTI, R. A água como elemento de integração transfronteiriça: o caso da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 59-77, 2021.

HARTMAN, C.; HARKOT, P. F. C.; Influência do canal São Gonçalo no aporte de sedimentos para o estuário da Laguna dos Patos, RS. **Revista Brasileira de Geociências**. Departamento de Geociências, FURG, Rio Grande, RS, Brasil. p.329- 332, março/dezembro de 1990.

HARTMANN, C.; SANO, E. E. Contribuição ao estudo da hidrodinâmica e evolução das massas de água na laguna dos Patos através de imagens MSS-Landsat no período de 1979 a 1983. **Revista Brasileira de Geofísica**, 1986. 43p.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.
NOSCHANG, P. G.; SCHELEDER, A. F. P. A (In)sustentabilidade hídrica global e o direito humano à água. **Sequência**, v. 39, n. 79, p. 119–138, 2018.

OLIVEIRA, H., FERNANDES, E., MÖLLER, O., GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. Relationships between wind effect, hydrodynamics and water level in the world's largest coastal lagoonal system. **Water**, v. 1, p 1-20, 2019.