

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA LITORAL NORTE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO (Lato sensu) EM MEIO AMBIENTE E
BIODIVERSIDADE

MATEUS FERNANDES DE SOUZA

EL NIÑO E A SALINIZAÇÃO DA LAGOA DO PASSO, BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO TRAMANDAÍ, RS, BRASIL

OSÓRIO

2023

MATEUS FERNANDES DE SOUZA

**EL NIÑO E A SALINIZAÇÃO DA LAGOA DO PASSO, BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO TRAMANDAÍ, RS, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Meio Ambiente e Biodiversidade pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof. Dra. Ester Wolff Loitzenbauer.

OSÓRIO

2023

MATEUS FERNANDES DE SOUZA

**EL NIÑO E A SALINIZAÇÃO DA LAGOA DO PASSO, BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO TRAMANDAÍ, RS, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Meio Ambiente e Biodiversidade pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof. Dra. Ester Wolff Loitzenbauer.

Aprovado em:29/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Dra. Daiana Maffessoni

Dra. Lisiane Acosta Ramos

OSÓRIO

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Jesus pela oportunidade de melhorar nesse plano.

Agradeço à minha família pelo apoio e incentivo quando me dedico aos estudos.

À minha orientadora Ester, obrigada por dividir conhecimento, ensinar a pensar estatisticamente, pelo incentivo, pela dedicação de tempo e, principalmente pela paciência, pelos estímulos, sempre caridosa e empenhada. Obrigado por topar pensar climatologia na região que estimo tanto, gratidão por aceitar a orientação, por fortalecer, mesmo que virtualmente a nossa pesquisa. Obrigado por ser minha amiga.

Aos colegas de curso, com carinho aos que nas vésperas de avaliações sempre nos ajudaram, mutuamente. “Ninguém solta a mão de ninguém”.

Ao meu Irmão, colega desde o ensino médio Rafael Passos Calderon, pela parceria na caminhada acadêmica e pelos conselhos de vida, sem ti certamente estaria noutras vivências, mais “difíceis”.

À Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, por oportunizar pesquisas sobre a dinâmica regional, biodiversidade e seus fatores ambientais, pela oportunidade de cursar um curso de especialização tão gabaritado e tão importante. Aos professores que transmitiram conhecimentos, por ajustarem suas aulas, num momento delicado de pandemia, em tão pouco tempo.

Aos membros da banca avaliadora, professora Daiana Maffessoni e a professora Lisiane Acosta Ramos em especial, por sempre me atender quando precisei.

A todos, GRATIDÃO!

EL NIÑO E A SALINIZAÇÃO DA LAGOA DO PASSO, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAMANDAÍ, RS, BRASIL

Ester Wolff Loitzenbauer¹, Mateus Fernandes de Souza¹

¹ Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS, Osório, RS, Brasil

RESUMO

O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um dos principais causadores de variabilidade climática no sul do Brasil, estando relacionado ao aumento de chuvas em El Niño (EN) e redução em La Niña (LN). Compreender os impactos desse fenômeno é relevante pois o mesmo pode alterar o balanço hídrico que é fundamental para a gestão dos recursos hídricos. Em um ambiente estuarino, o balanço hídrico apresenta mais um componente, que é a interação com o oceano, que pode aumentar a salinidade, comprometendo os usos da água e causando prejuízos em especial para a população, que não pode se servir de água salobra para abastecimento. A Lagoa do Passo, na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT), é fonte de abastecimento de água para os balneários dos municípios de Xangri-lá, Imbé e Osório e também pode ter influência da salinização marinha. Desta forma, o presente estudo correlacionou dados de precipitação, teor de cloretos (salinidade) e índice MEI (relativo ao ENOS), entre o período de 1992 a 2017. Observou-se o grande desvio padrão dos dados de cloretos. A comparação entre as correlações das séries de cloretos com e sem o ano de 2005 (devido à salinização extrema) e o ENOS, demonstra que há uma aumento no coeficiente de correlação no segundo caso. O ENOS não possui correlação forte com a salinidade no estuário da BHRT, sendo que todas as três correlações foram consideradas fracas. Dessa forma, a relação entre o ENOS e a precipitação na BHRT não é forte o suficiente para influenciar a salinidade na Lagoa do Passo. Outros estudos devem observar a evapotranspiração, maré meteorológica e direção do vento na salinidade na BHRT.

Palavras-chave: El Niño. Rio Tramandaí. Variabilidade climática. Teor de Cloretos.

ABSTRACT

The El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon is one of the main causes of climate variability in southern Brazil, being related to the increase in rainfall in El Niño (EN) and reduction in La Niña (LN). Understanding the impacts of this phenomenon is relevant as it can alter the water balance, which is fundamental for the management of water resources. In an estuarine environment, the water balance has yet another component, which is the interaction with the ocean, which can increase salinity, compromising the use of water and causing losses, especially for the population, which cannot use brackish water to supply. Lagoa do Passo, in the Tramandaí River Hydrographic Basin (BHRT), is a source of water supply for the resorts in the municipalities of Xangri-lá, Imbé and Osório and may also be influenced by marine salinization. In this way, the present study correlated precipitation data, chloride content (salinity) and MEI index (relative to ENSO), between the period from 1992

to 2017. The large standard deviation of the chloride data was observed. The comparison between the correlations of the chloride series with and without the year 2005 (due to extreme salinization) and ENSO, demonstrates that there is an increase in the correlation coefficient in the second case. ENSO does not have a strong correlation with salinity in the BHRT estuary, with all three correlations being considered weak. Therefore, the relationship between ENSO and precipitation in the BHRT is not strong enough to influence salinity in Lagoa do Passo. Other studies should observe evapotranspiration, meteorological tide and wind direction in salinity in the BHRT.

Keywords: El Niño. Tramandaí River. Climate variability. Chloride content.

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica é resultado da interação entre as forçantes naturais (ciclo hidrológico, evaporação e precipitação) e a ação antrópica, através da retirada de água e modificações nos fluxos hídricos (LOITZENBAUER; MENDES, 2012). Um dos fatores associados às forças naturais é o fenômeno *El Niño Oscilação Sul* (ENOS), que gera anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Equatorial, que, quando positivo, isto é, mais quentes, é chamado *El Niño*, e, quando negativo, mais frias, chamado *La Niña* (TRENBERTH; STEPANIAK, 2001). Estas oscilações acarretam efeitos globais, tanto na temperatura atmosférica quanto na precipitação e tem recorrência irregular de 2 a 7 anos (WANG, 2018; BORZELLI; CARNIEL, 2023). Há indicativos que um dos efeitos das mudanças climáticas globais seja o aumento da frequência dos chamados *Super El Niños* (NUNES, 2015; CAI *et al.*, 2015), além da previsão de maior frequência de alternância entre eventos extremos de *El Niño* e *La Niña* de um ano para outro (CAI *et al.*, 2015).

No estado do Rio Grande do Sul (RS), os principais efeitos associados a eventos ENOS ocorrem sobre a precipitação pluvial e a temperatura do ar (FONTANA e BERLATO, 1997). Assim, há previsão de maiores precipitação pluvial e temperatura em anos de *El Niño* e de baixa precipitação pluvial e menores temperaturas em anos de *La Niña* (SCHOSSLER *et al.*, 2018; BARROS *et al.*, 2008; FONTANA; ALMEIDA, 2002; FONTANA; BERLATO, 1997). Vale ressaltar que o ENOS, em seus períodos cíclicos, começam a se desenvolver entre abril e junho, intensificando-se a *posteriori* e chegando ao máximo no período dezembro-fevereiro (FUENTES, 2008). Neste contexto, as mudanças climáticas também implicam em efeitos no RS, oscilação de chuvas intensas, ciclones tropicais e temperatura,

tornando o estado mais úmido nas próximas décadas (MARENGO, 2001), efeitos que podem se somar aos ciclos de ENOS.

Em função da importância da atividade agrícola no RS, os estudos mais comuns relacionados ao ENOS visam prever a precipitação para auxiliar na gestão da safra agrícola (LOPES, 2006). Nos estuários do RS, o da Lagoa dos Patos é o mais estudado, onde há evidências de que o *El Niño*, ao aumentar a chuva, aumenta o fluxo de água doce para o estuário, favorecendo a presença de espécies de água doce, aumentando a riqueza de espécies e diminuindo a salinidade (GARCIA *et al.*, 2001; FERNANDES *et al.*, 2002; GARCIA *et al.*, 2003; POSSAMAI *et al.*, 2018). Em *La Niña*, ocorre menor precipitação, aumento do número de espécies marinhas e maior salinidade (GARCIA *et al.*, 2001; GARCIA *et al.*, 2003). Na Bacia do Rio Tramandaí (BHRT), Pimentel *et al.* (2023) relacionam parâmetros de qualidade de água com variáveis climáticas como precipitação e ENOS em três lagoas da BHRT, observando uma correlação fraca e negativa entre a salinidade e a precipitação, e entre ENOS e salinidade. Vieira *et al.* (2019) ao analisar a assembléia de peixes na BHRT, verificaram que em *El Niño*, ocorreu aumento da riqueza de espécies no estuário.

O balanço hídrico é essencial na compreensão da dinâmica de um ambiente estuarino. Uma elevada descarga de água doce, resultado de grande precipitação ou baixa descarga, relacionado à estiagens, que podem alterar o regime de salinidade e circulação da água em estuários e regiões costeiras (LOITZENBAUER; MENDES, 2012). Quando há menor volume de água doce, há um aumento da influência salina num sistema estuarino. A salinização compromete as fontes de água doce, causando prejuízos em especial para a população, que não pode se servir de água salobra para abastecimento, assim como outros usos como agricultura e indústria (LOITZENBAUER; MENDES, 2012).

A Lagoa do Passo está localizada no estuário da BHRT, e apesar de ser classificada como água doce pelo enquadramento dos corpos de água da bacia, têm efeito da salinidade acima de 0,5‰ em alguns anos. A mesma é fonte de abastecimento de água para os balneários de Rainha do Mar, pertencente ao município de Xangri-lá, município de Imbé e, Atlântida Sul, no município de Osório. Quando ocorre a salinização, a empresa que coleta e trata água para abastecimento fica impedida de realizar o tratamento adequado em função da salinidade, e a população fica sem água potável. Há a preocupação de que os efeitos das

mudanças climáticas associados ao ENOS possam intensificar problemas de estresse hídrico e aumento da salinização na BHRT.

O presente trabalho irá analisar os dados de cloretos medidos na Lagoa do Passo e relacioná-lo com variáveis climáticas, ENOS, precipitação e velocidade do vento, para o período de 1992 a 2017. Compreender os fatores relacionados à salinização é imprescindível para o correto planejamento e gestão dos recursos hídricos. O resultado desse estudo irá contribuir para a gestão dos recursos hídricos no estuário do Rio Tramandaí, e especialmente na Lagoa do Passo, que possui usos desde irrigação para lavouras e abastecimento, que coincidem com os períodos de maior demanda hídrica associado ao veraneio e ao aumento populacional que ocorre no verão.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

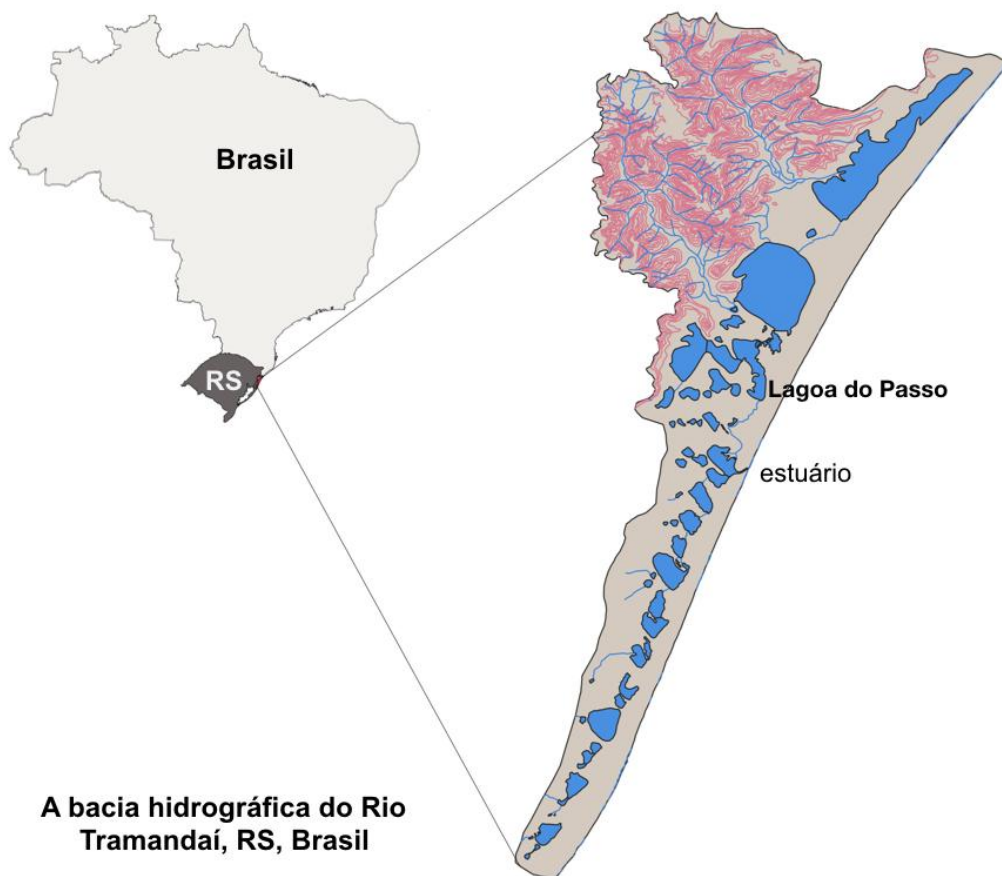
2.1 ÁREA DE ESTUDO

O Litoral Norte do RS é formado por uma sequência de lagoas paralelas à faixa oceânica, a maioria delas interligada por pequenos canais e rios e compondo em parte a Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT). Esta bacia possui uma área de drenagem de aproximadamente 2.540 km², dos quais 450 km² de superfícies de espelhos d'água (FREITAS, 2003) (Figura 1).

A BHRT pode ser subdividida em dois subsistemas hidrográficos, norte e sul, com o sistema norte distribuindo-se da lagoa Itapeva até a laguna de Tramandaí, e o sul, da laguna do Armazém até a lagoa Cerquinha. A junção destes dois subsistemas ocorre no estuário do rio Tramandaí, que é composto pelas lagunas de Tramandaí e do Armazém que, fisionomicamente, são contínuas (FERREIRA *et al.*, 2006).

O clima da região se caracteriza como subtropical úmido (Köppen), com temperatura média em torno dos 20° C (HASENACK; FERRARO, 1989). Há predominância de ventos de sentido NE com velocidade média de 4,31 m/s (STE, 2019), seguida por ventos de SW durante a passagem de frentes frias, mais comuns no inverno. Os ventos do quadrante sul contribuem para a salinização das lagoas do sub-sistema norte, e os ventos de NE favorecem a saída de água doce do estuário (STE, 2019). A precipitação na área é bem distribuída, embora os meses de verão podem estar associados a déficit sazonal de água, associado ao aumento da evapotranspiração (STE, 2019).

Figura 1. Localização e representação da Lagoa do Passo na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, no RS e no Brasil



Fonte: Autores (2023).

Nesta região, a influência da maré astronômica é mínima (0,3m) (TABAJARA, 1994), e a variação do nível do mar é fortemente influenciada por eventos meteorológicos no oceano, gerando as marés meteorológicas ou ressacas.

Os principais tributários do subsistema norte são os rios Três Forquilhas e Maquiné, que nascem na cota de 900 m e deságuam no estuário do rio Tramandaí. Nesse subsistema se inserem a lagoa do Passo e o rio Tramandaí (Figura 1). A Lagoa do Passo está localizada na localidade do Palmital, no município de Osório. Esta lagoa representa um manancial de abastecimento de água para moradores do litoral, nos Balneários de Rainha do Mar, município de Imbé e, Atlântida Sul, município de Osório. Segundo Castro e Rocha (2016, p.107) “ Este uso é de prioridade máxima na gestão dos recursos hídricos e a contaminação pode comprometer a qualidade dessa lagoa“. Nesta lagoa, as águas variam de doces a mixohalinas, em decorrência do regime de ventos e marés (FEPAM, 2000).

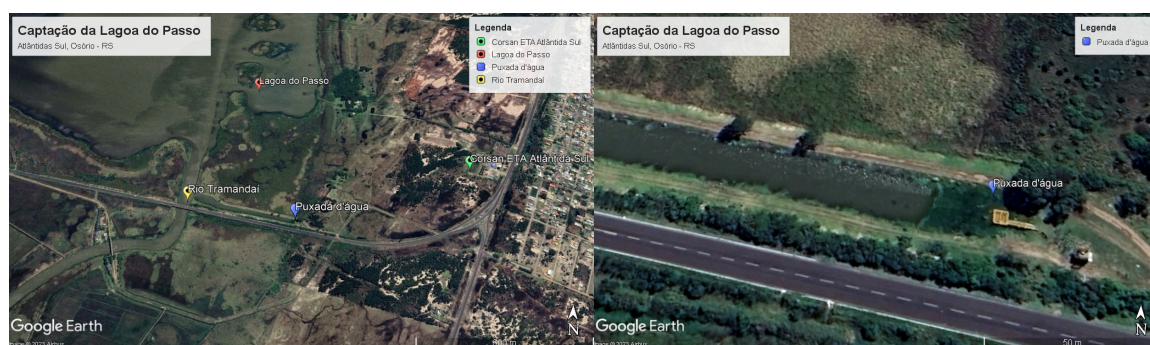
No Litoral Norte do RS, há uma particularidade sazonal, onde o veraneio traz um aumento substancial na sua população (CASTRO; MELLO, 2013; IBGE, 2023), durante o verão, época que coincide com irrigação de arroz e aumento na evapotranspiração. Além disso, a população cresceu 23,3% em relação ao último Censo, quando a população do estado aumentou apenas 1,7%. Atualmente, a população do Litoral Norte representa 3,8% do total de moradores do RS (IBGE, 2023).

2.2 DADOS UTILIZADOS

A concentração de cloretos na água superficial foi obtido pela Companhia Rio-Grandense de Saneamento (CORSAN), que realizou a medição diária do parâmetro no ponto de tomada de água para a estação de tratamento de Água de Atlântida Sul, localizada entre o Rio Tramandaí e a Lagoa do Passo (Figura 2), durante o período de 1992 a 2017, com algumas lacunas. Esses dados foram tabulados e feitas as médias mensais.

Foram feitas análises estatísticas, considerando a série de cloretos completa, e sem o ano de 2005, onde ocorreu um evento de salinização extrema na Lagoa do Passo, que levou a interrupção do abastecimento público de água (LOITZENBAUER; MENDES, 2012). Isso foi feito em virtude de ser um ano *outlier*, e o coeficiente de correlação de Pearson é muito sensível para *outliers* (PARANHOS *et al.*, 2014).

Figura 2. Localização da captação de água da CORSAN entre o Rio Tramandaí e a Lagoa do Passo



Fonte: Google Earth® (2003)

Com objetivo de melhor interpretação e comparação com a resolução do CONAMA 357 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, os valores de cloretos foram transformados a valores

de salinidade, considerando que a fonte dos cloretos são águas marinhas, segundo a fórmula de Knudsen (GARRISON, 2010):

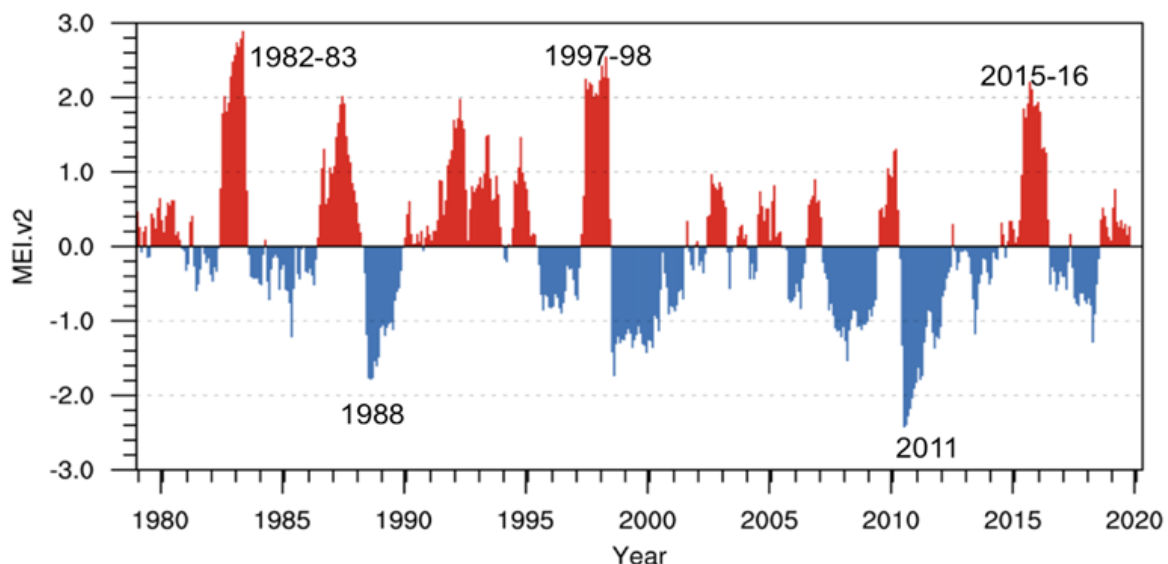
$$S (\text{‰}) = 1,80655 \text{ Cl} (\text{‰}) \quad (1)$$

sendo S = salinidade (‰) e Cl = concentração de cloretos (em mg/L).

Os dados de precipitação foram obtidos nas estações automáticas localizadas na BHRT, a estação Tramandaí (A834, -30,010278; -50,135833) e Torres (A808, -29,350278; -49,733333) do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia, 2023), onde qual foi feita a média aritmética das duas estações.

Para representar o ENOS, foi utilizado o índice Mei v.2 obtido de NOAA (2023), sendo que valores maiores que +0,4 são caracterizados com *El Niño* (0,5 a 0,9 intensidade fraca; 1,0 a 1,4 moderada; $\geq 1,5$ forte). Quando os valores são menores que -0,4, o período é caracterizado como *La Niña* (-0,5 a -0,9 intensidade fraca; -1,0 a -1,4 moderada; $\leq -1,5$ forte). A Figura 3 apresenta o gráfico do Mei v.2 por ano.

Figura 3: Índice MEI de ENOS desde 1979 até 2019. Índices positivos indicam *El Niño* (vermelho) e índices negativos (azul) *La Niña*



Fonte: NOAA (2023).

Os dados foram tabulados e em seguida foram feitas análises estatísticas multivariadas, de correlação de Pearson e gráficos de correlação e de variação dos dados

utilizando o software Excel® e o software RStudio®. A interpretação dos dados gerados permite analisar as possíveis causas destas correlações, e efeitos do ENOS na BHRT.

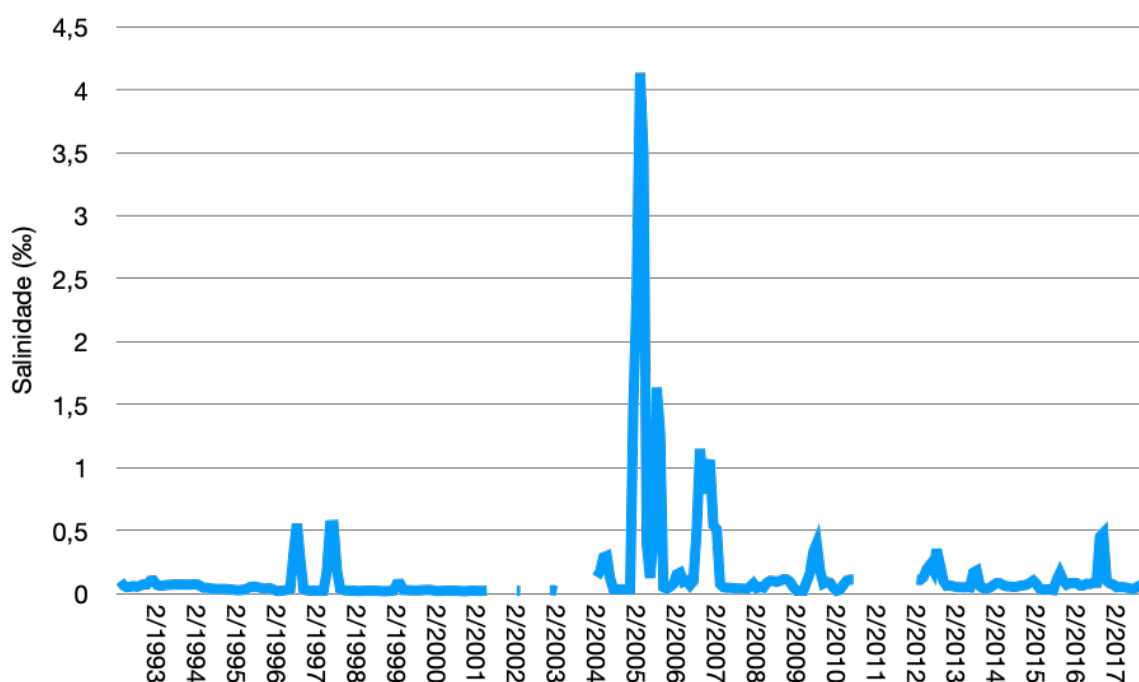
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A variação da salinidade da água superficial da Lagoa do Passo está apresentada na Figura 4.

O limite para água doce (CONAMA 357/2005) e para que a água possa ser utilizada para abastecimento público é de 0,5‰. Desta forma, são poucos os períodos em que a Lagoa do Passo apresenta valores de salinidade acima desse limite, sendo dois registros nos anos de 1996 e 1997, entre março de 2005 e maio de 2007, em 2009 e em 2017.

Figura 4. Variação da salinidade da água da Lagoa do Passo de 1992 a 2017



Fonte: Autores (2023)

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises de variância das séries mensais de cloretos na Lagoa do Passo, precipitação e ventos para a bacia do Rio Tramandaí. E a Tabela 2 apresenta os valores da correlação de Pearson e do p -valor (análise de significância).

Tabela 1. Valores da análise estatística das séries mensais de cloretos, precipitação e ventos

| | Salinidade (%) | Cloretos (mg/L) | Cloretos (-2005) (mg/L) | Precipitação mensal (mm) | Vel. Vento (m/s) |
|----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| média | 0,15 | 82,50 | 52,4 | 135,65 | 4,48 |
| desvio padrão | 0,41 | 227,00 | 102,90 | 46,02 | 0,70 |
| valor máximo | 4,1 | 2288,81 | 1049,25 | 247,00 | 6,41 |
| valor mínimo | 0,016 | 8,95 | 8,95 | 32,70 | 2,68 |

Fonte: Autores (2023)

Tabela 2. Valores da correlação de Pearson e do *p*-valor (análise de significância) para cloretos, cloretos (menos o ano de 2005), ENOS, precipitação e velocidade do vento. Valores em amarelo indicam correlação fraca e dentro do nível de significância considerado (<0,05)

| | p-valor | | | | | |
|------------------------------|-------------------|----------|-------------------|---------|--------------|------------|
| | | Cloretos | Cloretos (- 2005) | ENOS | Precipitação | Vel. vento |
| Correlação de Pearson | Cloretos | - | - | 0,0878 | 0,1537 | 0,1528 |
| | Cloretos (- 2005) | - | - | 0,0199 | 0,0327 | 0,0592 |
| | ENOS | 0,1051 | 0,1463 | - | 0,0259 | 0,0746 |
| | Precipitação | 0,1460 | 0,2319 | 0,2078 | - | - |
| | Vel. vento | 0,0159 | 0,2079 | -0,1691 | - | - |

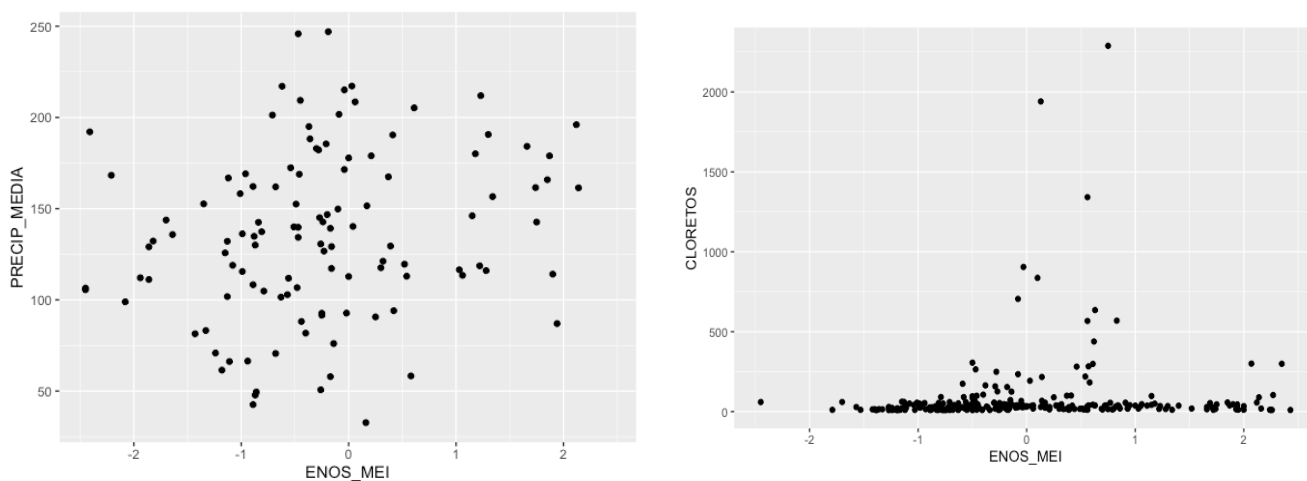
Fonte: Autores (2023)

Inicialmente observa-se o grande desvio padrão dos dados de cloretos, com um valor máximo de cloretos muito distante da média, referência ao ano 2005, onde os valores de cloretos foram anormais. Já na série de cloretos (-2005), os valores foram mais homogêneos, refletindo na média também que ficou significativamente menor.

A comparação entre as correlações das séries de cloretos com e sem o ano de 2005 e o ENOS, demonstra que há uma aumento no coeficiente de Pearson na série sem o ano de 2005, indicando que o ENOS não esteve relacionado com a salinidade acima do normal no ano de 2005, época de ENOS neutro. Além disso, a retirada do ano de 2005 também aumenta o nível de significância da análise de correlação.

Com significância de 5%, foram consideradas significativas apenas as correlações sem o ano de 2005, para ENOS e cloretos (-2005) e precipitação e cloretos (-2005), e para a correlação ENOS e precipitação. Contudo, todas as três correlações foram consideradas fracas (DANCEY; REIDY, 2006), com destaque para a relação entre cloretos (-2005) e precipitação de 0,2319, o maior valor. A partir destas análises, observa-se que a salinidade tem relação fraca com a precipitação, com aumento da precipitação gerando aumento da salinidade. A Figura 5 apresenta graficamente a correlação entre precipitação média e ENOS e entre cloretos e ENOS.

Figura 5. Gráfico de dispersão dos dados de precipitação média com ENOS (esquerda) e do Cloretos com ENOS (direita)



Fonte: Autores (2023).

Os gráficos de dispersão da Figura 5 permitem visualizar as análises de correlação realizadas. Desta forma, observa-se que não há correlação forte, nem mesmo relação não linear (que não é mostrada pelo coeficiente de Pearson). Observa-se maior número de pontos do lado esquerdo do gráfico, relacionando *La Niña* com a precipitação. Já no gráfico que

relaciona ENOS e cloretos, observa-se valores de salinidade maiores em ENOS neutro entre 0 e 1. Esses indicadores são o oposto do esperado, onde se imaginava que *El Niño* e precipitação seriam relacionados e que a salinidade seria maior em época de seca (La Niña), conforme estudos no estuário da Lagoa dos Patos (FERNANDES *et al.*, 2002).

Os estudos de Pimentel *et al.* (2023) mostraram resultados diferentes do encontrado neste trabalho, ao relacionar parâmetros de qualidade da água com variáveis climáticas na BHRT para a série de 2009 a 2019. Os mesmos autores encontraram correlação fraca (0,279 e $p=0,003$) entre a precipitação acumulada de 15 dias com o ENOS, e correlação fraca (-0,245 e $p=0,008$) entre salinidade na Lagoa do Passo e ENOS.

A série utilizada por Pimentel *et al.* (2023) foi menor que a utilizada neste trabalho, onde foram realizadas apenas uma medição por mês. Contudo, Pimentel *et al.* (2023) encontrou relação negativa entre ENOS e salinidade, indicando o esperado em comparação com estudos na Lagoa dos Patos (FERNANDES *et al.*, 2002; PASQUINI *et al.*, 2012), em que o *El Niño* (fase quente, índice positivo) gerou maior precipitação no RS (MIRO *et al.*, 2019) e logo, menor salinidade. Já no presente estudo, os episódios com salinidade superiores a 0,5‰ são com *El Niño* fraco (0,5 à 0,9).

Um ponto importante para ser destacado é que tanto as coletas realizadas neste trabalho quanto a de Pimentel *et al.* (2023) utilizaram dados de salinidade de subsuperfície (20 cm de profundidade). A entrada de água salgada no estuário do Rio Tramandaí ocorre na forma de pluma, sendo a maior salinidade em profundidade e menor na superfície.

A velocidade do vento não apresentou correlação significativa com ENOS ou com cloretos. Análises futuras, em que conste a direção do vento, poderiam auxiliar na compreensão dos fenômenos registrados, pois, conforme STE (2019), ventos do quadrante sul favorecem a entrada de água salgada dentro do estuário da BHRT. Hartmann e Schettini (1991) afirmam que a ação constante dos ventos de quadrante norte, favorecem o fluxo de água doce no estuário da Laguna dos Patos, que leva a refletir sobre as correntes e direção dos ventos no estuário do Rio Tramandaí, podendo causar uma maré meteorológica, ocasionando a intrusão de água salgada e o bloqueio de saída de água doce.

Há alguns períodos entre 2012 e 2016, ocorreu déficit hídrico (precipitação - evaporação) na BHRT. Conforme Pimentel *et al.* (2023), gerou uma diferença negativa de 50,6mm no balanço hídrico, que significa que há mais evaporação que precipitação. Em

ambos o período era *La Niña* fraca. Seria interessante considerar o efeito da evaporação na salinidade na BHRT, já que esse balanço hídrico pode refletir no balanço de salinidade no estuário.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperava-se que, em virtude de ENOS positivo, haveria um aumento de chuva na bacia, e por conta disso, uma diluição dos cloretos na Lagoa do Passo, conforme estudos sobre efeitos do ENOS no RS e na Lagoa dos Patos. Porém, notou-se que, os períodos de maior precipitação foram com *La Niña* fraco e os períodos com maior salinidade na Lagoa do Passo, foram em períodos neutros ou de *El Niño*.

Desta forma, a relação entre o ENOS e a precipitação na BHRT não é forte o suficiente para influenciar a salinidade na Lagoa do Passo, tanto no presente trabalho quanto em estudos anteriores na BHRT.

A utilização de dados de salinidade/cloretos em sub-superfície pode limitar a percepção da penetração da cunha salina na BHRT. Seria importante realizar outros estudos no estuário da BHRT considerando análise da salinidade em profundidade.

Outros fatores podem estar relacionados a salinidade no estuário, como a velocidade associada à direção do vento, que pode empurrar a água marinha para dentro do estuário ou forçar a saída de água doce da bacia. Novos estudos precisam considerar esses efeitos do vento, além do efeito da maré meteorológica e da evapotranspiração.

REFERÊNCIAS

BARROS, Vicente R.; DOYLE, Moira E.; CAMILLONI, Inés A. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 1, p. 19-33, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-007-0329-x>. Acesso em: 26 fev. 2023.

BORZELLI, G.L.E.; CARNIEL, S. Where the winds clash: what is really triggering El Niño initiation? **Climate and Atmospheric Science**, 6: 119, 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfeda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 18 set. 2023.

CAI, W. *et al.* Increased frequency of extreme La Niña events under greenhouse warming. **Nature Climate Change**, v. 5, n. 2, p. 132-137, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate2492>. Acesso em: 26 fev. 2023.

CASTRO, D.; MELLO, Ricardo Silva Pereira. Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí: Atlas Ambiental. **Via Sapiens livraria: Porto Alegre, Brasil**, 2013.

CASTRO, D.; ROCHA, C. M. Qualidade das águas na bacia hidrográfica do rio Tramandaí. **Porto Alegre, Via Sapiens. 172p**, 2016.

DANCEY, Christine; REIDY, John. (2006), Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed.

FEPAM, 2000. **Diretrizes ambientais para o desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte**. Porto Alegre, 95 p.

FERNANDES, E. H. L., DYER, K. R., MOLLER, O. O., NIENCHESKI, L. F. H. (2002). **The Patos lagoon hydrodynamics during an El Niño event (1998)**. *Continental Shelf Research*, 22(11-13), 1699-1713.

FERREIRA, F. *et al.* Tecamebas em sedimentos do rio Tramandaí e da lagoa do Passo, planície costeira norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Gaea-Journal of Geoscience**, v. 2, n. 2, p. 66-74, 2006. Disponível em: <https://revistas.unisinus.br/index.php/gaea/article/view/6150/0>. Acesso em: 26 fev. 2023.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria**, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/128.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2023.

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, TS DE. Climatologia Do Número De Dias Com Precipitação Pluvial No Estado Do Rio Grande Do Sul. **Revista Brasileira De Agrometeorologia, Santa Maria**, V. 10, N. 1, P. 135-145, 2002.

FREITAS, SMF de. Distribuição espaço-temporal da comunidade de macroinvertebrados bentônicos associados ao sedimento, e uso na interpretação da qualidade das águas das lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, lagoas costeiras da bacia do rio Tramandaí, Osório, RS, Brasil. **Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2003.

FUENTES, Márcia Vetromilla. Dinâmica e padrões da precipitação de neve no sul do Brasil. 2008. Disponível em: http://www.dca.iag.usp.br/material/ritaynoue/agm5706/MarciaFuentes_neve%20no%20sul%20do%20brasil.pdf. Acesso em: 16 fev. 2023.

GARCIA, A. M., VIEIRA, J. P., WINEMILLER, K. O. Dynamics of the shallow water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes.

Journal of Fish Biology, 59(5), 1218-1238. 2001.

GARCIA, A. M.; VIEIRA, J. P.; WINEMILLER, K. O. Effects of 1997–1998 El Niño on the Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon Estuary (Brazil). *Estuarine, coastal and shelf Science*, v. 57, n. 3, p. 489-500, 2003.

GARRISON, T. *Oceanography: An Invitation to Marine Science*. Brook/Cole. 582 p. 2010.

HARTMANN, Carlos; SCHETTINI, Carlos Augusto França. **Aspectos hidrológicos na região da desembocadura da Laguna dos Patos, RS**. 1991.

HASENACK, Heinrich; FERRARO, Lilian. Considerações sobre o clima da região de Tramandaí, RS. **Pesquisas em Geociências**, v. 22, n. 22, p. 53-70, 1989. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21456/pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

IBGE, Censo Demográfico 2022: população e domicílios. Coordenação Técnica do Censo Demográfico. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/> Acesso em: 26 jul. 2023.

Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. (2021). Banco de dados meteorológicos. Recuperado em 13 de outubro de 2022, de <https://bdmep.inmet.gov.br/>

LOITZENBAUER, E.; MENDES, C. A. B. 2012. Salinity dynamics as a tool for water resources management in coastal zones: an application in the Tramandaí River basin, southern Brazil. *Ocean and Coastal Management*, 55, 52-62

LOPES, Fábio Ziemann. **Relação entre o MEI (Multivariate Enso Index) e a precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul**. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <http://www.repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/3992>. Acesso em: 26 fev. 2023.

MARENGO, J. A. MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E REGIONAIS: AVALIAÇÃO DO CLIMA ATUAL DO BRASIL E PROJEÇÕES DE CENÁRIOS CLIMÁTICOS DO FUTURO. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 16, n. 01, p. 1-18, set. 2001. Disponível em: http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/05.25.18.19/doc/Marengo_mudancas%20climaticas%20globais%20e%20regionais.pdf. Acesso em: 26 fev. 2021.

MIRO, J. M. R., SOUZA, V. C. GUEDES, R. A. T.; ALVES, L. A. (2019). **A relação entre os fenômenos El Niño e La Niña e o clima da Baixada Campista, norte do estado do Rio de Janeiro**. In XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.

NOAA. 2014: National Oceanic and Atmospheric Administration, Global Monitoring Division. Disponível em: <http://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi.php>.

Acesso em: 26 fev. 2021.

NUNES, L. H. (2015). Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. **Terra Livre**, 1(20), 101-110.

PARANHOS, Ranulfo et al. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson: o retorno. **Leviathan (São Paulo)**, n. 8, p. 66-95, 2014.

PASQUINI, A. I., NIENCHESKI, L. F.; DEPETRIS, P. J. (2012). The ENSO signature and other hydrological characteristics in Patos and adjacent coastal lagoons, south-eastern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 111, 139-146.

PIMENTEL, V. T., LOITZENBAUER, E. W.; ROCHA, C. M. (2023). **Variabilidade climática e qualidade da água em três lagoas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, RS, Brasil**. Revista de Gestão de Água da América Latina, 20, e15. <https://doi.org/10.21168/rega.v20e15>

POSSAMAI, B., VIEIRA, J. P., GRIMM, A. M., GARCIA, A. M. Temporal variability (1997-2015) of trophic fish guilds and its relationships with El Niño events in a subtropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 202, p. 145-154, 2018.

SCHOSSLER, Venise *et al.* Precipitation anomalies in the Brazilian southern coast related to the SAM and ENSO climate variability modes. **RBRH**, v. 23, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2318-03312018000100207&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 26 fev. 2023.

STE. Relatório técnico 3 (RT3): Diagnóstico Consolidado da Bacia Hidrográfica do Tramandaí. 2019. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/1010-bh-tramandai> Acesso: 21 set 2023.

TABAJARA, L. L. C. A. Aspectos hidrodinâmicos e sedimentologia do sistema lagunar-estuarino de Tramandaí, RS. **Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 197p**, 1994.

TRENBERTH, K. E.; STEPANIAK, D. P. **Indices of El Niño evolution**. **Journal of Climate**, 14(8), 1697-1701. 2001.

VIEIRA, J. ROMÁN-ROBLES, V. RODRIGUES, F. RAMOS, L., SANTOS, M. Long-Term Spatio temporal Variation in the Juvenile Fish Assemblage of the Tramandaí River Estuary (29° S) and Adjacent Coast in Southern Brazil. **Frontiers in Marine Science**, 6, 269. 2019.

WANG, C. A review of ENSO theories. **National Science Review**, 5, 813-825. 2018.