



## XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **OSCILAÇÃO DOS NÍVEIS DO CANAL SÃO GONÇALO NO EXTREMO SUL DO BRASIL**

*Roberta M. Karsburg<sup>1</sup>; Gilberto L. Collares<sup>2</sup>; Claudia F. A. Teixeira-Gandra<sup>3</sup>; Viviane S. S. Terra<sup>2</sup>  
& Emanuele Baifus Manke<sup>4</sup>*

**RESUMO** – O canal São Gonçalo localizado no estado do Rio Grande do Sul, é provedor de água para diversas atividades, como irrigação e abastecimento humano. Por conectar a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos, a qual possui ligação com o Oceano Atlântico, apresenta um regime de escoamento complexo, invertendo periodicamente o sentido de sua vazão, dependendo dos níveis das lagoas, do regime de ventos e dos índices pluviométricos, com períodos de inundações e estiagens prolongadas. Com objetivo de impedir a intrusão salina na Lagoa Mirim, foi construída uma barragem eclusa em sua extensão, garantindo assim os seus usos múltiplos. O objetivo deste trabalho foi avaliar se a precipitação e as velocidades do vento (velocidade média a 2 e 7 m de altura e máxima a 7 m de altura (m/s)), bem como as direções de vento Sul e Norte, influenciam na oscilação dos níveis de água, à jusante da barragem eclusa do referido canal. Para tanto, foram utilizadas equações de regressão linear, a partir de dados de níveis de água, precipitação, velocidade e direção do vento. Através dos resultados obtidos, a direção de vento Norte apresentou maior potencial de influência nos níveis em comparação à direção Sul.

**ABSTRACT** – São Gonçalo channel located in the state of Rio Grande do Sul, is the water provider for various activities, such as irrigation and human consumption. By connecting the Mirim and Patos Lagoon, which has a connection with the Atlantic Ocean, features a system of complex flow periodically reversing the direction of its flow, depending on the levels of the lakes, the wind regime and rainfall, with periods of flooding and prolonged droughts. In order to prevent saline intrusion in Lagoa Mirim, a sluice dam in its extension was built, thus ensuring its multiple uses. The objective of this study was to evaluate the rainfall and wind speeds (average speed 2 and 7 m in height and maximum 7 m height (m/s)), as well as the southern and northern wind directions, influence fluctuations in water levels downstream of the sluice said channel dam. Therefore, linear regression equations were used, from data of water levels, rainfall, wind speed and direction. Through the results obtained, the North wind direction showed greater potential to influence levels compared to the direction South.

**Palavras-Chave** – Precipitação, Vento, Regressão linear

<sup>1</sup> Discente do PPG em Recursos Hídricos, UFPel, Pelotas - Rio Grande do Sul, robertakarsburg@gmail.com

<sup>2</sup> Docente no curso de Engenharia Hídrica, UFPel, Pelotas - Rio Grande do Sul, gilbertocollares@gmail.com; vssterra10@gmail.com

<sup>3</sup> Docente do PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel, Pelotas - Rio Grande do Sul, cfteixe@ig.com.br

<sup>4</sup> Discente do PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel, Pelotas - Rio Grande do Sul, manumanke@gmail.com

## INTRODUÇÃO

O canal São Gonçalo situa-se numa região costeira, onde esses ecossistemas, por se localizarem em uma região frágil, requerem maiores cuidados, pelas suas características próprias de alta variabilidade temporal e espacial (Monteiro *et al.*, 2005). Por sua proximidade à costa, ele possui ligação com o Oceano Atlântico, sendo a ação do regime de ventos diretamente relacionada com a sua descarga, bem como no escoamento da laguna dos Patos para o Oceano. Sendo assim, a direção, duração e força preferencial do vento influenciam altamente nesse processo (Hartmann *et al.*, 1986). O deslocamento dos ventos ocorre no sentido de áreas de maior pressão (mais frias) para áreas de menor pressão (mais quentes), e quanto maior a diferença entre as pressões, maior será a velocidade de seu deslocamento (Pereira *et al.*, 2002).

Hartmann *et al.* (1986) destacam que os ventos de direção Sudeste-SE e Sudoeste-SW (quadrantes Sul), provocam o represamento das águas lagunares e facilitam a entrada de água do mar para a laguna dos Patos. Já os ventos de direção Nordeste-NE, os quais coincidem com o eixo principal da laguna dos Patos e da lagoa Mirim, possuem consequências diferentes dos citados anteriormente, uma vez que facilitam o escoamento das águas no sentido do Oceano Atlântico, fazendo com que o processo de salinização da laguna e do canal deixem de ser motivo de preocupação.

Somando-se à ação dos ventos, a precipitação também pode influenciar no processo de oscilação dos níveis do canal, uma vez que eventos de El Niño e La Niña influenciam o clima e o tempo, alterando o regime de chuvas em diversas regiões. Em função de sua importância também são considerados responsáveis por impactos na agricultura, e motivadores de estudos para o gerenciamento dos recursos hídricos (Tedeschi e Grimm, 2007). No Rio Grande do Sul, a região que apresenta os maiores impactos originados pelas fases extremas do fenômeno ENOS é a noroeste do Estado, onde se concentram as culturas maiores produtoras de grãos como a soja, o milho e o trigo, com exceção do arroz (Berlato e Fontana, 2003).

O canal São Gonçalo, conecta a laguna dos Patos a lagoa Mirim, além de possuir ligação com o Oceano. Possuindo aproximadamente 76 km de comprimento, largura média de 240 m e profundidade em torno de 6 m, esse curso d'água tem diversos afluentes, sendo os mais importantes localizados na margem esquerda, com destaque para o Rio Piratini (Hartmann *et al.*, 1986). Além disso, o canal é provedor de água para diversas atividades, citando-se irrigação, abastecimento humano e dessedentação animal (SEMA, 2010). Como consequência de sua ligação com o Oceano Atlântico, foi construída em sua extensão uma barragem eclusa, a qual objetiva controlar o nível de água, bem como a entrada de água salina à montante da barragem e na Lagoa Mirim.

Sendo assim, a hipótese do presente trabalho é se é possível identificar se a precipitação e as velocidades do vento (média a 2 e 7 m e máxima a 7 m de altura) influenciam na oscilação dos

níveis de água à jusante da barragem do canal São Gonçalo. Tendo como objetivo avaliar os coeficientes gerados nas equações de regressão, quando utilizados modelos de regressão linear simples e múltiplo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada compreende a bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, situada no sudeste do estado do Rio Grande do Sul, totalizando aproximadamente 25.961,04 km<sup>2</sup>, e abrange as Províncias Geomorfológicas Planície Costeira e Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense.

A Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM) é responsável pela operação da barragem eclusa do canal São Gonçalo, com monitoramento constante e permanente da oscilação dos níveis de água, os quais são determinantes para a gestão da barragem, no fechamento ou abertura das comportas em caso de presença de água salgada na região.

Foi utilizada uma série histórica referente aos níveis à jusante da barragem, bem como os dados de precipitação, velocidade média do vento a 2 e 7 m de altura (VMéd2 e VMéd7), velocidade máxima do vento à 7 m de altura (VMáx7), direção predominante do vento e direção do vento na velocidade máxima. Utilizou-se a precipitação diária e o nível médio diário, uma vez que o nível é monitorado mais de uma vez por dia. As velocidades do vento analisadas determinaram o comprimento da série de análise, VMéd7 e VMáx7 possuem o mesmo período de monitoramento, de 1º de janeiro de 1998 a 29 de fevereiro de 2016, totalizando 18 anos e 2 meses. Já a VMéd2, por problemas de manutenção do equipamento, compreende o período de monitoramento de janeiro de 1998 a maio de 2009, totalizando 11 anos e 5 meses. O mapa de localização geográfica da área de estudo, da estação meteorológica, de onde foi possível a obtenção dos dados utilizados e da régua limnimétrica estão destacados na Figura 1.

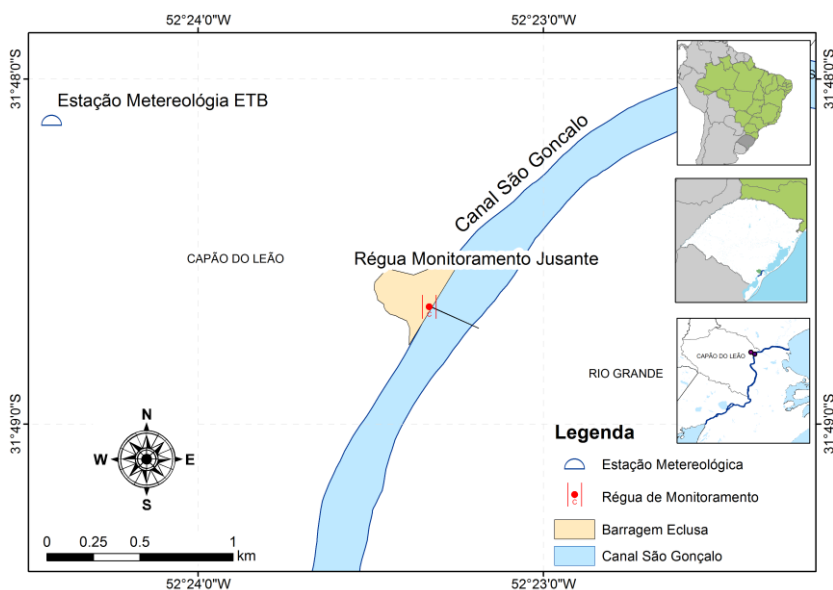


Figura 1 – Representação geográfica do local de estudo e dos locais de monitoramento.

Os dados foram organizados em três planilhas gerais (VMéd2, VMéd7 e VMáx 7). Em cada uma delas havia dados de nível e precipitação. Somando-se a esses, a primeira planilha (VMéd2) continha a velocidade média do vento a 2 m e a direção predominante do vento. A segunda planilha (VMéd7), abrangia a velocidade média do vento a 7 m e, da mesma maneira que a primeira, a direção predominante do vento. A terceira e última planilha (VMáx7), compreendia a série história de velocidade máxima do vento a 7 m de altura e, diferentemente das anteriores, a direção do vento na velocidade máxima.

Após a confecção das planilhas gerais, foi realizado o procedimento de seleção e construção através de filtros do Excel, de duas novas planilhas compreendendo as direções Norte-N e Sul-S (Hartmann *et al.*, 1986). Sendo assim, a estratégia de segregação das planilhas gerais nas direções de vento Sul-S e Norte-N foi escolhida, pois mostrou-se satisfatória para a determinação de que a direção do vento possui maior influência nos valores de níveis do canal São Gonçalo.

Para determinar quais das variáveis possui maior influência na oscilação dos níveis do canal, cada conjunto de dados foi submetido à análise de regressão linear múltipla, tendo como variável dependente o nível, e variáveis independentes, a precipitação e as três velocidades do vento citadas anteriormente (cada uma analisada separadamente). Com essa estratégia, após a regressão múltipla, foi possível obter equações para cada direção do vento e uma velocidade. Porém, o destaque de qual variável possui maior influência no processo de oscilação dos níveis não foi efetivado. Por este motivo e para atender o objetivo deste trabalho, outra metodologia foi incluída, a regressão linear simples.

A regressão linear simples foi realizada de duas formas. Na primeira análise foi utilizada como variável dependente o nível e, independente, a precipitação. Da mesma forma da primeira análise, a segunda também compreendeu como variável dependente o nível, porém, como variável independente, foram selecionadas as velocidades do vento citadas anteriormente (cada uma analisada separadamente).

Uma vez aplicadas as metodologias supracitadas, foi necessário avaliar se há ou não diferença significativa, em nível  $\alpha$  de probabilidade, entre os valores de níveis históricos e os obtidos mediante aos métodos de regressões linear simples e múltipla. Para tanto, foram utilizadas a metodologia do teste “t” de *Student*, com n-k graus de liberdade, sendo “n” o tamanho da amostra e “k” o número de variáveis explicativas para os coeficientes linear e angular, e a metodologia do Erro Relativo Médio Quadrático (RMS), conforme metodologia (Damé *et al.*, 2008).

A partir do teste “t” de *Student*, foi testada a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) para os coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ). Assim, se a estatística do teste “t”, para o coeficiente, for inferior aos valores de “t” crítico para um nível de probabilidade  $(1 - \alpha)$ , sendo  $\alpha = 5\%$ , aceita-se  $H_0$  e conclui-se que tanto a precipitação como a velocidade do vento influenciam no nível à jusante da barragem eclusa do

canal São Gonçalo. Também foram avaliados os níveis de significância dos coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), aceitando-se  $H_0$ , quando os valores calculados de significância, para os coeficientes, forem superiores a 5% de probabilidade.

Outra metodologia aplicada foi o cálculo do Erro Relativo Médio Quadrático (RMS), que fornece indicação do grau de precisão dos modelos de regressão testados, conforme equação (5):

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{h_{ajust} - h_{obs}}{h_{obs}} \right)^2}{n}} \quad (1)$$

em que:

$h_{ajust}$ - valores de níveis ajustados (m);

$h_{obs}$ - valores de níveis observados (m);

n - número de observações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os resultados do valor de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), e significância, obtidos a partir da aplicação da metodologia de regressão linear múltipla, entre a variável dependente nível e independentes precipitação e velocidade do vento, nas três alturas registradas. Na Tabela 1 estão expostos os resultados da planilha que abrange dados de velocidade média do vento a 2 m de altura ( $m s^{-1}$ ) (VMéd2) e, na Tabela 2, os resultados de velocidade média do vento a 7 m de altura ( $m s^{-1}$ ) (VMéd7). Já os resultados referentes a velocidade máxima do vento a 7 m de altura ( $m s^{-1}$ ) (VMáx7) estão apresentados na Tabela 3.

Ao analisar os dados disponíveis, observou-se que em alguns deles, havia um período em que os mesmos melhor se ajustaram ao modelo, em comparação com toda a série. Por este motivo, da amostra total foi selecionada uma sub amostra, e todo o procedimento foi realizado novamente.

Nas Tabelas 1, 2 e 3 também são apresentados os resultados do teste “t” aplicados aos coeficientes angulares, bem como os respectivos níveis de significância para os resultados das regressões múltiplas (nível, precipitação e os três tipos de velocidade do vento). Observa-se que, para as três velocidades dos ventos estudadas, a direção do vento Norte obteve os melhores resultados de coeficientes de correlação (r), o qual fornece informações do grau de associação entre duas variáveis, indicando que o modelo representa melhor os dados na direção Norte do que, quando comparados com a direção Sul. Em contrapartida, para a direção Norte, foram encontrados maiores valores de Erro Relativo Médio Quadrático (RMS), apresentando menor grau de precisão quando comparados a direção Sul, uma vez que o RMS mede a dispersão dos resíduos em torno da reta de regressão.

Tabela 1 - Resultados obtidos com o ajuste linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) entre as variáveis nível (m), precipitação (mm) e velocidade média do vento a 2 m de altura (VMéd2) ( $m s^{-1}$ )

Direção do vento	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$t(\beta_0)$	$t(\beta_1)$	$t(\beta_2)$	Significância (p) ( $\beta_0$ )	Significância (p) ( $\beta_1$ )	Significância (p) ( $\beta_2$ )	RMS	r
Sul	0,9157	0,0032	0,0697	10,0562	1,5708	1,7298	8,65419E-20	0,1176	0,0850	0,65	0,16
Norte	0,5412	0,0073	0,1471	2,5503	2,5406	1,4862	0,0145	0,0149	0,1448	0,81	0,47

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear;  $t_{tab}$ Sul (5%) = 1,9708;  $t_{tab}$  Norte (5%) = 2,0166; Probabilidade: 5%; RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; r: coeficientes de correlação.

Tabela 2 - Resultados obtidos com o ajuste linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) entre as variáveis nível (m), precipitação (mm) e velocidade média do vento a 7 m de altura (VMéd7) ( $m s^{-1}$ )

Direção do vento	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$t(\beta_0)$	$t(\beta_1)$	$t(\beta_2)$	Significância (p) ( $\beta_0$ )	Significância (p) ( $\beta_1$ )	Significância (p) ( $\beta_2$ )	RMS	r
Sul (amostra)	0,9808	0,0031	0,0121	13,5559	1,8596	0,6366	2,46955E-33	0,0638	0,5248	0,59	0,11
Sul (sub amostra P)	0,6143	0,0108	-0,0285	1,2746	1,9034	-0,3972	0,2265	0,0812	0,6981	0,35	0,50
Norte (amostra)	0,7083	0,0074	0,0234	5,9353	3,9716	0,7041	5,1257E-08	0,0001	0,4830	0,67	0,40
Norte (sub amostra V)	0,2254	0,0044	0,1320	0,8468	1,9957	2,3562	0,4037	0,0551	0,0251	0,46	0,53

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear;  $t_{tab}$ Sul (amostra) (5%) = 1,9674;  $t_{tab}$  Sul (sub amostra P) (5%) = 2,1603;  $t_{tab}$  Norte (amostra) (5%) = 1,9858;  $t_{tab}$  Norte (sub amostra V) (5%) = 2,0395; Probabilidade: 5%; RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; r: coeficientes de correlação.

Tabela 3 - Resultados obtidos com o ajuste linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) entre as variáveis nível (m), precipitação (mm) e velocidade máxima do vento a 7 m de altura (VMáx7) ( $m s^{-1}$ )

Direção do vento	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$t(\beta_0)$	$t(\beta_1)$	$t(\beta_2)$	Significância (p) ( $\beta_0$ )	Significância (p) ( $\beta_1$ )	Significância (p) ( $\beta_2$ )	RMS	r
Sul	0,960	0,0014	0,00015	17,423	1,004	0,038	5,93913E-51	0,3158	0,9700	0,61	0,05
Norte	1,042	0,0054	-0,00178	9,563	2,467	-0,208	1,20905E-16	0,0149	0,8350	0,69	0,21

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear;  $t_{tab}$ Sul (5%) = 1,9659;  $t_{tab}$  Norte (5%) = 1,9785; Probabilidade: 5%; RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; r: coeficientes de correlação.

Nota-se também que melhores resultados de R e menores valores de RMS foram encontrados quando a análise de regressão foi realizada novamente, com a seleção dos dados mais ajustados ao modelo. Os dados que compõem a sub amostra selecionada, a partir dos dados de precipitação abrangeu chuvas mais intensas (38,2 a 87,4 mm) em comparação com todo o período de dados. Essas informações levam a indicar que, na velocidade média a 7 m de altura e com o vento na direção Sul, as chuvas mais intensas são as que influenciam o nível do canal São Gonçalo, aceitando-se a hipótese de nulidade, visto que não houve diferença significativa, a 5% de probabilidade (Tabela 2). Na regressão realizada com a amostra total, a hipótese de nulidade foi rejeitada.

As análises que rejeitaram a hipótese de nulidade, evidenciando diferença significativa, a 5% de probabilidade, foram em sua maioria na direção Sul. Houve rejeição da hipótese de nulidade nas

velocidades VMéd2 Sul, VMéd7 Sul (quando selecionada uma sub amostra delimitando o período de precipitação entre 38,2 e 87,4 mm, a hipótese de nulidade foi aceita), VMáx7 Sul e VMáx7 Norte.

Com os resultados da regressão linear múltipla foi possível observar se a precipitação e/ou qual velocidade do vento foi a variável que mais afeta na variação do nível da água. Porém, quando as variáveis independentes são separadas e analisadas pela regressão linear simples, é possível observar a real influência de cada uma delas na dinâmica do nível da água do canal São Gonçalo.

Nas Tabelas 4, 5 e 6 são apresentados os resultados de valor de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$ ), e significância do teste “t” de *Student*, obtidos a partir da aplicação da metodologia de regressão linear simples entre a variável dependente nível e independente precipitação. Observa-se que os valores encontrados de RMS na direção Sul foram menores, mesmo nas análises selecionando sub amostras, excetuando-se a análise na VMáx7, onde a direção Norte obteve um valor menor do que a Sul (0,61 e 0,69, respectivamente). Verifica-se também que, em geral os melhores resultados de coeficientes de correlação (R) foram encontrados na análise utilizando a amostra total, exceto na VMáx7, onde a direção Sul obteve valores melhores. Esses valores tenderam a melhorar com a seleção de sub amostras, com exceção de VMéd2 Norte.

Tabela 4 - Resultados obtidos com o ajuste linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1.P$ ) entre as variáveis nível (m) e precipitação (mm), extraído da planilha VMéd2.

Direção do vento	$\beta_0$	$\beta_1$	t( $\beta_0$ )	t( $\beta_1$ )	Significância (p) ( $\beta_0$ )	Significância (p) ( $\beta_1$ )	RMS	r
Sul (amostra)	1,0599	0,0035	26,5560	1,6922	0,0000	0,0920	0,66	0,11
Sul (sub amostra)	0,4779	0,0116	1,3006	2,0493	0,2200	0,0650	0,34	0,52
Norte (amostra)	0,8284	0,0082	7,6335	2,9847	0,0000	0,0047	0,85	0,41
Norte (sub amostra)	0,6407	0,0106	1,5500	1,5121	0,1396	0,1489	0,47	0,34

$\beta_0$  e  $\beta_1$ : coeficiente linear e angular do ajuste linear;  $t_{\text{tab}}$  Sul (amostra) (5%) = 1,9708;  $t_{\text{tab}}$  Sul (sub amostra) (5%) = 2,2009;  $t_{\text{tab}}$  Norte (amostra) (5%) = 2,0166;  $t_{\text{tab}}$  Norte (sub amostra) (5%) = 2,1098; Probabilidade: 5%; RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; r: coeficientes de correlação.

Tabela 5 - Resultados obtidos com o ajuste linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1.P$ ) entre as variáveis nível (m) e precipitação (mm), extraído da planilha VMéd7.

Direção do vento	$\beta_0$	$\beta_1$	t( $\beta_0$ )	t( $\beta_1$ )	Significância (p) ( $\beta_0$ )	Significância (p) ( $\beta_1$ )	RMS	r
Sul (amostra)	1,0225	0,0032	33,2004	1,8690	2,3131E-105	0,0625	0,59	0,10
Sul (sub amostra)	0,7500	0,0080	4,6473	2,2816	4,1702E-05	0,0284	0,57	0,35
Norte	0,7813	0,0077	13,2361	4,1592	4,15107E-23	0,0001	0,68	0,39

$\beta_0$  e  $\beta_1$ : coeficiente linear e angular do ajuste linear;  $t_{\text{tab}}$  Sul (amostra) (5%) = 1,9674;  $t_{\text{tab}}$  Sul (sub amostra) (5%) = 2,0261;  $t_{\text{tab}}$  Norte (amostra) (5%) = 1,9858; Probabilidade: 5%; RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; r: coeficientes de correlação.

Tabela 6 - Resultados obtidos com o ajuste linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1.P$ ) entre as variáveis nível (m) e precipitação (mm), extraído da planilha VMáx7.

Direção do vento	$\beta_0$	$\beta_1$	$t(\beta_0)$	$t(\beta_1)$	Significância (p) ( $\beta_0$ )	Significância (p) ( $\beta_1$ )	RMS	r
Sul	0,9608	0,0016	37,1788	1,1376	7,4653E-132	0,2560	0,69	0,05
Norte	1,0252	0,0053	17,7180	2,4960	2,31117E-36	0,0138	0,61	0,21

$\beta_0$  e  $\beta_1$ : coeficiente linear e angular do ajuste linear;  $t_{\text{tab}}$  Sul (5%) = 1,9659;  $t_{\text{tab}}$  Norte (5%) = 1,9785; Probabilidade: 5%; RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; r: coeficientes de correlação.

Ocorreu rejeição da hipótese de nulidade, havendo diferença significativa, a 5% de probabilidade, em sua maioria na direção Sul. Sendo elas nas velocidades VMéd2 Sul, VMéd7 Sul (sendo que a hipótese foi aceita quando a sub amostra foi analisada, abrangendo o período de precipitação de 38,2 a 87,4 mm), VMáx7 Sul e VMáx7 Norte.

Nas Tabelas 7, 8 e 9 são apresentados os resultados de valor de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$ ), e significância, obtidos a partir da aplicação da metodologia de regressão linear simples entre a variável dependente nível e independente velocidade do vento nas três alturas monitoradas.

Tabela 7 - Resultados obtidos com o ajuste linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1.VMéd2$ ) entre as variáveis nível (m) e velocidade média do vento a 2 m de altura (VMéd2) ( $m\ s^{-1}$ )

Direção do vento	$\beta_0$	$\beta_1$	$t(\beta_0)$	$t(\beta_1)$	Significância (p) ( $\beta_0$ )	Significância (p) ( $\beta_1$ )	RMS	r
Sul	0,9389	0,0763	10,4335	1,8982	5,78316E-21	0,0590	0,66	0,12
Norte	0,6230	0,2119	2,8316	2,1280	0,007017908	0,0391	0,97	0,30

$\beta_0$  e  $\beta_1$ : coeficiente linear e angular do ajuste linear;  $t_{\text{tab}}$  Sul (5%) = 1,9708;  $t_{\text{tab}}$  Norte (5%) = 2,0166; Probabilidade: 5%; RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; r: coeficientes de correlação.

Tabela 8 - Resultados obtidos com o ajuste linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1.VMéd7$ ) entre as variáveis nível (m) e velocidade média do vento a 7 m de altura (VMéd7) ( $m\ s^{-1}$ )

Direção do vento	$\beta_0$	$\beta_1$	$t(\beta_0)$	$t(\beta_1)$	Significância (p) ( $\beta_0$ )	Significância (p) ( $\beta_1$ )	RMS	r
Sul	1,0123	0,0125	14,3358	0,6560	2,67537E-36	0,5123	0,6	0,03
Norte (amostra)	0,7997	0,0456	6,3444	1,2895	8,01026E-09	0,2004	0,76	0,13
Norte (sub amostra)	0,2091	0,1594	0,8018	2,9229	0,428227178	0,0061	0,51	0,44

$\beta_0$  e  $\beta_1$ : coeficiente linear e angular do ajuste linear;  $t_{\text{tab}}$  Sul (5%) = 1,9674;  $t_{\text{tab}}$  Norte (amostra) (5%) = 1,9858;  $t_{\text{tab}}$  Norte (sub amostra) (5%) = 2,0322; Probabilidade: 5%; RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; r: coeficientes de correlação.



Tabela 9 - Resultados obtidos com o ajuste linear ( $Y = \beta_0 + \beta_1.VM_{\text{Máx7}}$ ) entre as variáveis nível (m) e velocidade máxima do vento a 7 m de altura ( $VM_{\text{Máx7}}$ ) ( $m s^{-1}$ )

Direção do vento	$\beta_0$	$\beta_1$	$t(\beta_0)$	$t(\beta_1)$	Significância (p) ( $\beta_0$ )	Significância (p) ( $\beta_1$ )	RMS	r
Sul (amostra)	0,9655	0,0010	17,6112	0,2509	8,3266E-52	0,8020	0,61	0,01
Sul (sub amostra)	2,5445	-0,0615	3,7559	-2,4344	0,003177268	0,0331	0,37	0,59
Norte	1,0815	0,0034	9,9122	0,4108	1,45209E-17	0,6819	0,71	0,03

$\beta_0$  e  $\beta_1$ : coeficiente linear e angular do ajuste linear;  $t_{\text{tab}}$  Sul (amostra) (5%) = 1,9659;  $t_{\text{tab}}$  Sul (sub amostra) (5%) = 2,2009;  $t_{\text{tab}}$  Norte (5%) = 1,9785; Probabilidade: 5%; RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; r: coeficientes de correlação.

Com os resultados das regressões lineares simples entre o nível e as três velocidades de vento estudadas ( $VM_{\text{Méd2}}$ ,  $VM_{\text{Méd7}}$  e  $VM_{\text{Máx7}}$ ) descritos nas Tabelas de 7 a 9, nota-se que os valores dos coeficientes de correlação (R), obtiveram melhores resultados na direção Norte e que, quando selecionadas sub amostras, tanto para a direção Norte e Sul, os resultados foram melhores. Menores valores de RMS foram encontrados para a direção Sul, indicando que, na direção oposta, Norte, a dispersão dos resíduos em torno da reta de regressão é maior, apresentando menor grau de precisão.

Todas as análises, para as duas direções de vento obtiveram rejeitadas as hipóteses de nulidade, evidenciando diferença significativa, a 5% de probabilidade. Quando realizada a seleção de sub amostras, as hipóteses de nulidade foram aceitas, selecionando uma sub amostra de 3,6 a 8  $m s^{-1}$ , em  $VM_{\text{Méd7}}$  Norte e de 23,3 a 34  $m s^{-1}$ , em  $VM_{\text{Máx7}}$  Sul.

## CONCLUSÕES

Quando as variáveis meteorológicas, precipitação e as três velocidades do vento em estudo, foram analisadas conjuntamente, através das regressões lineares múltiplas, observou-se que o nível à jusante do canal São Gonçalo foi influenciado por ambas as variáveis, na direção de vento norte, nas velocidades médias do vento à 2 e 7 metros de altura  $VM_{\text{Méd7}}$  e  $VM_{\text{Méd2}}$ . Ou seja, os valores diários de precipitação e dessas velocidades do vento, ao longo do período da série de dados desse estudo, influenciaram o nível do canal. Os níveis também foram influenciados quando a precipitação alcançou valores mais intensos, entre 38,2 a 87,4 mm na direção de vento Sul e na  $VM_{\text{Méd7}}$ .

Quando o nível e precipitação foram analisados através da metodologia da regressão linear simples, foi encontrado que, o nível do canal foi influenciado pela precipitação quando a direção do vento estava apontando para o Norte, e sofreu influência também na direção de vento Sul, porém com valores mais intensos de índices pluviométricos (38,2 a 87,4 mm).

Por fim, quando o nível foi analisado separadamente com cada uma das três velocidades de vento estudadas nesse trabalho, foi encontrado que ocorreu influência no nível do canal na direção

Norte, quando velocidades médias à 7 metros de altura (VMéd7) se mantiveram entre valores de 3,6 a 8 m/s. Da mesma forma que, na direção Sul, valores de velocidade máxima do vento à 7 metros de altura (VMáx7) compreendendo valores de 23,3 a 34 m/s, ocasionaram oscilação dos níveis do canal.

Através dos resultados obtidos, percebe-se as direções de vento Norte e Sul devem ser monitoradas constantemente para uma melhor gestão e operação da barragem eclusa do canal. Porém, a direção Norte possuiu maior potencial de influência nos níveis à jusante do canal São Gonçalo, quando comparados à direção Sul, fato que justifica a maior atenção dos operadores da barragem, quando o vento aponta para a direção Norte. A maior atenção quando o vento aponta para a direção oposta, Sul, é quando valores de precipitação ficam entre 38,2 a 87,4 mm e valores de vento máximo à 7 metros de altura entre 23,3 a 34 m/s.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. (2003). *El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura*. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 110 p.

DAMÉ, R. de C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S. (2008). “*Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas de intensidade-duração-frequência para Pelotas – RS*”. Engenharia Agrícola 245-255.

HARTMANN, C.; SANO, E.E.; PAZ, R.S.; MOLLER, O.O. (1986). “*Avaliação de um período de cheia (junho 1984) na região sul da "Laguna dos Patos, através de dados de sensoriamento remoto, meteorológicos e oceanográficos*” in Anais do X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Gramado, 1986, pp. 685-694.

MONTEIRO, I. O.; PEARSON, M. L.; MOLLER, O. O.; FERNANDES, E. H. L. (2005). “*Hidrodinâmica do Saco da Mangueira: mecanismos que controlam as trocas com o estuário da Lagoa dos Patos*”. Atlântica Rio Grande, 27(2): 87-101, 2005

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. (2002). *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária. 478 p.

TEDESCHI, R.G.; GRIMM, A.M. (2007). “*Mecanismos da influência de episódios El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação na América do Sul*” in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 2007, pp. 1-9.