

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Centro de Desenvolvimento Tecnológico**  
**Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos**



**Dissertação**

**Precipitação e velocidade do vento na oscilação dos níveis d'água do canal  
São Gonçalo-RS**

**Roberta Machado Karsburg**

**Pelotas, 2016**

**Roberta Machado Karsburg**

**Precipitação e velocidade do vento na oscilação dos níveis d'água do canal  
São Gonçalo-RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Loguercio Collares - UFPel

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

K18p Karsburg, Roberta Machado

Precipitação e velocidade do vento na oscilação dos níveis d'água do canal São Gonçalo-RS / Roberta Machado Karsburg ; Gilberto Loguercio Collares, orientador. — Pelotas, 2016.

79 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Nível d'água. 2. Bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo. 3. Regressão linear simples e múltipla. I. Collares, Gilberto Loguercio, orient. II. Título.

CDD : 628

Elaborada por Patricia Pereira CRB: 10/1487

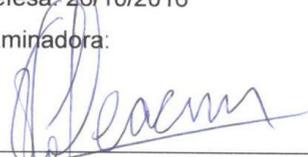
**Roberta Machado Karsburg**

**Precipitação e velocidade do vento na oscilação dos níveis d'água do canal São Gonçalo-RS**

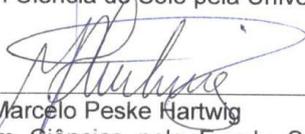
Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestra em Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 26/10/2016

Banca examinadora:



Prof. Dr. Gilberto Loguercio Collares (Orientador)  
Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria-UFSM



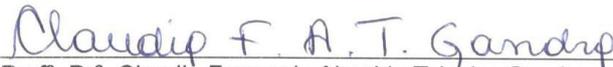
Prof. Dr. Marcelo Peske Hartwig  
Doutor em Ciências pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ



Profª. Drª. Rita de Cássia Fraga Damé  
Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS



Profª. Drª. Viviane Santos Silva Terra  
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas-UFPeI



Profª. Drª. Cláudia Fernanda Almeida Teixeira-Gandra  
Doutora em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ

*Dedico esse trabalho aos meus amados pais, Cláudia e Jairo.*

*Aos meus queridos irmãos, Rudy e Rafael.*

*E ao meu namorado Leonardo.*

## **Agradecimentos**

Primeiramente eu agradeço a Deus, por ter me dado saúde, motivação e energia para realizar esse grande sonho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, a todos os professores e colegas.

À FINEP, Projeto REMANSA - Hidronçalo e FAPERGS pelo financiamento e concessão de bolsa, respectivamente.

Ao Prof. Dr. Gilberto Loguercio Collares, meu orientador, agradeço a oportunidade, os aprendizados, a confiança e paciência. Ao Prof. Dr. Osmar Olinto Möller Junior, agradeço os aprendizados e experiências.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Rita Fraga de Cássia Damé e Prof<sup>a</sup>. Dra. Claudia Fernanda Almeida-Gandra Teixeira, por compartilharem comigo, um pouco do seu conhecimento e experiência.

Em especial à Prof<sup>a</sup>. Dra. Viviane Santos Silva Terra, pelo conhecimento e experiência transmitidos, orientação, incentivo e amizade.

Aos colegas de mestrado, bolsistas e voluntários do laboratório de Hidrometria e Sedimentologia, pela troca de experiências e comprometimento. Ao Msc. Guilherme Kruguer Bartels, e mestranda Rute Daniela Chaves, pelas experiências e aprendizados trocados, conversas e amizade, sem esquecer o Técnico em Hidrologia, Reginaldo Bonczynski, pela colaboração e comprometimento.

Por fim, agradeço a todos, citados ou não, que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente, para realização deste trabalho.

## Resumo

KARSBURG, R. M. **Precipitação e velocidade do vento na oscilação dos níveis d'água do canal São Gonçalo-RS**. 2016, 79p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, 2016.

O canal São Gonçalo se configura como um importante curso d'água, pertencente a bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, que tem área de 25.000 km<sup>2</sup> e situa-se na região costeira no estado do Rio Grande do Sul. Aliado a isso, ele une a laguna dos Patos, a qual mantém conexão direta com o oceano Atlântico, à lagoa Mirim, considerada como um grande reservatório de água doce no sul do Brasil. Está situado em uma região de planície, de baixas declividades e apresenta grande complexidade e sensibilidade às oscilações dos níveis d'água, tanto em função do regime e direção de ventos como do regime de chuvas. Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do vento e da precipitação na oscilação do nível d'água à jusante da barragem eclusa do canal São Gonçalo-RS. A hipótese foi que a velocidade e direção do vento, juntamente com a precipitação, influenciam à oscilação dos níveis do canal São Gonçalo. Para alcançar os objetivos, foram empregados métodos de regressão linear múltipla e simples entre o nível d'água, precipitação e velocidades do vento à 2 e 7 m de altura e velocidade máxima. Para determinar a significância dos modelos de regressões lineares, foi utilizado o teste t de Student, para a verificação quais variáveis que são influenciadoras da oscilação do nível. Por fim, para indicar o grau de precisão dos modelos de regressões lineares avaliados, aplicou-se a metodologia do erro relativo médio quadrático. As direções de ventos que mostraram-se mais influenciadoras no processo de oscilação dos níveis d'água à jusante do canal São Gonçalo, foram as de sudeste (SE), sul (S) e oeste (O). A variável com maior influência no processo de oscilação dos níveis d'água à jusante da barragem eclusa do canal São Gonçalo, foi a velocidade máxima do vento (VM<sub>máx</sub>).

**Palavras-chave:** Nível d'água; bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo; regressão linear simples e múltipla.

## Abstract

KARSBURG, R.M. **Precipitation and wind velocity in oscillation of water levels of the São Gonçalo channel-RS**. 2016. 79p, Dissertation, (Master in Water Resources), Federal University of Pelotas-RS, 2016.

São Gonçalo is an important watercourse, belonging to the Mirim-São Gonçalo hydrographic basin, which has an area of 25,000 km<sup>2</sup> and is located in the coastal region of the state of Rio Grande do Sul. The Patos lagoon, which maintains a direct connection with the Atlantic Ocean, to Mirim lagoon, considered as a large reservoir of fresh water in southern Brazil. It's situated in a lowland lowland region and presents great complexity and sensitivity to the fluctuations of water levels, both due to the regime and direction of the winds and the rainfall regime. The objective of this work was to evaluate the influence of wind and precipitation on the oscillation of the water level downstream of the São Gonçalo channel dam. The hypothesis was that the velocity and direction of the wind, along with the precipitation, influence the oscillation of the levels of the São Gonçalo channel. To achieve the objectives, multiple linear simple regression methods were used between water level, precipitation and wind velocities at 2 and 7 m in height and at maximum velocity. To determine the significance of the linear regression models, the Student's t test was used to verify which variables are influencing the level oscillation. Finally, to indicate the degree of precision of the linear regression models evaluated, the methodology of the relative mean square error was applied. The directions of the winds that were most influential in the process of oscillation of the water levels downstream of the São Gonçalo channel were those of the southeast (SE), south (S) and west (O). The variable with the greatest influence on the oscillation process of the water levels downstream of the São Gonçalo channel dam was the maximum wind speed.

**Key-words:** Water level; Mirim-São Gonçalo watershed; simple and multiple linear regression.

## Lista de Figuras

Figura 1	Comportas da barragem eclusa do canal São Gonçalo.....	26
Figura 2	Canal de eclusagem da barragem eclusa do canal São Gonçalo.....	26
Figura 3	Localização geográfica do canal São Gonçalo.....	28
Figura 4	Barragem e canal de eclusagem do canal São Gonçalo.....	29
Figura 5	Série histórica de níveis d'água observados à jusante do canal São Gonçalo, Pelotas-RS, compreendendo o período de janeiro a junho...	36
Figura 6	Série histórica de níveis d'água observados à jusante do canal São Gonçalo, Pelotas-RS, compreendendo o período de julho a dezembro.....	38
Figura 7	Precipitação total anual para o período de 1998 a fevereiro de 2016, monitorada na canal São Gonçalo, Pelotas-RS.....	38
Figura 8	Precipitação mensal para o período de janeiro a março, monitorada no canal São Gonçalo, Pelotas-RS.....	40
Figura 9	Precipitação mensal para o período de abril a junho, monitorada no canal São Gonçalo, Pelotas-RS.....	40
Figura 10	Precipitação mensal para o período de julho a setembro, monitorada no canal São Gonçalo, Pelotas-RS.....	40
Figura 11	Precipitação mensal para o período de outubro a dezembro, monitorada no canal São Gonçalo, Pelotas-RS.....	40

Figura 12	Valores médios mensais de velocidade média do vento à 2 m de altura VMéd2 (m s <sup>-1</sup> ), nos meses de janeiro a junho.....	41
Figura 13	Valores médios mensais de velocidade média do vento à 2 m de altura VMéd2 (m s <sup>-1</sup> ), nos meses de julho a dezembro.....	41
Figura 14	Valores médios mensais de velocidade média do vento à 2 m de altura VMéd2 (m s <sup>-1</sup> ), nos meses de janeiro a junho.....	42
Figura 15	Valores médios mensais de velocidade média do vento à 2 m de altura VMéd2 (m s <sup>-1</sup> ), nos meses de julho a dezembro.....	42
Figura 16	Valores médios mensais de velocidade máxima VMáx (m s <sup>-1</sup> ), nos meses de janeiro a junho.....	43
Figura 17	Valores médios mensais de velocidade máxima VMáx (m s <sup>-1</sup> ), nos meses de julho a dezembro.....	43
Figura 18	Índices de precipitação diária e nível médio diário para o canal São Gonçalo, compreendendo o período de janeiro de 1998 a fevereiro de 2016.....	45

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Porcentual de ocorrência das direções do vento nas séries VMáx, VMéd2 e VMéd7.....	43
Tabela 2	Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ e $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento norte.....	48
Tabela 3	Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção norte.....	50
Tabela 4	Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ e $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento sul.....	52
Tabela 5	Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção sul.....	54
Tabela 6	Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ e $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento leste.....	55
Tabela 7	Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção leste.....	57
Tabela 8	Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ e $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento oeste.....	58

Tabela 9	Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção oeste.....	59
Tabela 10	Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ e $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento nordeste.....	61
Tabela 11	Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção nordeste.....	63
Tabela 12	Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ e $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento noroeste.....	64
Tabela 13	Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção noroeste.....	66
Tabela 14	Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ e $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento sudeste.....	67
Tabela 15	Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção sudeste.....	68
Tabela 16	Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ e $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento sudoeste.....	70
Tabela 17	Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção sudoeste.....	72

## Lista de Abreviaturas e Siglas

DPV	Direção predominante do vento
DVM	Direção do vento na velocidade máxima
H	Nível d'água (m)
P	Precipitação (mm)
VMéd2	Velocidade média do vento à 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ )
VMéd7	Velocidade média do vento à 7 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ )
VMáx	Velocidade máxima do vento ( $\text{m s}^{-1}$ )
N	Norte
S	Sul
L	Leste
O	Oeste
NE	Nordeste
NO	Noroeste
SE	Sudeste
SO	Sudoeste
RMS	Erro Relativo Médio Quadrático
ENOS	El Niño Oscilação Sul
TMS	Temperatura da superfície do mar ( $^{\circ}\text{C}$ )

## Sumário

<b>1 Introdução</b> .....	<b>16</b>
<b>2 Objetivos</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>18</b>
<b>3 Hipótese</b> .....	<b>18</b>
<b>4 Revisão de literatura</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 Recursos hídricos</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2 Hidrometria</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2.1 Precipitação</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2.2 Ventos</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2.3 Nível d'água</b> .....	<b>24</b>
<b>4.3 Estudos realizados com regressão linear simples e múltipla</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4 Barragem eclusa do canal São Gonçalo</b> .....	<b>26</b>
<b>5 Material e métodos</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1 Local de estudo</b> .....	<b>28</b>
<b>5.2 Dados disponíveis</b> .....	<b>30</b>
<b>5.2.1 Série histórica de níveis d'água</b> .....	<b>30</b>
<b>5.2.2 Série histórica de precipitação pluvial</b> .....	<b>31</b>
<b>5.2.3 Série histórica de velocidades do vento</b> .....	<b>31</b>
<b>5.2.4 Direções do vento</b> .....	<b>31</b>
<b>5.3 Análises realizadas</b> .....	<b>32</b>
<b>5.4 Análise estatística</b> .....	<b>33</b>
<b>6 Resultados e discussão</b> .....	<b>36</b>
<b>6.1 Distribuição da série histórica de níveis d'água</b> .....	<b>36</b>
<b>6.2 Distribuição da série histórica de precipitação pluvial</b> .....	<b>38</b>
<b>6.3 Distribuição das séries históricas de velocidades do vento</b> .....	<b>41</b>
<b>6.4 Distribuição das séries históricas de direção do vento</b> .....	<b>43</b>
<b>6.5 Regressões lineares múltiplas e simples</b> .....	<b>47</b>
<b>7 Conclusão</b> .....	<b>77</b>
<b>Referências</b> .....	<b>79</b>

## 1 Introdução

O canal São Gonçalo, localizado no estado do Rio Grande do Sul, é responsável por unir a lagoa Mirim com a laguna dos Patos, a qual mantém ligação indireta com o oceano Atlântico. O canal possui 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 sua margem esquerda, com destaque para o Rio Piratini (HARTMANN et al., 1986). Além disso, as águas do São Gonçalo alimentam diversas atividades econômicas de importância singular para a região, tais como irrigação, abastecimento humano, dessedentação animal, navegação, sendo suas dragagens fornecedoras de areia para construção civil (SIMON e SILVA, 2015; ALM, 2016).

Como consequência de sua ligação com a laguna dos Patos, em uma seção foi construída uma barragem eclusa, que objetiva controlar o nível de água, bem como evitar a intrusão de água salina à montante da barragem e na direção da lagoa Mirim, o que permite o uso desse recurso permanentemente. Desta forma limita a ocorrência de salinização trecho compreendido entre a barragem e sua desembocadura, na laguna dos Patos (CAPÍTOLI et al., 2008).

O canal São Gonçalo sofre influência na variação do seu nível d'água, devido a oscilação dos níveis da laguna dos Patos e lagoa Mirim, das condições de fluxo do rio Piratini, da ação dos ventos e do regime pluvial dessa macro região. Segundo pesquisas, o regime de ventos e de chuvas influenciam diretamente a vazão da lagoa Mirim, o escoamento para a laguna dos Patos e, por conseguinte, as oscilações desses fluxos entre o continente e o oceano (HARTMANN et al., 1986; MÖLLER et al., 2001; MONTEIRO et al., 2005).

Com relação ao vento, características como duração, intensidade e direção preferencial influenciam esses processos (HARTMANN et al., 1986), sendo que deslocamento ocorre no sentido de áreas de maior pressão (mais frias) para áreas de menor pressão (mais quentes), e quanto maior essas diferenças, maior será sua velocidade (PEREIRA et al., 2002).

Os ventos de direção sudeste e sudoeste (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, os quais coincidem com o eixo principal da laguna dos Patos e da lagoa Mirim, possuem consequências distintas, uma vez que facilitam o escoamento das águas no sentido do Oceano Atlântico (HARTMANN et al., 1986), 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).

Assim, no estudo do comportamento cabe atenção na oscilação dos níveis de água do canal São Gonçalo, de maneira a estabelecer relações capazes de inferir sobre a sua descarga e seus potenciais usos. Nesse sentido, esse trabalho busca verificar se a precipitação, juntamente com as velocidades do vento à 2 e 7 m de altura e a velocidade do vento máxima, ao considerar oito direções do vento, influenciam na oscilação dos níveis de água à jusante da barragem do canal São Gonçalo. A estratégia adotada nesse trabalho foi utilizar os dados de nível monitorados à jusante da barragem, uma vez que o Porto de Pelotas está situado à jusante da barragem, e os resultados desse trabalho poderão interessar, tanto para a gestão da barragem, bem como para as atividades portuárias e hidroviárias, uma vez que os níveis analisados são os que influenciam na oscilação dos níveis próximos ao Porto de Pelotas e, por conseguinte as vazões. Desta forma, os resultados aqui obtidos servirão para colaborar com informações na elaboração de diagnósticos desse ambiente, que permita aos gestores adequada tomada de decisão e não apenas baseadas no empirismo.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a influência de algumas variáveis climatológicas na oscilação do nível d'água (m) à jusante da barragem eclusa do canal São Gonçalo-RS.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma análise inicial das séries históricas das variáveis utilizadas, de modo a compreender o comportamento das mesmas.
- Utilizar métodos de regressão linear múltipla e simples entre o nível d'água (m), precipitação (mm) e velocidades do vento à 2 e 7 m de altura e velocidade do vento máxima, de acordo com as direções do vento, objetivando determinar se estas variáveis influenciam o nível.
- Fornecer a indicação do grau de precisão e também os valores de coeficientes de correlação de Pearson e determinação dos modelos de regressão linear avaliados.
- Verificar quais variáveis são estatisticamente influenciadoras no processo de oscilação do nível do canal São Gonçalo.
- Determinar quais as direções de vento que possuem maior potencial de influência nos níveis d'água do canal São Gonçalo.

## **3 Hipótese**

A velocidade e direção do vento juntamente com a precipitação influenciam no processo de oscilação dos níveis d'água do Canal São Gonçalo-RS.

## **4 Revisão de literatura**

### **4.1 Recursos Hídricos**

A Hidrologia estuda o comportamento físico da ocorrência e o aproveitamento da água na bacia hidrográfica, quantificando os recursos hídricos no tempo e no espaço, além de avaliar o impacto da modificação da mesma sobre o comportamento dos processos hidrológicos. No planejamento dos recursos hídricos, a quantificação da disponibilidade hídrica serve de base para projetos como de abastecimento de água, navegação, controle de enchentes, impacto ambiental e produção de energia hidrelétrica (TUCCI, 2009). Sendo assim, para um adequado planejamento e gestão dos recursos hídricos, o monitoramento é etapa importante nesse processo, uma vez que, sendo ele inexistente ou sem grande eficiência, o processo de quantificação de variáveis não acontece.

Nesse sentido cabe definir o ciclo hidrológico como um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. Quando atinge o solo, parte da água transforma-se em escoamento superficial e a outra parte infiltra. A água que infiltrou irá contribuir com o abastecimento dos reservatórios subterrâneos, os quais eventualmente irão escoar, atingindo rios e oceanos. Na superfície do solo, ocorre a evaporação e a transpiração, as quais, em conjunto, formam a evapotranspiração.

Se analisado globalmente, o ciclo hidrológico pode ser considerado como um ambiente fechado, porém os volumes evaporados em um local do planeta não precipitam necessariamente no mesmo local, uma vez que existem movimentos contínuos, com dinâmicas distintas, entre a superfície terrestre e a atmosfera (TUCCI, 2009).

Em virtude da sua grande importância, a água é considerada o recurso natural com os mais variados e correntes usos, apresentando assim os seus usos múltiplos. Sendo eles – abastecimento público, consumo industrial, matéria prima para a

indústria, irrigação, recreação, dessedentação de animais, geração de energia elétrica, transporte, diluição de dejetos e preservação da fauna e flora (TUCCI, 2009).

Justamente por apresentar tantos usos múltiplos, possui potencial de impulsionar a economia local, regional e global, evidenciando assim, um importante papel econômico (BRAGA et al., 2008). Tundisi (2013) relata que os seus usos múltiplos, cada vez mais competitivos, se acentuam e colocam pressões adicionais sobre a quantidade e qualidade da água. Sendo a gestão dos recursos hídricos, um fator essencial no desenvolvimento territorial e econômico, torna-se um componente estratégico de grande relevância. À medida que a economia se desenvolve e se diversifica, maior é a necessidade de uma gestão eficiente e participativa, de forma a contribuir para gerenciar a escassez ou o estresse hídrico, regular a demanda e compartilhar os usos múltiplos.

O Brasil é o país mais rico em água doce, possuindo uma abundância pluvial que varia, sobre mais de 90% do seu território, o que representa 12% das reservas mundiais. No País, 70% da água consumida ocorre na agricultura irrigada, 20% é utilizada para consumo doméstico e 10% pelo setor industrial (REBOUÇAS, 2003). Apesar de apresentar uma situação aparentemente favorável, observa-se uma enorme desigualdade regional na distribuição dos recursos hídricos. Contudo, conflitos de qualidade, quantidade e déficit de oferta já são realidade. Uma das maneiras de garantir a qualidade da água, bem como o manejo sustentável é o estudo mais aprofundado das bacias hidrográficas, que atuam como ferramenta de gestão ambiental, uma vez que os elementos físicos naturais envolvidos no seu processo estão interligados pelo ciclo da água (SEMA, 2010).

## **4.2 Hidrometria**

### **4.2.1 Precipitação**

A precipitação é compreendida como toda a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre, seja ela na forma de neblina, chuva,

granizo, saraiva, orvalho, geada e neve. A disponibilidade de dados de precipitação em uma bacia hidrográfica durante um período de tempo é um fator determinante para quantificar diversas atividades, como o abastecimento doméstico e industrial, necessidade de irrigação de culturas e dessedentação animal, dentre outros para o controle de inundação e da erosão do solo, a determinação de sua intensidade torna-se extremamente importante (TUCCI, 2009).

A precipitação também possui grande importância na caracterização do clima de uma região. Períodos de estiagem muito longos afetam o nível de água dos mananciais e dos reservatórios das usinas hidrelétricas, trazendo problemas e consequências para o abastecimento urbano e também para a geração de energia elétrica (VIEIRA e CARVALHO, 2001).

A ocorrência da precipitação é considerado como um processo aleatório, pois não permite, uma previsão determinística, com grande antecedência. Desta forma, a estatística e a forma de tratamento dos dados pluviométricos, para a maioria dos problemas hidrológicos associados a ela (TUCCI, 2009).

Reboita et al., (2009) ao estudar os regimes de precipitação na América do Sul, encontraram que devido a extensão latitudinal e variadas formas de relevo desse continente, ocorre o desenvolvimento e a atuação de diferentes sistemas atmosféricos, contribuindo para a existência de oito regimes de precipitação. Os autores dividiram o continente em diversas zonas, e analisaram o sul do Brasil juntamente com o sul do Paraguai e Uruguai. Para essas regiões, encontraram que a precipitação é praticamente homogênea ao longo do ano, total anual é elevado ( $1050-1750 \text{ mm ano}^{-1}$ ) sendo ainda maior no oeste do sul do Brasil na fronteira com o Paraguai ( $1750-2100 \text{ mm ano}^{-1}$ ).

Teixeira-Gandra et al. (2015) avaliaram a previsão da precipitação a partir de coordenadas geográficas no estado do Rio Grande do Sul. Como metodologia, utilizaram regressões lineares múltiplas, sendo a precipitação variável dependente e como independentes, as coordenadas geográficas e altitude. Como resultados, encontraram que na região sul, a distribuição da precipitação média mensal mostra-se regular, oscilando entre 115,28 e 153,36 mm, para os meses de novembro e setembro, respectivamente.

Blain et al. (2009) analisaram a variabilidade amostral das séries mensais de precipitação pluvial em Pelotas-RS e Campinas-SP. Os autores verificaram que na

região de Pelotas-RS, as chuvas são distribuídas de forma semelhante ao longo do ano, ao contrário do que foi observado para a região de Campinas-SP, que possui uma estação seca definida.

Na região do canal São Gonçalo-RS, a precipitação média anual é de 1.366,9 mm, sendo os meses de janeiro, fevereiro e julho os mais chuvosos, proporcionando diferenciados fenômenos como alagamentos das áreas mais baixas, ligados à elevados volumes de precipitação e consequente deficiência no escoamento das águas (SIMON e SILVA, 2015).

#### **4.2.2 Ventos**

Para Pereira et al. (2002), os ventos são definidos como deslocamentos de ar no sentido horizontal, e são originários de gradientes de pressão. Seu deslocamento 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 dessas áreas, maior será a velocidade de seu deslocamento. O vento é responsável pela geração de ondas locais e correntes marinhas, que afetam a deriva litorânea de sedimentos e a configuração das praias, o controle da morfologia dos corpos aquosos costeiros (lagos e lagoas), pela criação de lagos rasos, influenciando na sedimentação dos corpos aquosos (TOMAZZELLI, 1993).

O regime de ventos da costa do Rio Grande do Sul é controlado, basicamente, por dois centros de alta pressão: o Anticiclone do Atlântico Sul, mais ativo durante os meses de verão e o Anticiclone Móvel Polar, mais influente durante os meses de inverno, os quais produzem variações periódicas sobre os elementos hidrometeorológicos (HARTMANN e SANO, 1986; TOMAZELLI, 1993). O regime pluvial da região e as mudanças climáticas influenciadas pelo centro da massa polar antártica, provocam modificações significativas e quase que diárias sobre as massas de água da Laguna dos Patos, influenciando no seu sistema de circulação (HARTMANN & SANO, 1986).

Tomazelli (1993) estudou o regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul a partir de três estações meteorológicas

situadas nas cidades litorâneas de Torres, Imbé e Rio Grande. Utilizou uma série de dados de 13 anos, com velocidade do vento monitorada a uma altura de 10 m do solo, bem como a análise dos dados referentes a velocidade e direção de proveniência (oito setores direcionais) dos ventos superficiais. O autor relata que o vento dominante provém da direção nordeste e, embora sopra ao longo de todo o ano, é mais ativo nas estações de primavera-verão, já o vento de direção oeste-sudoeste, secundário, é mais ativo nos meses de inverno. Ao final de seu estudo, encontrou que a estação de Rio Grande possuiu os menores valores de potencial de deriva de dunas, e também a maior variabilidade direcional, refletindo seu complexo regime de ventos sob o ponto de vista direcional, apontando dois aspectos, a sua situação geográfica, mantendo-se posição bem mais meridional em relação às outras estações, e sua localização em terreno essencialmente plano, longe de qualquer efeito relacionado a topografia que pudesse interferir na direção e velocidade dos ventos.

Dessa forma, o regime dos ventos está diretamente relacionada com a descarga do canal São Gonçalo e no escoamento da Laguna dos Patos para o oceano Atlântico. Sendo assim, a direção, duração e força preferencial do vento influenciam altamente nesse processo (HARTMANN et al., 1986).

Na região da Laguna dos Patos, os ventos principais são de direção de NE (Nordeste), os quais coincidem com os eixos principais das duas lagoas, facilitando o escoamento das águas no sentido do oceano Atlântico, provocando o represamento ou diminuição da vazão do canal São Gonçalo (HARTMANN et al., 1986). Já a ação dos ventos de direção sudoeste e sudeste, provocam um abaixamento do nível no interior da Laguna dos Patos (represamento das águas lagunares), favorecendo o escoamento de água salgada para o interior da Laguna (facilitando a entrada da água do mar) (HARTMANN e SANO, 1986; HARTMANN et al., 1986; MONTEIRO et al., 2005).

### 4.2.3 Nível d'água

Os valores de níveis representam a quantidade de água que um recurso hídrico possui. É altamente variável, sendo afetado em relação às estações do ano, períodos de estiagem e cheias, dentre outros.

Conforme exposto nos itens progressos (precipitação e ventos), a dinâmica do ambiente em estudo é relativamente complexo. Outro fato que merece importante destaque e atenção, é o sentido do fluxo de escoamento do canal São Gonçalo. Normalmente é no sentido da lagoa Mirim para a laguna dos Patos, cerca de 70% do tempo, entretanto, este fluxo pode inverter-se, o que geralmente ocorre em períodos de estiagem (HARTMANN e HARKOT, 1998). Exatamente por esta inversão de fluxo, que a barragem eclusa foi construída, objetivando impedir que as águas salinas adentrem à montante da barragem. Somando-se a este cenário, a baixa declividade do canal, com a atuação dos ventos e com os níveis de água da laguna dos Patos e da lagoa Mirim, são os fatores que mais influenciam no processo de inundação da planície aluvial do canal São Gonçalo. Pelo fato de conectar as duas lagoas, esse canal se torna o curso d'água que mais sofre com o efeito de eventos de inundações (HARTMANN et al., 1986).

Como consequência, a vazão do canal depende do nível da água na laguna dos Patos, das condições de fluxo do Rio Piratini (seu principal contribuinte), do nível do canal na sua desembocadura e das condições impostas na barragem do canal São Gonçalo. Seu nível está relacionado, além dos fatores acima mencionados, com a ação dos ventos que, na maior parte das vezes, é o fator mais importante (HARTMANN e HARKOT, 1990).

Para entender como uma região se comporta em relação a uma variável, seja ela precipitação, nível, temperatura da superfície do mar (TSM), etc., é preciso analisar uma série histórica de dados hidrológicos, observados durante um intervalo de tempo no local em que se deseja entender seu comportamento. Para que a análise da série de dados seja a mais representativa do local, é interessante que a série de dados abranja o maior período de dados possíveis e que os dados sejam de boa qualidade, ou seja, que tenham sido coletados de maneira correta. Esses cuidados evitam que a análise seja feita em uma série histórica questionável, e essa falta de

representatividade de uma amostra de dados observados pode não mostrar todas as variabilidades da população estatística da série (TUCCI e BRAGA, 2003).

### **4.3 Estudos realizados com metodologia de regressão linear simples e múltipla**

Collischon e Tucci (2014) estudaram as relações regionais entre precipitação e evapotranspiração (ETP) mensais, utilizando série de dados de 290 estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), como forma de contornar a falta de dados de ETP em climas tropicais. Os autores afirmaram que as variáveis estudadas, precipitação e ETP, mantinham uma relação inversa. Utilizaram a regressão linear simples entre a precipitação (independente) e a ETP (dependente) e obtiveram uma variação dos coeficientes de correlação entre 0,20 e 0,73. Apontaram que nos meses de junho a agosto, devido à pouca variabilidade da precipitação, os ajustes foram piores.

Silva (2012) estudou o efeito de variáveis climáticas, hidrológicas e físico-químicas nas capturas do camarão, na Armação do Itapocoroy, Penha, SC, com o objetivo de verificar as relações entre as variáveis ambientais e a biomassa do camarão. A metodologia de regressão linear simples foi empregada relacionando cada variável ambiental (chuva, vazão, salinidade e velocidade dos ventos) com a biomassa do camarão em três estágios: a simultânea, com intervalo de 3 meses, e com intervalo de 6 meses. Como resultados, o autor confirmou a existência de relação linear significativa entre a precipitação e a biomassa, apontando variação de 0,029 a 0,2 para os valores de coeficientes de correlação entre as duas variáveis. Já os valores de  $r$  entre a velocidade do vento e biomassa, variaram no intervalo de 0,093 a 0,13.

Becker (2002) estudou a variação da estrutura e da biomassa fitoplanctônica na lagoa Itapeva em função da hidrodinâmica para a determinação do efeito potencial da velocidade do vento e nível d'água sobre a biomassa algal, a partir de regressão linear simples. Essa análise permitiu verificar a relação funcional de uma variável para a outra, o quanto os fatores físicos (velocidade do vento e nível d'água) afetam na biomassa. Como resultados, encontrou que os coeficientes de correlação entre nível e biomassa, variaram entre 0,04 e 0,90, apresentando maiores valores nos meses de

inverno. Em relação as variáveis velocidade do vento e biomassa, os coeficientes variaram entre 0,17 a 0,80, apresentando maiores valores nos meses de verão.

Gouvêa (2009) realizou uma análise estatística da influência da precipitação e de características do solo na variação do nível d'água em área de recarga do aquífero Guarani, utilizando como local de estudo a Bacia-Piloto do Ribeirão da Onça-SP, com área de 65 km<sup>2</sup>. Os dados de nível utilizados foram monitorados a partir de doze poços, cada um com uma cultura diferente, compreendendo o período de setembro de 2004 a agosto de 2008. Como metodologia, foi realizada a correlação entre a variação do nível d'água e precipitação para intervalos de tempo diários e mensais. Os coeficientes de correlação obtidos por Gouvêa (2009), através de regressões lineares entre precipitação e variação do nível do aquífero, mostraram-se muito baixos, tanto na escala diária e mensal, apontando a existência de defasagem entre os eventos de precipitação e oscilação dos níveis. O mesmo autor também utilizou a técnica de observação de gráficos, e ao plotar simultaneamente os dados referentes ao nível e precipitação, confirmou que os coeficientes de correlação mostraram, de que os dois eventos não ocorrem simultaneamente. Desta forma, afirmou que um evento de precipitação não gera, de maneira imediata, uma elevação do nível.

#### **4.4 Barragem eclusa do canal São Gonçalo**

A barragem eclusa construída no canal São Gonçalo opera desde 1977 e consta com uma estrutura transversal ao canal (Figura 1), com 245 m de comprimento, construída por paredes diafragma e estrutura de concreto armado. É constituída por 18 comportas basculantes assentes sobre viga soleira, com 12 m de largura e 3 m de altura. A eclusa foi construída na margem esquerda do canal, com 120 m de comprimento, 17 m de largura e 5 m de profundidade. Os portões basculantes e as comportas *by-pass* localizam-se nas duas cabeceiras, os quais equalizam/regulam os níveis dentro da eclusa (Figura 2), permitindo a passagem de embarcações (GOUVÊA, et al., 2010).



Figura 1 – Comportas da barragem eclusa do canal São Gonçalo.



Figura 2 – Canal de eclusagem da barragem eclusa do canal São Gonçalo.

O objetivo principal da barragem eclusa é evitar a entrada de água salgada na Lagoa Mirim nos períodos de estiagem (ANTAq, 2013), ou seja, limitando a ocorrência de salinização no canal São Gonçalo para que ocorra somente na área compreendida entre a barragem e sua desembocadura na região estuarina da Laguna dos Patos, tornando desta maneira a Lagoa Mirim como um corpo d'água límnico (CAPÍTOLI et al., 2008). Para Burns et al (2006), a construção dessa barragem é considerada uma das mais importantes obras para o desenvolvimento de atividades ao redor da Lagoa Mirim, por evitar a entrada de água salina para a mesma, uma vez que a Lagoa é provedora de água doce para a irrigação de arroz, considerada como uma das principais atividades econômicas da região.

Previamente a construção desse barramento, águas salinas adentravam para a Lagoa Mirim, levando consigo uma variada gama de diversidade de peixes marinhos e estuarinos. Burns et al (2006) realizou um estudo sobre a interferência que o barramento no canal São Gonçalo exerce no movimento dos peixes entre a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim foi avaliado, os resultados forneceram evidências concretas de que o barramento afeta a circulação dos peixes.

## 5 Material e Métodos

### 5.1 Local de estudo

O canal São Gonçalo localiza-se entre as coordenadas 31°45' e 32°20' de latitude sul e 52°05' e 52°50' de longitude oeste (Figura 3). O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, em estudo realizado por Kuinchtner e Buriol (2001), é caracterizado como Cfa, apontando a ocorrência de clima subtropical chuvoso.

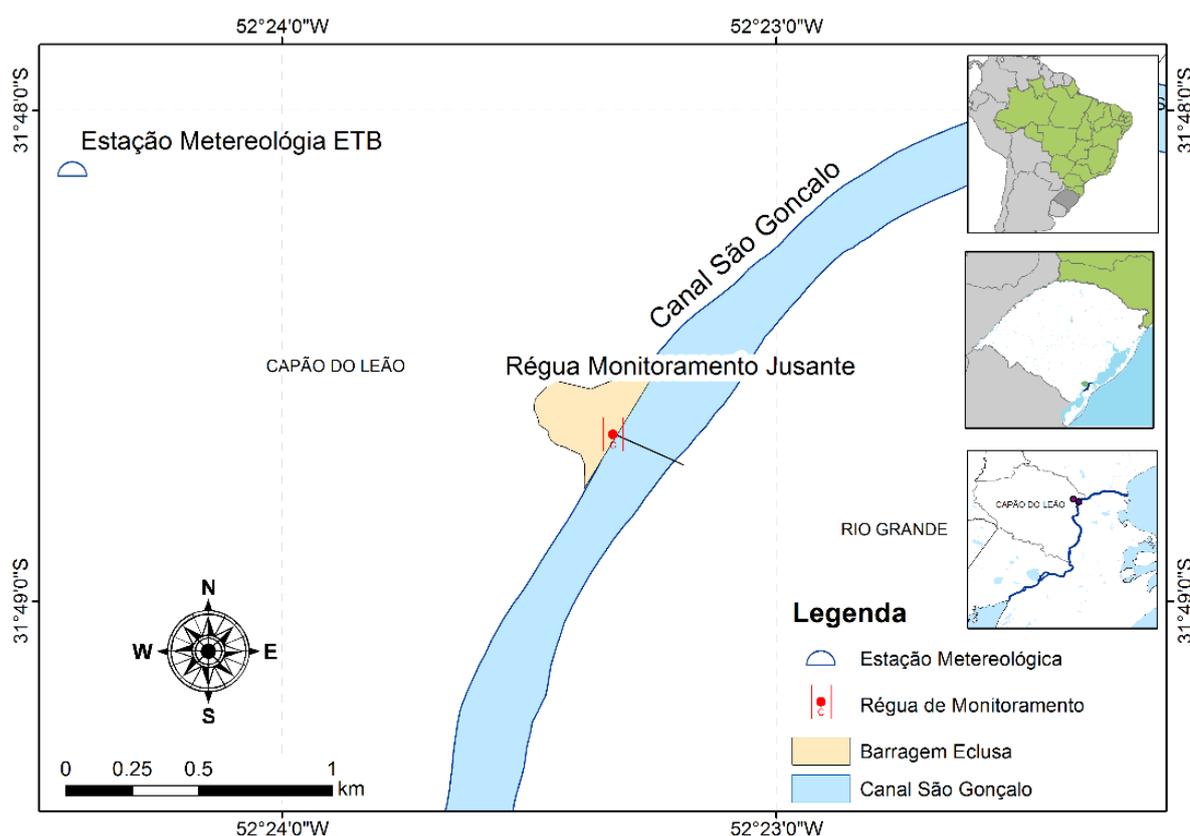


Figura 3 – Localização geográfica do canal São Gonçalo, da barragem em sua extensão, da régua limimétrica à jusante da barragem e estação agrometeorológica da Embrapa (Estação Terras Baixas - ETB).

O canal interliga a lagoa Mirim e Laguna dos Patos, a qual possui ligação indireta com o oceano. O fluxo de escoamento do canal São Gonçalo, normalmente é no sentido da lagoa Mirim para a laguna dos Patos, entretanto, este fluxo pode

inverter-se, o que geralmente ocorre em períodos de estiagem (HARTMANN e HARKOT, 1998). Em virtude de seus usos múltiplos, e como consequência dessa dinâmica de inversão de fluxo, uma barragem eclusa (Figura 4) foi construída em sua extensão.

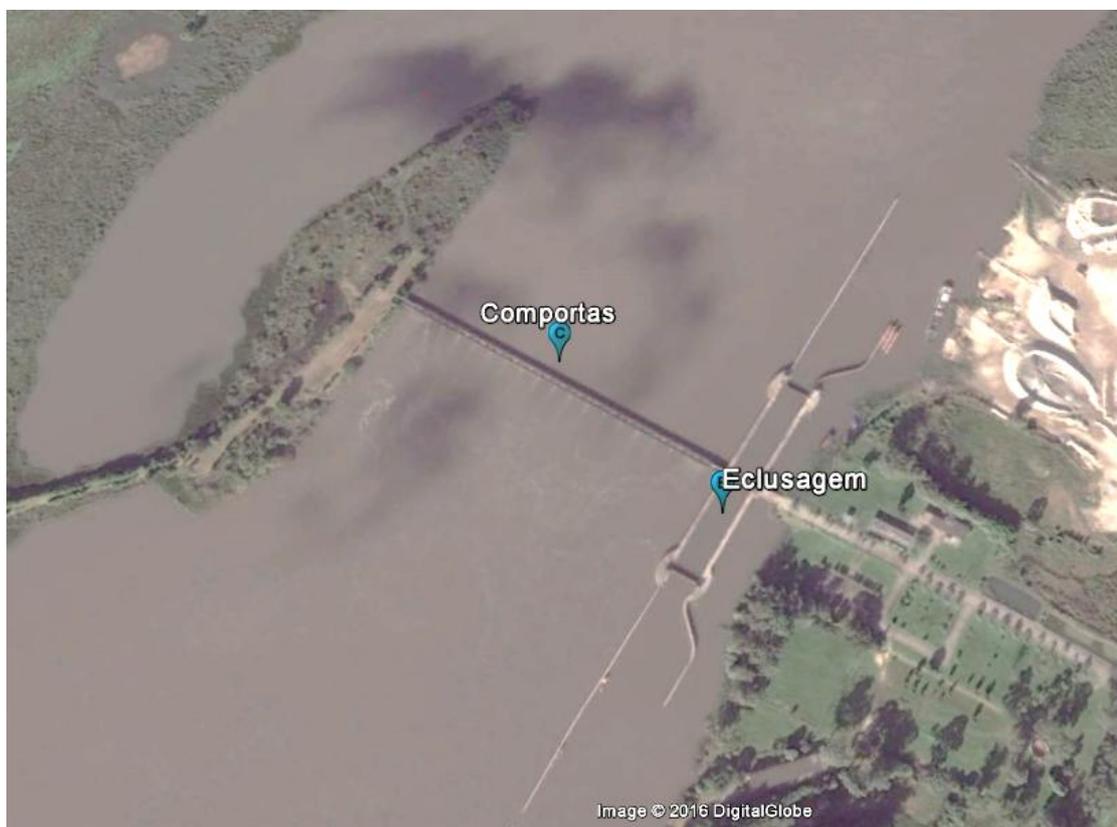


Figura 4 – Barragem do canal São Gonçalo, com vistas as comportas e do canal de eclusagem. Fonte: Google Earth.

Localizada na extremidade nordeste do Canal São Gonçalo, distante 3 km da cidade de Pelotas, a barragem eclusa foi construída com a principal finalidade de evitar a intrusão de água salgada na Lagoa Mirim, assegurando, assim, a qualidade das águas, e um melhor aproveitamento dos recursos naturais, envolvendo armazenamento de água, irrigação e navegação (SUDESUL, 1970 apud ALBA et al 2010).

## 5.2 Dados disponíveis

Foram analisadas séries temporais de três variáveis climatológicas: oscilação dos níveis d'água à jusante da barragem do canal São Gonçalo (h) (m), precipitação (P) (mm) e velocidade do vento, sendo esta analisada em três especificações, velocidades médias do vento à 2 (VMéd2) e 7 m de altura (VMéd7) ( $\text{m s}^{-1}$ ) e velocidade máxima do vento (VMáx) ( $\text{m s}^{-1}$ ). As referidas variáveis foram relacionadas com a direção predominante do vento (DPV) e direção do vento na velocidade máxima (DVM).

O restante dos dados (P, VMéd2, VMéd7, VMáx, DPV, DVM) foram obtidos através da publicação de boletins agroclimatológicos da Embrapa. O monitoramento das variáveis nessa estação da Embrapa iniciou em 1952 no mesmo local, porém, somente a partir de janeiro de 1998 os boletins começaram a ser disponibilizados via internet. Esta estação mantém convênio com a Universidade Federal de Pelotas (UFPEl) e com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

### 5.2.1 Série histórica de nível d'água

Os dados utilizados referentes a oscilação dos níveis d'água, monitorados na barragem do canal São Gonçalo, foram fornecidos pela Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM), responsável pela operação da barragem. Os níveis são monitorados constante e permanentemente, tanto à montante quanto à jusante da mesma barragem, sendo um dos fatores determinantes para a gestão da mesma. Os dados de nível (m) foram analisados em médias diárias.

### 5.2.2 Série histórica de precipitação pluvial

A série temporal referente a precipitação foi monitorada na Estação Agroclimatológica de Pelotas (Capão do Leão) (Figura 3), e extraída dos boletins agroclimatológicos publicados mensalmente pela Embrapa. A precipitação pluvial foi monitorada e registrada em leituras em três horários, 9,15 e 21 h, e foi utilizada a escala acumulada diária. Para efeitos metodológicos, foram retirados os valores de precipitação iguais a zero ( $P=0$ ), e analisados apenas os valores dessa variável maiores que zero ( $P>0$ ) (COLLISCHON e TUCCI, 2014).

### 5.2.3 Série histórica de velocidades do vento

Os dados referentes as velocidades do vento, sejam eles expressos em médias ou máximas, e monitorados à 2 e 7 m de altura, foram monitorados na Estação Agroclimatológica de Pelotas (Capão do Leão) (Figura 3).

Estrategicamente, decidiu-se analisar todas as variáveis estudadas nesse trabalho, desde o período em que os boletins iniciaram a sua publicação via internet, até o final de fevereiro de 2016, objetivando o mesmo número de observações para todas as variáveis. Porém, o equipamento responsável pela medição do vento na velocidade média de 2 m de altura da Estação Agroclimatológica da Embrapa, parou de funcionar em maio de 2009, e desde então, a mensuração dessa variável não foi mais realizada. Aliado a isso, em alguns meses, foi observado que não houve medição da velocidade do vento ( $VMéd2$ ,  $VMéd7$  e  $VMáx$ ), por manutenções periódicas dos equipamentos. Com isso, as observações de velocidades do vento ( $VMéd2$ ,  $VMéd7$  e  $VMáx$ ) não possuem o mesmo número de observações.

A série temporal da  $VMéd2$  compreendeu o período de janeiro de 1998 a maio de 2009, totalizando 11 anos e 5 meses, totalizando 1471 observações. A série correspondente da  $VMéd7$ , iniciou em janeiro de 1998 até fevereiro de 2016, totalizando 18 anos e 2 meses, com 2345 observações. Já a série correspondente da

VMáx, abrangeu o período de janeiro de 1998 a fevereiro de 2016, totalizando 18 anos e 2 meses, ou seja, 2330 observações.

#### **5.2.4 Direções do vento**

Os dados referentes a direção do vento também são continuamente monitorados, sendo mensurados em relação a direção predominante do vento e a direção do vento na ocorrência da velocidade máxima.

A direção predominante do vento é selecionada através das anotações referentes à um dia de observação sobre às direções, apontando a direção em que o vento se manteve predominantemente.

Já a direção do vento na velocidade máxima é determinada através do emparelhamento entre os dados monitorados diariamente de velocidades do vento. Esse valor é capturado observando-se a direção em que o vento estava na velocidade máxima referente ao dia.

### **5.3 Análises realizadas**

Após a organização de todas as variáveis a serem estudadas, gráficos foram construídos, em escalas mensais e diárias, com o objetivo de detectar padrões de comportamento, como períodos de estiagens e de cheias, assim como elevações e decréscimos nos níveis d'água, o regime de ventos característico da região, as direções do vento, e, quando possível, a comparação com a ocorrência de fenômenos El Niño Oscilação Sul (ENOS). Em seguida foram aplicadas as demais metodologias.

Para alcançar os objetivos propostos no trabalho foram utilizadas metodologias estatísticas, trabalhando no domínio do tempo para verificar o comportamento dos dados das variáveis estudadas ao longo do período de tempo definido.

Conforme já foi esclarecido anteriormente, foram realizadas regressões lineares múltiplas entre todas as variáveis. Selecionando como variável dependente em todas

as análises, o nível, e como independentes, a precipitação e uma velocidade do vento por vez (VMéd2, VMéd7 e VMáx).

Em seguida foram realizadas regressões lineares simples, com o nível novamente representando a variável dependente em todas as análises, e como independentes, a precipitação e as três velocidades do vento estudadas (VMéd2, VMéd7 e VMáx). Essa regressão, por ser simples, foi realizada apenas com duas variáveis (dependente e independente), desta forma, as quatro variáveis independentes foram revezadas e as análises abrangeram a totalidade das mesmas.

Após a conclusão das análises de regressões lineares simples e múltiplas, foi utilizado um testes estatístico para verificar a significância das equações geradas a partir das regressões realizadas. O método selecionado foi o teste t de Student. Como parte final deste trabalho, foi aplicado a metodologia de erro relativo médio quadrático.

#### **5.4 Análise estatística**

De acordo com Carvalho et al. (2004), a correlação representa uma medida padronizada da associação entre variáveis. Para quantificar a correlação entre duas ou mais variáveis, utiliza-se a elaboração de um diagrama de dispersão entre as observações simultâneas das variáveis, sendo possível visualizar o grau de associação entre as mesmas e a tendência de variação conjunta que apresentam. Essa medida de variação das variáveis é a correlação entre as mesmas (NAGHETTINI E PINTO, 2007) e pode ser realizada por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ), o qual representa, de maneira descritiva, o grau de associação entre variáveis contínuas (CARVALHO et al., 2004; NAGHETTINI e PINTO, 2007). O objetivo do coeficiente de correlação é comparar a variância daquela variável, quando uma variável independente  $X$  é utilizada para estimar os valores de  $Y$  (CARVALHO et al., 2004).

Seus valores são adimensionais e variam entre -1 e +1. Se o coeficiente de correlação for igual a 0, não existe correlação entre as variáveis, indicando que os valores de  $X$  não exercem influência sobre os valores de  $Y$  e vice-versa, inexistindo qualquer tipo de associação entre as variáveis estudadas. Quando seu valor for maior

que 0, a correlação é positiva e uma variável aumenta quando a outra cresce. Quando as variáveis variam em direções opostas, a correlação é negativa, com valores menores que 0 de coeficientes de correlação (CARVALHO et al., 2004; NAGHETTINI e PINTO, 2007; TUCCI, 2009). Há presença de correlação entre duas ou mais variáveis quando as alterações sofridas por uma delas são acompanhadas por modificações nas outras (CARVALHO et al., 2004).

Outro coeficiente que é comumente utilizado, é coeficiente de determinação ( $R^2$ ), e indica a parcela da variabilidade amostral que foi, de fato, explicada pela reta de regressão. Ao contrário do coeficiente de correlação linear de Pearson, seus valores são sempre positivos, variando entre 0 e 1. Deve ser interpretado como a proporção da variância total da variável dependente Y, que é explicada pelo modelo de regressão (NADAL et al., 2003; NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Naghetini e Pinto (2007) destacam que quando se tem por objetivo investigar e modelar a relação entre duas ou mais variáveis, a análise de regressão linear representa uma opção de técnica estatística a ser utilizada. Essa técnica é dividida em duas: regressão lineares múltiplas e simples.

A regressão linear múltipla estuda o comportamento de uma variável dependente (Y) em função de duas ou mais variáveis independentes ( $X_p$ ). Seu modelo estatístico é representado por:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p \quad (2)$$

Quando tem-se apenas uma variável independente (X), utiliza-se a análise de regressão linear simples, a qual estuda o comportamento de uma variável dependente (Y) em função de uma variável independente ( $X_i$ ). E seu modelo estatístico é representado por:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad (3)$$

Dessa forma, a metodologia de regressão linear objetiva encontrar um modelo de regressão que prevê de melhor maneira, a variável dependente a partir de uma combinação das variáveis independentes.

Brieger (1946) enfatiza que o princípio básico da estatística consiste em verificar se a diferença entre um valor ajustado e o valor observado, pode ser atribuído ao simples efeito das causas acidentais ou às consequências de causas sistemáticas. Sendo assim, após a realização das regressões, foi utilizado o teste estatístico t de Student, assim como verificou-se a significância dos coeficientes das equações.

O teste t de Student foi utilizado como metodologia na verificação da existência ou não de uma relação linear entre as variáveis estudadas, a partir de um teste de hipótese sobre os coeficientes angulares de cada uma das equações geradas pelas regressões. Foi utilizado com n-k graus de liberdade, sendo “n” o tamanho da amostra e “k” o número de variáveis explicativas para os coeficientes angulares (DAMÉ et al., 2008). Esta metodologia abordou os coeficientes angulares das equações fornecidas através das metodologias de regressão linear múltipla e simples e foi aplicado a um nível de significância de 95%. A hipótese de nulidade ( $H_0$ ) é que não existe diferença significativa, em um nível de probabilidade de 5%, entre os valores de nível observados e os valores ajustados. Assim, se a estatística do teste “t”, para o coeficiente angular, for inferior aos valores de “t” crítico para um nível de probabilidade  $(1 - \alpha)$ , sendo  $\alpha = 5\%$ , aceita-se  $H_0$ . 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. Esta metodologia foi utilizada por Collischonn e Tucci (2014) e Damé et al. (2008).

Desta maneira, foi utilizado a metodologia do erro relativo médio quadrático como forma de medir o grau de precisão dos modelos de regressão testados. A equação que expressa essa metodologia, é apresentada abaixo:

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{Y_{\text{ajust}} - Y_{\text{obs}}}{Y_{\text{obs}}} \right)^2}{n}} \quad (4)$$

Onde  $Y_{ajust}$  são os valores ajustados ( $m$ ),  $Y_{obs}$  são os valores observados ( $m$ ), e  $n$  corresponde ao número de observações. Quanto mais próximo a zero for o RMS, mais precisão o modelo obteve. Essa metodologia foi utilizada por Teixeira-Gandra et al. (2015), Damé et al. (2008) e Lira et al. (2011).

Como etapa inicial, a série de dados foi analisada graficamente. No caso das regressões lineares múltiplas, dois gráficos foram construídos: entre precipitação e nível observado, e entre as três velocidades do vento e nível observado. E no caso das regressões lineares simples, os mesmos gráficos foram construídos, porém com exceção de um deles, de acordo com a variável independente selecionada para a análise.

Ao analisar os gráficos, 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 dos dados foi selecionada uma sub amostra contendo um período menor e contínuo dos dados, após a seleção, todo o procedimento metodológico foi realizado novamente. Neste trabalho, os gráficos não serão apresentados por constituírem um número expressivo, porém, o período em que as sub amostras foram selecionadas serão apresentados ao longo do texto.

## 6 Resultados e Discussão

### 6.1 Distribuição da série histórica de nível d'água

Na Figura 5 estão apresentados os valores médios mensais anuais de nível d'água à jusante do canal São Gonçalo em relação aos meses de janeiro a junho.

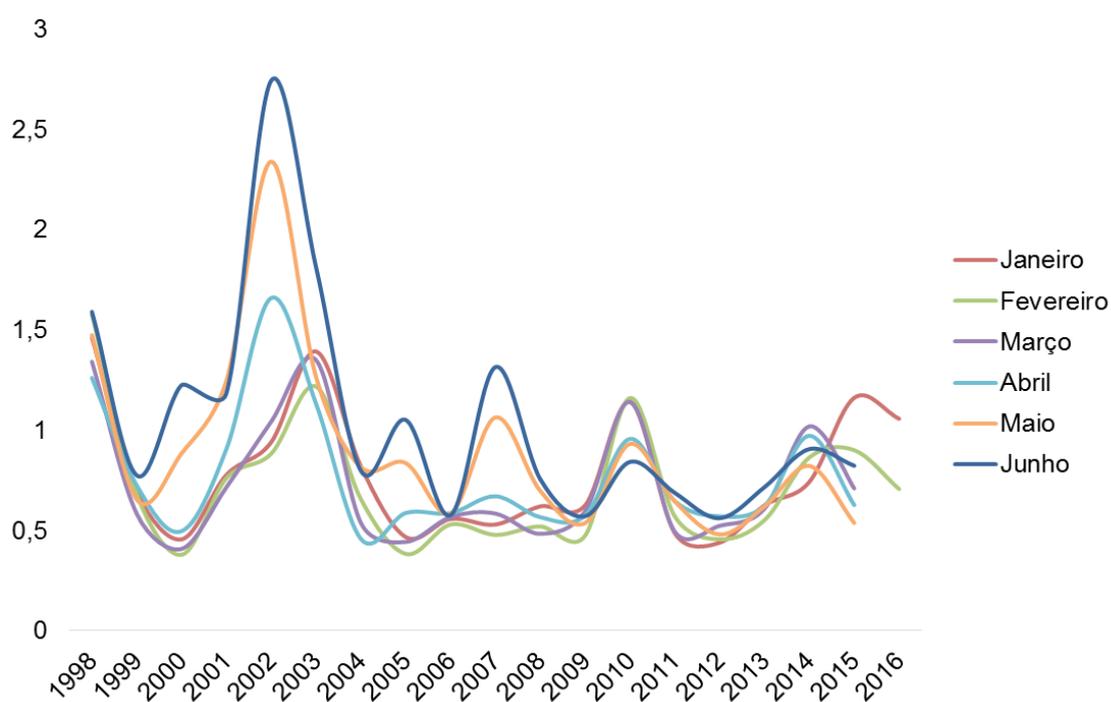


Figura 5 – Série histórica de níveis d'água observados à jusante do canal São Gonçalo, Pelotas-RS, compreendendo o período de janeiro a junho.

Na Figura 6 estão expostos os valores médios mensais anuais de nível d'água à jusante do canal São Gonçalo em relação aos meses de julho a dezembro.

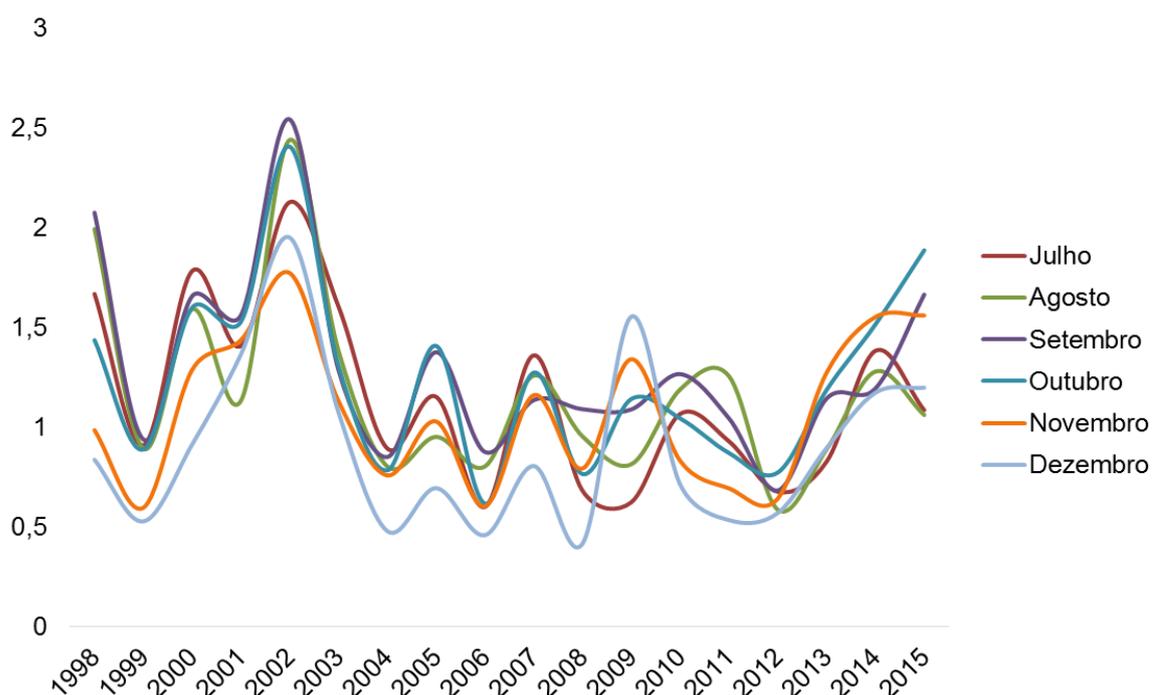


Figura 6 – Série histórica de níveis d'água observados à jusante do canal São Gonçalo, Pelotas-RS, compreendendo o período de julho a dezembro.

Ao analisar as Figuras 5 e 6, observa-se que a série de níveis analisada nesse trabalho (janeiro de 1998 a fevereiro de 2016) inicia com uma notável elevação dos níveis em datas anteriores a janeiro de 1998, seguido de um decréscimo de 1998 a 1999. Fato que pode ser explicado pela ocorrência de um episódio de El Niño entre os anos de 1997 e 1998, caracterizado como forte (BERLATO e FONTANA, 2003; COSTA, 2012; CPTec, 2016).

A ocorrência de um evento de El Niño gera diversas consequências ao longo do globo, sendo as regiões do sudeste da África, norte da Austrália, norte e nordeste do Brasil atingidas por secas. Por outro lado, as regiões que sofrem com impactos prováveis relacionados ao aumento de chuvas, podendo ter a presença de enchentes, são as regiões do sudeste dos Estados Unidos, oeste tropical e o sudeste da América do Sul (BERLATO e FONTANA, 2003; COSTA, 2012).

Entre os anos de 1998 a 2001, o globo estava sob efeito de um episódio de La Niña, caracterizado com uma escala moderada. Sabe-se que em seguida de um evento extremo, existe alta probabilidade de ocorrer, após um período de neutralidade, outro episódio de evento ENOS, porém de fase contrária. A expressiva diminuição dos valores de nível, do ano de 1998, com presença de El Niño, ao ano de

1999, com presença do fenômeno La Niña, caracterizado por períodos de baixas precipitações na região de estudo, em geral, comprova a afirmação dita anteriormente (CPTec, 2015).

Os impactos globais da ocorrência de um evento La Niña localizam-se mais ou menos nas mesmas regiões que sofrem com impactos pelo fenômeno El Niño, porém com sinal contrário, ou seja, onde ocorre altos índices de precipitação em El Niño, nessa mesma região, quando estiver na presença de La Niña, será atingida por secas. No Brasil, ocorrem estiagens no sul e precipitação pluvial acima da normal climatológica no norte e nordeste (BERLATO e FONTANA, 2003).

É possível perceber que o ano com maior elevação do nível foi o ano de 2002, e o mês de junho e setembro apresentaram os maiores valores dessa variável. Entre os anos de 2002 e 2003, um episódio de El Niño, numa escala moderada, estava atuando e ocasionando aumento dos índices pluviais, e por consequência nos níveis d'água, da região em estudo, fato que pode ser visualizado pelo pico representado nas Figuras 5 e 6 (CPTec, 2016).

No final das Figuras 5 e 6, percebe-se o aumento dos valores de níveis a partir de 2015, na presença de El Niño. Percebe-se que os mesmos, ao se aproximarem do final da figura, tem seus valores diminuídos, uma vez que, esse fenômeno atingiu um grau de neutralidade (anomalia de TSM entre  $-0,5$  e  $0,5^{\circ}\text{C}$ ) em maio de 2016, período em que essa dissertação não aborda (CPTec, 2016).

## 6.2 Distribuição da série histórica de precipitação pluvial

A Figura 7 mostra as distribuições pluviométricas anuais observadas no período de análise.

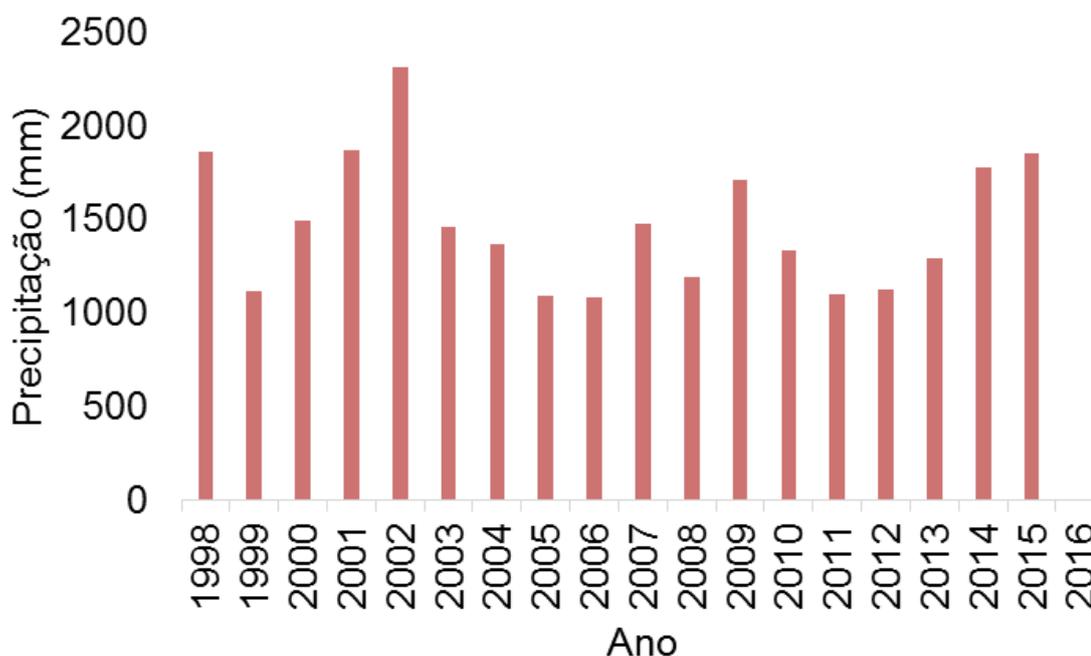


Figura 7 - Precipitação total anual para o período de 1998 a fevereiro de 2016, monitorada na canal São Gonçalo, Pelotas-RS.

Na Figura 7 verifica-se que os três maiores picos com valores elevados de precipitação, apontam para anos com presença de episódios de El Niño (1997 a 1998, 2002 a 2003, e 2015 a 2016).

Verifica-se que os períodos de La Niña (1998 a 2001 e 2007 a 2008) (CPTec, 2016), apresentaram tendência de decréscimo dos valores precipitados, corroborando com o que é exposto na literatura (BERLATO e FONTANA, 2003).

A média anual de precipitação encontrada nesse trabalho foi de 1.472,30 mm, valor muito próximo do encontrado por Simon e Silva (2015).

A precipitação mensal para o canal São Gonçalo-RS está apresentada mensalmente, de janeiro a março na Figura 8, de abril a junho na Figura 9, de julho a setembro na Figura 10, e de outubro a dezembro na Figura 11.

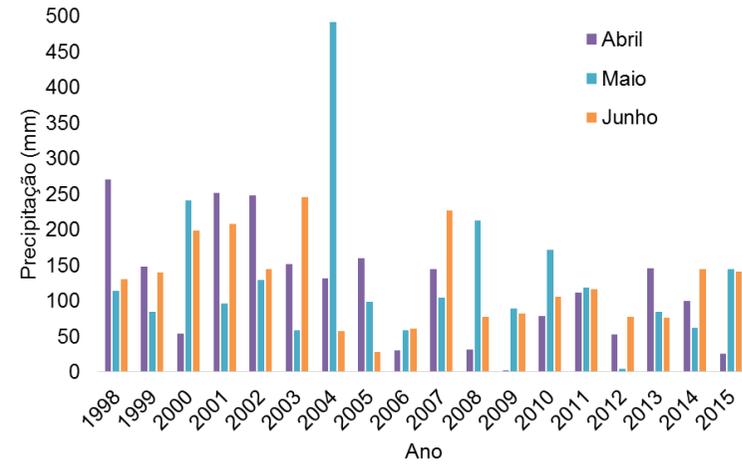
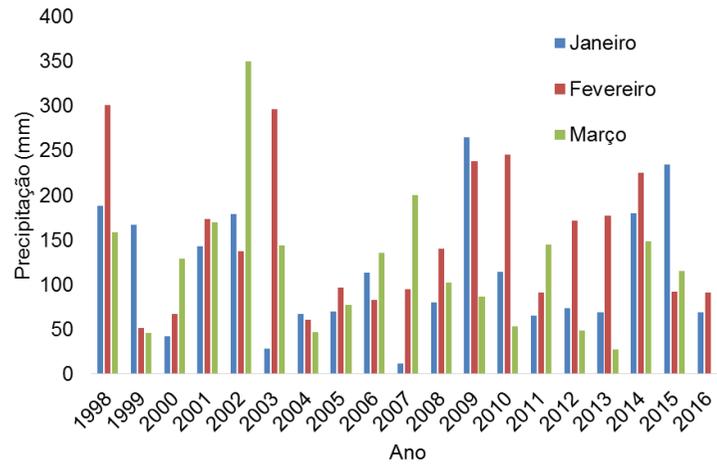


Figura 8 – Precipitação mensal para o período de janeiro a março, monitorada no canal São Gonçalo, Pelotas-RS.

Figura 9 - Precipitação mensal para o período de abril a junho, monitorada no canal São Gonçalo, Pelotas-RS.

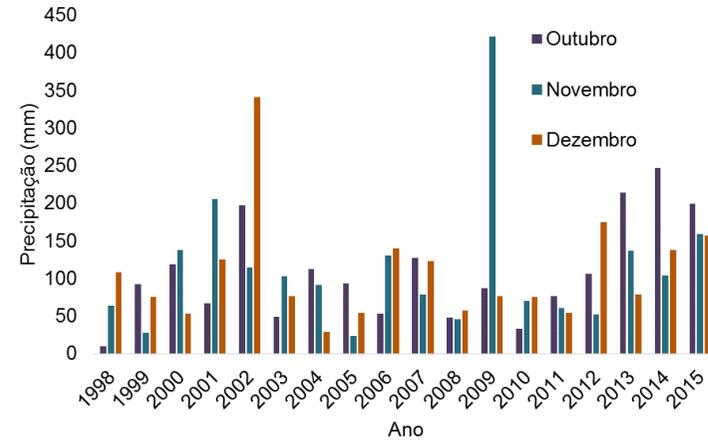
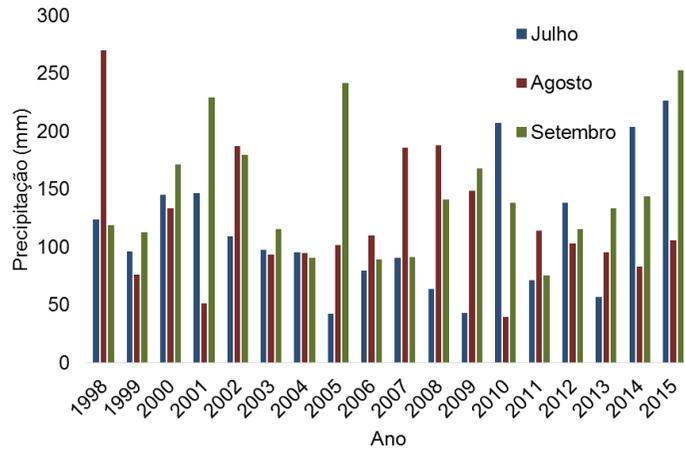


Figura 10 - Precipitação mensal para o período de julho a setembro, monitorada no canal São Gonçalo, Pelotas-RS.

Figura 11 - Precipitação mensal para o período de outubro a dezembro, monitorada no canal São Gonçalo, Pelotas-RS.

Observando as Figuras 8 a 11, os meses com maiores valores precipitados em média, foram, por classificação decrescente: fevereiro (152,34 mm), setembro (144,83 mm), maio (131,41 mm) e junho (125,79 mm). Esses resultados destoam em parte dos encontrados por Simon e Silva (2015), onde os autores encontraram que os meses de janeiro, fevereiro e julho foram os mais chuvosos para a mesma região de estudo.

As chuvas mostraram-se distribuídas de forma semelhante ao longo do ano, corroborando, em parte, com os resultados de Blain et al. (2009).

Teixeira-Gandra et al. (2015) encontraram que na região sul, a distribuição da precipitação média mensal mostra-se regular, oscilando entre 115,28 e 153,36 mm, para os meses de novembro e setembro, respectivamente. Neste trabalho os valores encontrados foram muito semelhantes, em que os valores da precipitação média mensal para o meses de novembro e setembro foram 112,42 e 144,83 mm, respectivamente.

### 6.3 Distribuição das séries históricas de velocidades do vento

As Figuras 12 e 13 apresentam o comportamento dos valores médios mensais anuais para a velocidade média do vento à 2 m de altura.

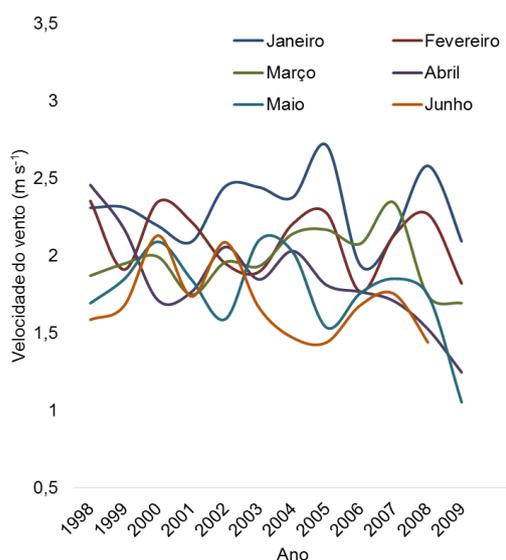


Figura 12 - Valores médios mensais de velocidade média do vento à 2 m de altura VMéd2 ( $m s^{-1}$ ), nos meses de janeiro a junho.

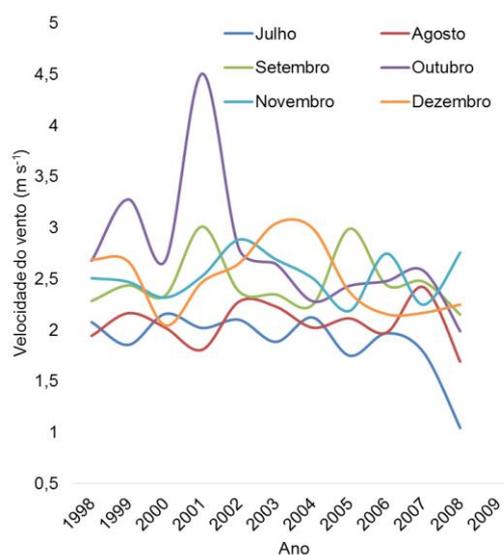


Figura 13 - Valores médios mensais de velocidade média do vento à 2 m de altura VMéd2 ( $m s^{-1}$ ), nos meses de julho a dezembro.

Observa-se, que em geral, os valores de velocidade do vento à 2 m de altura, permanecem, em média, entre  $1,5$  a  $3 m s^{-1}$ . O maior pico ocorre no mês de outubro do ano de 2001, enquanto os menores valores foram nos anos de 2008 e 2009, para quais os meses de julho e maio, respectivamente (Figura 12 e Figura 13).

As Figuras 14 e 15 apresentam o comportamento dos valores médios mensais anuais para a velocidade média do vento à 7 m de altura.

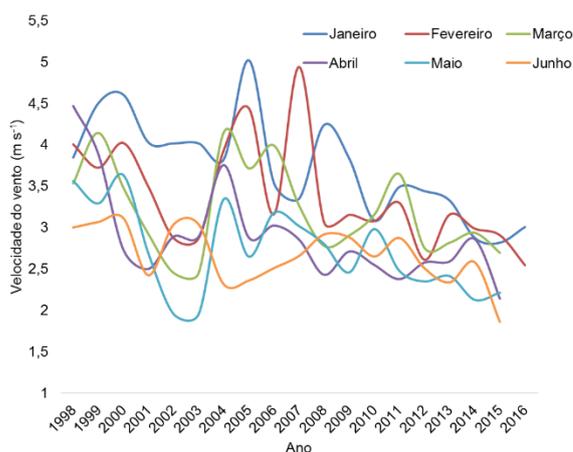


Figura 14 - Valores médios mensais de velocidade média do vento à 7 m de altura VMéd2 ( $\text{m s}^{-1}$ ), nos meses de janeiro a junho.

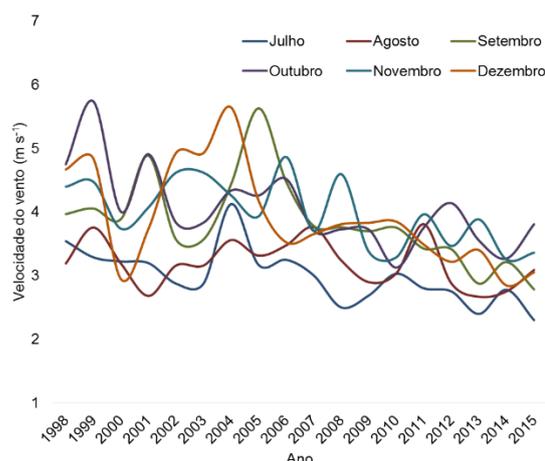


Figura 15 - Valores médios mensais de velocidade média do vento à 7 m de altura VMéd2 ( $\text{m s}^{-1}$ ), nos meses de julho a dezembro.

Nas Figuras 14 e 15, verifica-se que a partir do ano de 2009 até fevereiro de 2016, estes apresentam menor variabilidade, quando comparados ao período de início da análise (2008).

As Figuras 16 e 17 apresentam o comportamento dos valores médios mensais anuais para a velocidade máxima do vento.

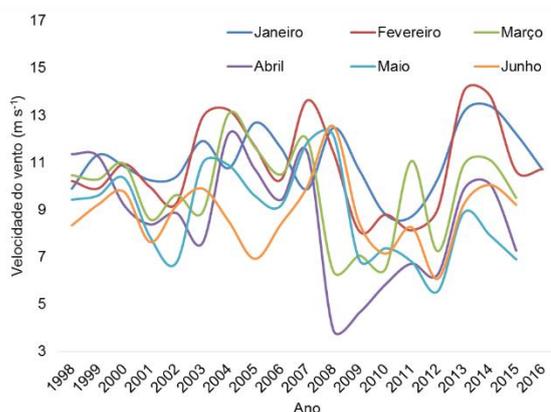


Figura 16 - Valores médios mensais de velocidade máxima VMáx ( $\text{m s}^{-1}$ ), nos meses de janeiro a junho.

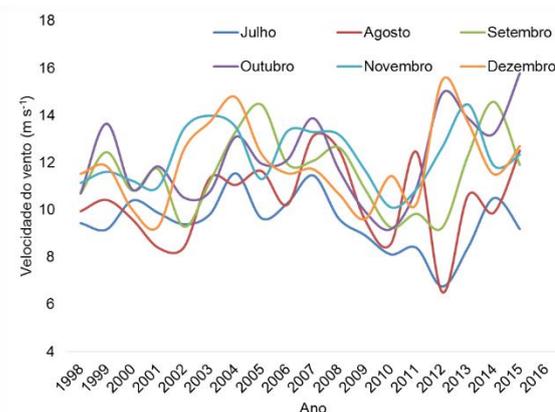


Figura 17 - Valores médios mensais de velocidade máxima VMáx ( $\text{m s}^{-1}$ ), nos meses de julho a dezembro.

Ao observar as Figuras 16 e 17, a qual apresenta os valores médios da velocidade máxima do vento, no período de início ao final da representação gráfica,

nota-se um aumento da variação dos valores observados. Da mesma forma que, em geral, os valores reduzem ao longo do tempo.

#### 6.4 Séries históricas de direção do vento

Tabela 1 – Percentual de ocorrência das direções do vento nas séries VMáx, VMéd2 e VMéd7.

	Percentual da DVM na série VMáx (%)	Percentual da DPV na série VMéd2 (%)	Percentual da DPV na série VMéd7 (%)
Nordeste	17,39	24,66	27,05
Sudoeste	24,19	22,60	24,70
Leste	13,10	18,22	13,44
Noroeste	2,08	2,40	2,47
Sudeste	9,17	8,49	10,88
Sul	15,81	15,21	13,65
Norte	5,15	3,08	4,05
Oeste	13,10	5,34	3,75

DVM: direção do vento na velocidade máxima; DPV: direção predominante do vento.

A direção predominante do vento foi relacionada com as séries VMéd2 e VMéd7, e a direção do vento na velocidade máxima foi relacionada com a série VMáx.

Analisando a frequência direcional dos ventos descritos na série VMéd2, observou-se que os ventos que possuem maior ocorrência na série de dados de velocidade do vento à 2 m, foi o nordeste (24,7% da ocorrência das direções), sudoeste (22,6%) e leste (18,2%), respectivamente. Tal fato corrobora com o descrito por Tomazzeli (1993), onde o autor aponta que o vento dominante provém da direção nordeste e o vento de direção oeste-sudoeste, secundário (Tabela 1).

Em relação a série de dados da série VMéd7, verificou-se a mesma tendência que as direções do vento na série VMéd2, com predominância de ventos oriundos da direção nordeste, sudoeste, respectivamente. A diferença entre as duas séries, dá-se na terceira velocidade com maior frequência, que neste caso foi a de direção sul, diferindo da encontrada na série VMéd2, leste. Esses resultados também corroboram com os descritos por Tomazzeli (1993) (Tabela 1).

Por fim, na série VMáx, os ventos predominantes na série de dados são, em escala decrescente, o sudoeste, nordeste e sul, respectivamente. Comparando com

os ventos predominantes nas séries anteriores (VMéd2 e VMéd7), verificou-se a inversão da direção com maior frequência, de sudoeste para nordeste (Tabela 1).

Após os dados serem analisados graficamente, foi realizado o mesmo procedimento levando em consideração alguns deles em conjunto. Para isso, foram construídos diversos gráficos entre todas as variáveis estudadas, porém, será apresentado somente um no decorrer do texto. No apêndice desta, estão apresentados as séries diárias das variáveis precipitação, níveis d'água, VMéd2, VMéd7 e VMáx para o período analisado.

Desta forma, na Figura 18, são apresentados os índices de precipitação diária e nível médio diário para o canal São Gonçalo, no período de janeiro de 1998 a fevereiro de 2016.

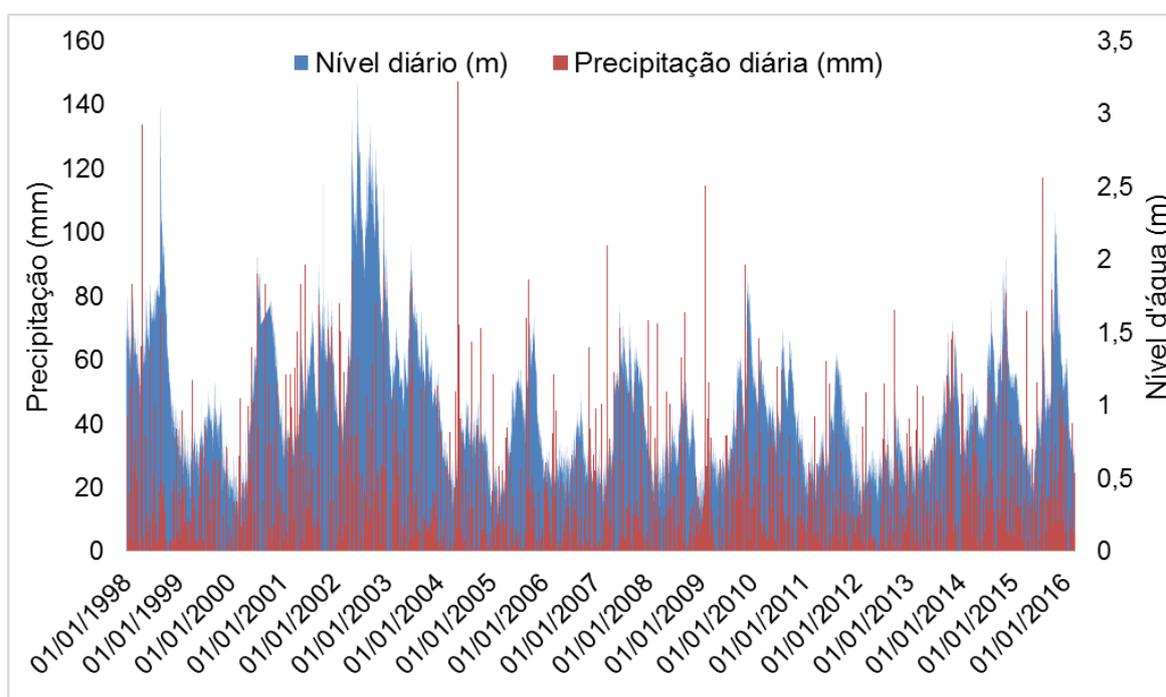


Figura 18 - Índices de precipitação diária e nível médio diário para o canal São Goi compreendendo o período de janeiro de 1998 a fevereiro de 2016.

A partir da Figura 18, foi possível detectar padrões de comportamento, como os períodos de estiagem e precipitações intensas, assim como períodos de elevações e decréscimos dos níveis d'água à jusante do canal São Gonçalo.

Observa-se que a variação pluvial e a oscilação dos níveis d'água não ocorrem simultaneamente, significando que um evento de precipitação não gera, de maneira imediata, uma elevação do nível do canal São Gonçalo.

Gouvêa (2009) realizou uma análise estatística da influência da precipitação e de características do solo na variação dos níveis d'água em área de recarga do aquífero Guarani. Como metodologia, analisou a correlação entre os níveis de doze poços e precipitação, em uma bacia hidrográfica com área de 65 km<sup>2</sup>, e também apontou para uma possível defasagem entre os eventos analisados.

Cabe ressaltar que o canal São Gonçalo está inserido em uma bacia hidrográfica de aproximadamente 25.000 km<sup>2</sup>, representando uma área de entorno de 400 vezes maior do que a analisada por Gouvêa (2009). Em se tratando dessa diferença entre ambientes, os processos na bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo são altamente complexos. Portanto todas as variáveis do ciclo hidrológico, as quais não foram consideradas nesta dissertação, como a evapotranspiração, infiltração, dentre outras, o que provavelmente influenciaram bastante no processo de defasagem entre a oscilação dos níveis e precipitação. Outro fato a ser considerado, é que a bacia hidrográfica na qual o canal está inserido, por ser de grande área, torna-se receptora de vários tributários, inclusive de regiões transfronteiriças, uma vez que as águas da Lagoa Mirim banham o Uruguai e o Brasil. Sendo assim, a precipitação que ocorre em um tributário pode não ter sido monitorada na estação de estudo, enquanto seu nível pode sim ter sido observado no local de estudo, colaborando para que períodos de defasagem sejam sentidos.

Nesse sentido, Moon et al. (2003) destacaram que o histórico de precipitações e a altura influenciam grandemente no processo de recarga. No entanto, a dificuldade em se estimar as taxas de recarga em um aquífero encontra-se na incerteza de alguns parâmetros do balanço hídrico. Completa que a dificuldade na estimativa dessa taxa em aquíferos livres é agravada pelo fato de, em geral, haver uma maior lentidão nas respostas aos fenômenos de precipitação, não podendo-se definir, imediatamente após um evento de precipitação, a taxa de recarga produzida. Da mesma maneira, Barreto (2006) ressalta que os processos de recarga em aquíferos livres são complexos, uma vez que não há uma ligação direta entre os fenômenos. Essa dinâmica envolve os fluxos de água na zona não-saturada, que está sujeita a evapotranspiração e aos fluxos subsuperficiais. Destaca que a taxa de infiltração depende de muitos parâmetros que são variáveis no tempo e espaço.

## 6.5 Regressões lineares múltiplas e simples

No lado esquerdo estão os resultados referentes às regressões múltiplas, no meio, os resultados referentes às regressões simples (nível x precipitação), e no lado direito, referentes às regressões simples (nível x velocidades do vento).

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes as regressões lineares múltiplas e simples para a direção de vento norte. São apresentados os resultados dos valores de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), significância dos coeficientes, coeficientes de correlação e determinação e estatística tabelada  $\alpha=(5\%)$  t de Student para os coeficientes angulares.

Tabela 2 - Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ ) e ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento norte.

	RLM ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ )				RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ )	RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ )			
	P e VMéd2	P e VMéd7	P e VMéd7 (sub amostra V)	P e VMáx	P	VMéd2	VMéd7	VMéd7 (sub amostra V)	VMáx
$\beta_0$	0,541	0,708	0,225	1,042	0,781	0,623	0,800	0,209	1,082
$\beta_1$	0,007	0,007	0,004	0,005	0,008	0,212	0,046	0,159	0,003
$\beta_2$	0,147	0,023	0,132	-0,002	-	-	-	-	-
t( $\beta_0$ )	2,550	5,935	0,847	9,560	13,236	2,832	6,344	0,802	9,912
t( $\beta_1$ )	2,541	3,972	1,996	2,467	4,159	2,128	1,290	2,923	0,411
t( $\beta_2$ )	1,486	0,704	2,356	-0,208	-	-	-	-	-
p( $\beta_0$ )	0,015	0,000	0,404	0,000	0,000	0,007	0,000	0,428	0,000
p( $\beta_1$ )	0,015	0,000	0,055	0,015	0,000	0,039	0,200	0,006	0,682
p( $\beta_2$ )	0,145	0,483	0,025	0,835	-	-	-	-	-
r	0,472	0,402	0,537	0,217	0,396	0,309	0,133	0,448	0,036
R <sup>2</sup> ajust.	0,222	0,161	0,288	0,047	0,156	0,095	0,017	0,200	0,001
"t" tab (5%)	2,01	1,98	2,03	1,97	1,98	2,01	1,98	2,03	1,97

RLM: regressão linear múltipla; RLS: regressão linear simples;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear; probabilidade: 5%; r: coeficiente de correlação, t: estatística de Student.

Ao observar os resultados das regressões lineares múltiplas (Tabela 2), a maioria dos coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ) obtiveram valores positivos, com exceção do coeficiente angular da regressão entre nível, P e VMáx, indicando uma relação inversa entre as variáveis estudadas. Em relação aos resultados referentes ao teste estatístico t de Student das regressões lineares múltiplas, os mesmos indicam que os coeficientes angulares ( $\beta_2$ ) representantes de VMéd2, VMéd7 e VMáx, em sua maioria foram significantes, uma vez que, tiveram aceitas as suas hipóteses de nulidade ( $H_0$ ). Ressalta-se a importância da realização da análise de regressão linear simples, com a separação das variáveis, para assim, determinar a significância de cada uma das variáveis estudadas. Todos os coeficientes de correlação apresentaram valores positivos nas regressões múltiplas.

Observando os resultados referentes à regressão linear simples entre h e P, o coeficiente angular ( $\beta_1$ ) obteve valor positivo porém baixo, (0,008). Indicando uma correlação baixa entre as variáveis para a direção de vento norte. Pelo teste t de Student, a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) foi rejeitada, ao nível de 5% de significância, confirmando que não há correlação linear.

Para as regressões lineares simples entre h e velocidades do vento, todos os coeficientes angulares ( $\beta_1$ ) foram positivos, indicando correlação positiva entre as variáveis estudadas. Apenas as regressões com VMéd7 e VMáx obtiveram aceitação da  $H_0$ , ao nível de 5%, indicando uma correlação linear entre essas variáveis. As demais regressões, tiveram suas  $H_0$  rejeitadas, apontando para a inexistência de correlação linear entre nível e as respectivas variáveis analisadas. Os maiores valores de coeficiente de correlação (r) foram encontrados quando uma sub amostra de VMéd7, oscilando entre 3,6 a 8 m s<sup>-1</sup>, foi selecionada.

Em relação aos coeficientes de correlação linear de Pearson apresentados na Tabela 2, os melhores resultados, ou seja, os maiores valores foram encontrados, quando a VMéd7 (sub amostra V) foi analisada. Esse resultado indica que, quando os valores de velocidade do vento à 7 metros permanecem no intervalo de 3,6 a 8 m s<sup>-1</sup>, seja na regressão simples ou múltipla, as variáveis analisadas mostraram melhor relacionamento linear, em comparação às outras regressões. O valor de r foi considerado o melhor para a direção norte, porém, para Cohen (1988), esses valores representam uma correlação média.

As equações geradas a partir das regressões lineares simples e múltiplas, para a direção de vento norte, estão apresentadas na Tabela 3. Assim como a precisão dos modelos gerados para a direção de vento norte, através da aplicação do índice de erro relativo médio quadrático, está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados para a direção norte.

Regressões	Equações	RMS
P e VMéd2	$h=0,5412+0,0073*P+0,1471*V$	0,81
P e VMéd7	$h=0,7083+0,0074*P+0,0234*V$	0,67
P e VMéd7 (sub amostra V)	$h=0,2254+0,0044*P+0,1320*V$	0,46
P e VMáx	$h=1,0421+0,0054*P-0,0017*V$	0,69
P	$h=0,7812+0,0076*P$	0,68
VMéd2	$h=0,6229+0,2119*V$	0,97
VMéd7	$h=0,7997+0,0455*V$	0,76
VMéd7 (sub amostra V)	$h=0,2091+0,1594*V$	0,51
VMáx	$h=1,0815+0,0034*V$	0,71

RMS: Erro Relativo Médio Quadrático.

Ao observar os resultados de RMS das regressões lineares múltiplas (Tabela 3), os maiores valores foram obtidos quando a VMéd2 foi analisada, apontando a maior concordância entre os dados observados e o modelados, em relação às outras regressões múltiplas realizadas. Por sua vez, o menor valor de RMS, (0,460) foi obtido através da seleção da sub amostra da VMéd7.

Para as regressões lineares simples entre h e velocidades do vento (Tabela 3), os menores valores de RMS foram encontrados quando uma sub amostra de VMéd7, oscilando entre 3,6 a 8 m s<sup>-1</sup>, foi selecionada.

Ao analisar todos os resultados da Tabela 3, de todas as regressões, verifica-se que os menores valores de erro relativo médio quadrático (RMS) foram encontrados quando a VMéd7 (sub amostra V) foi analisada. Demonstrando que, quando os valores de velocidade do vento à 7 metros de altura oscilam entre 3,6 a 8 m s<sup>-1</sup>, o grau de precisão do modelo de regressão é maior quando comparado às outras regressões analisadas para esta direção.

Para a direção de vento sul, a Tabela 4 apresenta os resultados referentes as regressões lineares múltiplas e simples para a direção de vento sul. São apresentados os resultados dos valores de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ),

significância dos coeficientes, coeficientes de correlação e determinação e estatística tabelada  $\alpha=(5\%)$  t de Student para os coeficientes angulares.

Tabela 4 - Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ ) e ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento sul.

	RLM ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ )				RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ )		RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ )			
	P e VMéd2	P e VMéd7	P e VMéd7 (sub amostra P)	P e VMáx	P	P (sub amostra P)	VMéd2	VMéd7	VMáx	VMáx (sub amostra V)
$\beta_0$	0,916	0,981	0,614	0,960	1,022	0,750	0,939	1,012	0,965	2,545
$\beta_1$	0,003	0,003	0,011	0,001	0,003	0,008	0,076	0,013	0,001	-0,062
$\beta_2$	0,070	0,012	-0,029	0,000	-	-	-	-	-	-
$t(\beta_0)$	10,056	13,556	1,275	17,427	33,200	4,647	10,433	14,336	17,611	3,756
$t(\beta_1)$	1,571	1,860	1,903	1,004	1,869	2,282	1,898	0,656	0,251	-2,434
$t(\beta_2)$	1,730	0,637	-0,397	0,038	-	-	-	-	-	-
$p(\beta_0)$	0,000	0,000	0,227	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
$p(\beta_1)$	0,118	0,064	0,081	0,316	0,063	0,028	0,059	0,512	0,802	0,033
$p(\beta_2)$	0,085	0,525	0,698	0,970	-	-	-	-	-	-
r	0,164	0,110	0,510	0,052	0,104	0,351	0,127	0,037	0,013	0,592
$R^2$ ajust.	0,026	0,012	0,259	0,002	0,010	0,123	0,016	0,001	0,002	0,3501
"t" tab (5%)	1,97	1,96	1,90	1,96	1,96	2,02	1,97	1,96	1,96	2,20

RLM: regressão linear múltipla; RLS: regressão linear simples;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear; Probabilidade: 5%; r: coeficiente de correlação, RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; t: estatística de Student.

Ao observar os resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 4), a maioria dos coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), mesmo que baixos, comportaram-se positivamente, indicando associação positiva entre as variáveis estudadas. Com exceção do coeficiente angular representante da precipitação na regressão realizada entre P e VMéd7 (sub amostra P), todas as  $H_0$  foram aceitas, indicando correlação linear e significativa entre todas as variáveis estudadas. Percebe-se que o menor coeficiente de correlação ( $r$ ), foi encontrado entre P e VMáx, por ser positivo e próximo a zero, aponta que essas variáveis estão relacionadas linearmente em níveis baixos, porém positivamente.

Ao analisar os resultados das regressões lineares simples entre P e h, ambos coeficientes angulares mantiveram-se baixos, porém positivos. Em relação ao teste t de Student, a  $H_0$  para a regressão entre nível e precipitação, com seleção da amostra total foi aceita, ao nível de 5%, ou seja, evidencia que há correlação linear entre as variáveis. Já quando uma sub amostra de precipitação foi selecionada, a  $H_0$  foi rejeitada, indicando que não existe correlação linear entre os valores de precipitação (23,4 a 87,4 mm) e nível,  $\alpha=5\%$  de significância.

Analisando os resultados referentes às regressões lineares simples entre h e velocidades do vento, a maioria dos coeficientes angulares mostraram-se positivos, com exceção da regressão realizada com a seleção de uma sub amostra de VMáx. Em relação aos resultados de teste estatístico t de Student, apenas uma  $H_0$  foi rejeitada, a presente na regressão VMáx (sub amostra V), esse resultado indica que a sub amostra de VMáx não mantém relação significativa com o nível.

Para a direção de vento sul, após a observação de todos os resultados (Tabela 4), pelo teste estatístico t de Student, somente não existiu regressão linear significativa quando sub amostras foram selecionadas.

As equações geradas a partir das regressões lineares simples e múltiplas, para a direção de vento sul, estão apresentadas na Tabela 5. Assim como a precisão dos modelos gerados para a direção de vento sul, através da aplicação do índice de erro relativo médio quadrático, está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados para a direção sul.

Regressões	Equações	RMS
P e VMéd2	$h=0,9157+0,0032*P+0,0697*V$	0,65
P e VMéd7	$h=0,9808+0,0031*P+0,0121*V$	0,59
P e VMéd7 (sub amostra P)	$h=0,6143+0,0109*P-0,0286*V$	0,35
P e VMáx	$h=0,9595+0,0014*P+0,0001*V$	0,61
P	$h=1,0224+0,0031*P$	0,59
P (sub amostra P)	$h=0,7499+0,0080*P$	0,57
VMéd2	$h=0,9389+0,0763*V$	0,66
VMéd7	$h=1,0123+0,0125*V$	0,60
VMáx	$h=0,9654+0,0010*V$	0,61
VMáx (sub amostra V)	$h=2,5445-0,0615*V$	0,37

RMS: Erro Relativo Médio Quadrático.

Ao observar os resultados referentes ao RMS das regressões lineares múltiplas (Tabela 5), os menores valores foram encontrados na regressão realizada com a sub amostra de P.

A Tabela 6 apresenta os resultados referentes as regressões lineares múltiplas e simples para a direção de vento leste. São apresentados os resultados dos valores de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), significância dos coeficientes, coeficientes de correlação e determinação e estatística tabelada  $\alpha=(5\%)$  t de Student para os coeficientes angulares.

Tabela 6 - Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ ) e ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento leste.

	RLM ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ )					RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ )	RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ )				
	P e VMéd2	P e VMéd2 (sub amostra V)	P e VMéd7	P e VMáx	P e VMáx (sub amostra V)	P	VMéd2	VMéd7	VMéd7 (sub amostra V)	VMáx	VMáx (sub amostra V)
$\beta_0$	0,876	1,656	0,979	0,957	0,734	1,010	0,879	0,987	0,555	0,941	0,375
$\beta_1$	0,000	0,010	0,001	0,003	-0,004	0,001	0,062	0,009	0,077	0,004	0,039
$\beta_2$	0,062	-0,099	0,008	0,000	0,027	-	-	-	-	-	-
$t(\beta_0)$	10,726	0,382	14,569	13,151	0,689	30,607	10,923	14,800	1,962	12,983	0,356
$t(\beta_1)$	0,212	0,608	0,889	1,815	-1,283	0,954	2,088	0,620	1,992	0,576	0,767
$t(\beta_2)$	2,070	-0,133	0,517	-0,025	0,534	-	-	-	-	-	-
$p(\beta_0)$	0,000	0,739	0,000	0,000	0,505	0,000	0,000	0,000	0,054	0,000	0,728
$p(\beta_1)$	0,832	0,605	0,375	0,070	0,226	0,341	0,038	0,535	0,050	0,565	0,458
$p(\beta_2)$	0,039	0,906	0,606	0,980	0,604	-	-	-	-	-	-
R	0,128	0,397	0,061	0,104	0,413	0,054	0,127	0,035	0,238	0,032	0,216
$R^2$ ajust.	0,016	0,157	0,003	0,01	0,170	0,002	0,016	0,001	0,056	0,001	0,046
"t" tab (5%)	1,96	3,18	1,96	1,96	2,17	1,96	1,96	1,96	1,99	1,96	2,17

RLM: regressão linear múltipla; RLS: regressão linear simples;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear; Probabilidade: 5%; r: coeficiente de correlação, RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; t: estatística de Student.

Analisando os resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 6), a maioria dos coeficientes angulares representantes da precipitação ( $\beta_1$ ), mantiveram-se positivos, estabelecendo uma relação positiva entre as variáveis. Os coeficientes angulares representantes das velocidades do vento,  $\beta_2$ , mostraram-se mais negativos do que  $\beta_1$ , evidenciando relação inversa entre as variáveis. Em relação ao teste estatístico t de Student, verifica-se que apenas na regressão entre h, P e VMéd2, o coeficiente  $\beta_2$  rejeitou a hipótese de nulidade, indicando que não há correlação linear significativa, para o coeficiente angular representante da VMéd2, ao nível de 5% de significância, entre as variáveis estudadas, uma vez que a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) foi rejeitada. O maior valor de coeficiente de correlação (r) foi encontrado para P e VMáx (sub amostra V), e o menor, para a regressão P e VMéd7.

Em relação aos resultados da regressão linear simples entre h e P (Tabela 6), a  $H_0$  foi aceita, ao nível de 5% de significância, indicando que o nível e a precipitação mantêm uma correlação linear.

Na regressão simples entre h e velocidades do vento (Tabela 6), todos os coeficientes angulares obtiveram valores positivos, mesmo que baixos. Pelo teste estatístico t de Student, a maioria das hipóteses de nulidade, nas regressões realizadas com VMéd7, VMáx e VMáx (sub amostra V), foram aceitas, indicando que as variáveis mantiveram uma correlação linear. Em relação aos valores de coeficientes de correlação (r), o maior valor foi encontrado em VMéd7 (sub amostra V), e o menor, VMáx.

Para a direção de vento leste, observados todos os resultados da Tabela 6, amparados pelo teste estatístico t de Student e significância dos coeficientes, a maioria das regressões mostraram-se significantes, e por consequência, apontaram correlação positiva entre as variáveis. A VMéd2 e VMéd7 (sub amostra V) mostraram-se insignificantes estatisticamente.

As equações geradas a partir das regressões lineares simples e múltiplas, para a direção de vento leste, estão apresentadas na Tabela 7. A precisão dos modelos gerados para a direção de vento leste, através da aplicação do índice de erro relativo médio quadrático, está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados para a direção leste.

Regressões	Equações	RMS
P e VMéd2	$h=0,8763+0,0003*P+0,0616*V$	0,65
P e VMéd2 (sub amostra V)	$h=1,6557+0,0103*P-0,0989*V$	0,23
P e VMéd7	$h=0,9793+0,0014*P+0,0075*V$	0,63
P e VMáx	$h=0,9566+0,0031*P-0,0001*V$	0,61
P e VMáx (sub amostra V)	$h=0,7340-0,0038*P+0,0271*V$	0,36
P	$h=1,0095+0,0014*P$	0,63
VMéd2	$h=0,8791+0,0621*V$	0,66
VMéd7	$h=0,9867+0,0091*V$	0,64
VMéd7 (sub amostra V)	$h=0,5545+0,0769*V$	0,58
VMáx	$h=0,9407+0,0035*V$	0,62
VMáx (sub amostra V)	$h=0,3754+0,0393*V$	0,40

RMS: Erro Relativo Médio Quadrático.

Observando os resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 7), a regressão que apresentou maior grau de precisão, através do menor valor de RMS, foi a P e VMéd2 (sub amostra V).

Na regressão simples entre h e velocidades do vento (Tabela 7), o modelo de regressão que apresentou maior grau de precisão, através do menor valor de RMS, foi VMáx (sub amostra V).

A Tabela 8 apresenta os resultados referentes as regressões lineares múltiplas e simples para a direção de vento oeste. São apresentados os resultados dos valores de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), significância dos coeficientes, coeficientes de correlação e determinação e estatística tabelada  $\alpha=(5\%)$  t de Student para os coeficientes angulares.

Tabela 8 - Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ ) e ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento oeste.

	RLM ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ )				RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ )	RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ )			
	P e VMéd2	P e VMéd7	P e VMáx	P e VMáx (sub amostra V)	P	VMéd2	VMéd7	VMáx	VMáx (sub amostra V)
$\beta_0$	1,259	1,154	0,961	0,734	1,057	1,260	1,157	0,944	0,375
$\beta_1$	0,000	0,000	0,003	-0,004	0,001	-0,056	-0,020	0,003	0,039
$\beta_2$	-0,056	-0,020	-0,001	0,027	-	-	-	-	-
$t(\beta_0)$	7,875	7,845	13,231	0,689	14,795	7,971	8,336	13,046	0,356
$t(\beta_1)$	0,039	0,063	1,899	-1,283	0,091	-1,146	-0,760	0,513	0,767
$t(\beta_2)$	-1,123	-0,753	-0,116	0,534	-	-	-	-	-
$p(\beta_0)$	0,000	0,000	0,000	0,505	0,000	0,000	0,000	0,000	0,728
$p(\beta_1)$	0,969	0,950	0,058	0,226	0,927	0,256	0,449	0,608	0,458
$p(\beta_2)$	0,265	0,454	0,908	0,604	-	-	-	-	-
r	0,130	0,082	0,108	0,413	0,010	0,130	0,082	0,028	0,216
$R^2$ ajust.	0,017	0,006	0,011	0,170	0,000	0,017	0,006	0,000	0,046
"t" <sub>tab</sub> (5%)	1,99	1,98	1,96	2,17	1,98	1,99	1,98	1,96	2,17

RLM: regressão linear múltipla; RLS: regressão linear simples;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear; Probabilidade: 5%; r: coeficiente de correlação, RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; t: estatística de Student.

Analisando os resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 8), os coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ) mantiveram-se divididos quanto ao sinal, apresentando relações inversas entre as variáveis, quando negativos, e relações positivas, quando apontados valores positivos. Em relação ao teste estatístico t de Student, todas as  $H_0$  formuladas para as regressões lineares múltiplas foram aceitas, evidenciando a correlação linear, entre todas as variáveis estudadas nessas regressões. O maior valor de r obtido foi encontrado em P e VMáx (sub amostra V).

Em relação aos resultados referentes a regressão linear simples entre nível (h) e precipitação (P) (Tabela 8), foi encontrado que essas variáveis mantêm correlação linear e significativa, através da aceitação da  $H_0$ , ao nível de 5% de significância, do teste estatístico t de Student.

Em relação às regressões simples entre h e velocidades do vento (Tabela 8), em todas as regressões as  $H_0$  foram aceitas, indicando que as diferentes velocidades do vento e o nível mantêm correlação linear.

As equações geradas para a direção de vento oeste através da metodologia de regressão linear simples e múltipla, e a precisão dos modelos ajustados, estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção oeste.

Regressões	Equações	RMS
P e VMéd2	$h=1,2589+0,0002*P-0,0559*V$	0,74
P e VMéd7	$h=1,1542+0,0003*P-0,0202*V$	0,70
P e VMáx	$h=0,9608+0,0032*P-0,0007*V$	0,61
P e VMáx (sub amostra V)	$h=0,7340-0,0038*P+0,0271*V$	0,36
P	$h=1,0574+0,0005*P$	0,70
VMéd2	$h=1,2595-0,0555*V$	0,74
VMéd7	$h=1,1571-0,0202*V$	0,70
VMáx	$h=0,9439+0,0032*V$	0,61
VMáx (sub amostra V)	$h=0,3754+0,0393*V$	0,40

RMS: Erro Relativo Médio Quadrático.

Analisando os resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 9), o menor valor de RMS, representando maior grau de precisão do modelo de regressão, também foi encontrado para P e VMáx (sub amostra V).

Para a direção de vento nordeste, a Tabela 10 apresenta os resultados referentes as regressões lineares múltiplas e simples. São apresentados os resultados

dos valores de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), significância dos coeficientes, coeficientes de correlação e determinação e estatística tabelada  $\alpha=(5\%)$  t de Student para os coeficientes angulares.

Tabela 10 - Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$  e  $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento nordeste.

	RLM ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ )						RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ )		RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ )			
	P e VMéd2	P e VMéd2 (sub amostra P)	P e VMéd7	P e VMéd7 (sub amostra P)	P e VMáx	P e VMáx (sub amostra P)	P	P (sub amostra P)	VMéd2	VMéd7	VMáx	VMáx (sub amostra V)
$\beta_0$	0,828	1,087	0,861	1,135	0,865	0,501	0,995	1,356	0,830	0,871	0,865	0,654
$\beta_1$	0,000	-0,004	0,001	-0,003	-0,001	0,001	0,001	-0,003	0,097	0,038	0,015	0,055
$\beta_2$	0,097	0,142	0,038	0,047	0,015	0,027	-	-	-	-	-	-
$t(\beta_0)$	12,943	1,450	20,337	2,360	14,437	1,618	41,570	3,121	13,744	21,689	14,437	3,496
$t(\beta_1)$	0,097	-0,371	0,710	-0,474	-0,621	0,453	0,830	-0,585	4,167	3,819	3,186	1,474
$t(\beta_2)$	4,160	0,874	3,792	0,798	3,234	2,065	-	-	-	-	-	-
$p(\beta_0)$	0,000	0,175	0,000	0,026	0,000	0,121	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,001
$p(\beta_1)$	0,923	0,718	0,478	0,639	0,535	0,655	0,407	0,572	0,000	0,000	0,002	0,145
$p(\beta_2)$	0,000	0,401	0,000	0,432	0,001	0,051	-	-	-	-	-	-
r	0,215	0,283	0,153	0,215	0,153	0,411	0,033	0,182	0,215	0,150	0,150	0,179
$R^2$ ajust.	0,046	0,08	0,023	0,046	0,023	0,168	0,001	0,033	0,046	0,022	0,022	0,031
"t" <sub>tab</sub> (5%)	1,96	2,17	1,96	2,05	1,96	2,07	1,96	2,22	1,96	1,96	1,96	1,99

RLM: regressão linear múltipla; RLS: regressão linear simples;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear; Probabilidade: 5%; r: coeficiente de correlação, RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; t: estatística de Student.

Em relação aos resultados das regressões lineares múltiplas (Tabela 10), a maioria dos coeficientes angulares representantes da P ( $\beta_1$ ) mantiveram-se negativos, evidenciando relação inversa entre as variáveis analisadas. Já os representantes das velocidades do vento ( $\beta_2$ ), apresentaram relações positivas em todas as regressões. Já pelo teste estatístico t de Student, existiu correlação linear entre as variáveis, através da aceitação da H0 ao nível de 5%, em todas as regressões realizadas com a seleção de sub amostras, e nos  $\beta_1$  (representantes da P) nas regressões com amostra total. Tal resultado demonstra que as velocidades do vento, quando analisadas em conjunto com a precipitação, apenas influenciam os níveis do canal São Gonçalo, quando selecionadas sub amostras de P. O maior valor de coeficiente de correlação foi encontrado para a regressão (P e VMáx (sub amostra P)).

Em relação aos resultados das regressões lineares simples entre h e P (Tabela 10), nas duas regressões, observa-se que existe correlação linear e significância, uma vez que as H0 foram aceitas através do teste estatístico t de Student, ao nível de significância de 5%. O maior valor de r foi encontrado para a regressão (P (sub amostra P)).

Em relação aos resultados das regressões lineares simples entre h e velocidades do vento (Tabela 10), todos os coeficientes angulares ( $\beta_1$ ) foram positivos, expressando relações positivas entre as variáveis estudadas. Pelo teste estatístico t de Student, nenhuma das regressões realizadas com a amostra total foi considerada significativa. Apenas com a seleção de uma sub amostra de V (VMáx (sub amostra V)), a regressão foi apontada como significativa, apresentando correlação linear entre as variáveis, através da aceitação da H0, ao nível de significância de 5%.

Observando todos os resultados das regressões lineares estudadas, a partir da estatística t de Student, a precipitação, com ou sem a seleção de sub amostra, influencia a oscilação dos níveis do canal. Já as velocidades do vento, influenciam quando sub amostras de P são selecionadas. Somando-se a isso, a VMáx, quando selecionada uma sub amostra de V, também influencia a dinâmica de oscilação dos níveis do canal (Tabela 10).

As equações geradas a partir das regressões e a precisão dos modelos ajustados, para a direção de vento nordeste, estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção nordeste.

Regressões	Equações	RMS
P e VMéd2	$h=0,8281+0,0001*P+0,0969*V$	0,70
P e VMéd2 (sub amostra P)	$h=1,0874-0,0036*P+0,1424*V$	0,39
P e VMéd7	$h=0,8614+0,0008*P+0,0380*V$	0,66
P e VMéd7 (sub amostra P)	$h=1,1349-0,0025*P+0,0474*V$	0,42
P e Vmáx	$h=0,8653-0,0007*P+0,0152*V$	0,63
P e VMáx (sub amostra P)	$h=0,5011+0,0012*P+0,0271*V$	0,28
P	$h=0,9946+0,0009*P$	0,67
P (sub amostra P)	$h=1,3555-0,0032*P$	0,24
VMéd2	$h=0,8301+0,0970*V$	0,70
VMéd7	$h=0,8709+0,0383*V$	0,66
VMáx	$h=0,8645+0,0145*V$	0,63
VMáx (sub amostra V)	$h=0,6544+0,0552*V$	0,56

RMS: Erro Relativo Médio Quadrático.

Em relação aos resultados das regressões lineares múltiplas (Tabela 11), o menor valor de RMS foi encontrado para a regressão (P e VMáx (sub amostra P)).

Em relação à precisão dos modelos de regressões lineares simples entre h e P (Tabela 11), o menor valor de RMS foi encontrado para a regressão (P (sub amostra P)). Analisando os resultados das regressões lineares simples entre h e velocidades do vento (Tabela 11), a regressão VMáx (sub amostra V) foi considerada com o maior grau de precisão do modelo, através do menor valor de RMS.

Para a direção de vento noroeste, a Tabela 12 apresenta os resultados referentes as regressões lineares múltiplas e simples. São apresentados os resultados dos valores de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), significância dos coeficientes, coeficientes de correlação e determinação e estatística tabelada  $\alpha=(5\%)$  t de Student para os coeficientes angulares.

Tabela 12 - Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ ) e ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento noroeste.

	RLM ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ )					RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ )	RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ )				
	P e VMéd2	P e VMéd7	P e VMéd7 (sub amostra P)	P e VMáx	P e VMáx (sub amostra V)	P	VMéd2	VMéd7	VMéd7 (sub amostra V)	VMáx	VMáx (sub amostra V)
$\beta_0$	0,736	0,747	0,887	1,035	0,255	1,002	0,720	0,775	0,859	1,037	0,365
$\beta_1$	-0,003	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,218	0,084	0,049	-0,002	0,025
$\beta_2$	0,239	0,081	0,022	-0,003	0,027	-	-	-	-	-	-
$t(\beta_0)$	3,773	4,991	3,393	5,123	0,437	12,150	3,732	5,342	6,103	5,192	0,629
$t(\beta_1)$	-0,808	0,801	0,167	0,193	1,130	0,970	2,690	2,115	1,053	-0,183	0,925
$t(\beta_2)$	2,794	2,023	0,491	-0,228	0,977	-	-	-	-	-	-
$p(\beta_0)$	0,001	0,000	0,019	0,000	0,667	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,536
$p(\beta_1)$	0,425	0,427	0,874	0,848	0,273	0,336	0,011	0,039	0,298	0,855	0,366
$p(\beta_2)$	0,009	0,048	0,644	0,821	0,341	-	-	-	-	-	-
R	0,443	0,291	0,226	0,037	0,318	0,129	0,424	0,272	0,150	0,026	0,203
$R^2$ ajust.	0,196	0,084	0,051	0,001	0,101	0,016	0,179	0,073	0,022	0,000	0,041
"t" tab (5%)	2,03	2	2,44	2	2,08	2	2,03	2	2,01	2	2,08

RLM: regressão linear múltipla; RLS: regressão linear simples;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear; Probabilidade: 5%; r: coeficiente de correlação, RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; t: estatística de Student.

Em relação aos resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 12), a maioria dos coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ) mantiveram-se positivos, expressando relações positivas entre as variáveis. Pelo teste estatístico t de Student, somente os coeficientes angulares ( $\beta_2$ ) representantes de VMéd2 e VMéd7, tiveram suas hipóteses de nulidade ( $H_0$ ) rejeitadas, ao nível de 5% de significância, para a direção de vento noroeste, expressando que não influenciam no processo de oscilação dos níveis do canal. O maior valor de r foi encontrado para P e VMéd2.

Em relação ao resultado referente à regressão linear simples entre h e P, foi encontrado que a precipitação influencia o nível do canal São Gonçalo, através da aceitação da  $H_0$ , ao nível de 5% de significância (Tabela 12).

Ao analisar os resultados das regressões lineares simples (Tabela 12), entre h e velocidades do vento, a maioria dos coeficientes angulares  $\beta_1$ , por serem positivos, apresentaram relações positivas entre as variáveis. Através do teste estatístico t de Student, é evidenciado que as velocidades do vento à 2 e 7 m altura não mantêm uma correlação linear com o nível, uma vez que as hipóteses de nulidade ( $H_0$ ), para essas duas regressões foram rejeitadas. Em contrapartida, as demais regressões (VMéd7 (sub amostra V), VMáx e VMáx (sub amostra V)) obtiveram aceitação das  $H_0$ , evidenciando que essas velocidades do vento influenciam na dinâmica de oscilação dos níveis do canal. O maior valor de coeficiente de correlação (r) foi encontrado na regressão VMéd2.

Ao observar todos os resultados apresentados na Tabela 12, para a direção de vento noroeste, a partir do teste estatístico t de Student, a precipitação influenciou o nível do canal São Gonçalo em todas as regressões realizadas. Em nenhuma das regressões analisadas a VMéd2 e VMéd7 influenciou a oscilação do nível do canal. A VMéd7 (sub amostra V), VMáx e VMáx (sub amostra V) obtiveram suas  $H_0$  aceitas, indicando que essas variáveis também influenciam no processo de oscilação dos níveis do canal.

As equações geradas a partir das regressões lineares simples e múltiplas e a precisão dos modelos ajustados, para a direção de vento noroeste, estão apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção noroeste.

Regressões	Equações	RMS
P e VMéd2	$h=0,7355-0,0031*P+0,2387*V$	0,70
P e VMéd7	$h=0,7468+0,0024*P+0,0808*V$	0,70
P e VMéd7 (sub amostra P)	$h=0,8869+0,0014*P+0,0222*V$	0,13
P e VMáx	$h=1,0351+0,0007*P-0,0030*V$	0,80
P e VMáx (sub amostra V)	$h=0,2553+0,0033*P+0,0267*V$	0,66
P	$h=1,0023+0,0030*P$	0,69
VMéd2	$h=0,7205+0,2175*V$	0,69
VMéd7	$h=0,7748+0,0838*V$	0,72
VMéd7 (sub amostra V)	$h=0,8588+0,0489*V$	0,58
VMáx	$h=1,0373-0,0023*V$	0,80
VMáx (sub amostra V)	$h=0,3650+0,0254*V$	0,66

RMS: Erro Relativo Médio Quadrático.

Em relação aos resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 13), o menor valor de RMS foi encontrado na regressão P e VMéd7 (sub amostra P), indicando maior grau de precisão do modelo de regressão.

Ao analisar os resultados das regressões lineares simples entre h e velocidades do vento (Tabela 13), o melhor grau de precisão do modelo foi observado na regressão VMéd7 (sub amostra V).

Em relação a direção do vento sudeste, a Tabela 14 apresenta os resultados referentes as regressões lineares múltiplas e simples. São apresentados os resultados dos valores de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), significância dos coeficientes, coeficientes de correlação e determinação e estatística tabelada  $\alpha=(5\%)$  t de Student para os coeficientes angulares.

Tabela 14 - Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ ) e ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento sudeste.

	RLM ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ )				RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ )	RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ )		
	P e VMéd2	P e VMéd2 (sub amostra P)	P e VMéd7	P e VMáx	P	VMéd2	VMéd7	VMáx
$\beta_0$	0,879	0,706	0,891	0,918	0,919	0,895	0,901	0,919
$\beta_1$	0,002	0,007	0,002	0,004	0,002	0,019	0,015	0,005
$\beta_2$	0,015	-0,012	0,010	0,001	-	-	-	-
$t(\beta_0)$	13,073	3,888	13,495	11,858	30,462	14,045	13,722	11,794
$t(\beta_1)$	0,754	1,297	1,339	1,945	1,440	0,754	0,714	0,707
$t(\beta_2)$	0,594	-0,624	0,485	0,112	-	-	-	-
$p(\beta_0)$	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$p(\beta_1)$	0,452	0,207	0,182	0,053	0,151	0,452	0,476	0,480
$p(\beta_2)$	0,554	0,539	0,628	0,911	-	-	-	-
r	0,096	0,274	0,095	0,135	0,090	0,068	0,045	0,046
R <sup>2</sup> ajust.	0,009	0,075	0,009	0,018	0,008	0,004	0,002	0,002
"t" <sub>tab</sub> (5%)	1,97	2,06	1,96	1,97	1,96	1,97	1,96	1,97

RLM: regressão linear múltipla; RLS: regressão linear simples;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear; Probabilidade: 5%; r: coeficiente de correlação, RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; t de Student.

Analisando os resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 14), a maioria dos coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ) manteve-se positivo, mesmo que próximos a zero. Todas as regressões tiveram como aceitas as suas hipóteses de nulidade ( $H_0$ ), ao nível de 5% de significância, indicando que todas as variáveis estudadas, contribuem para a oscilação dos níveis do canal São Gonçalo.

Em relação aos resultados da regressão linear simples entre h e P (Tabela 14), o coeficiente angular ( $\beta_1$ ) indica uma relação positiva entre as variáveis. A precipitação mantém correlação linear com o nível, uma vez que a  $H_0$  foi aceita, ao nível de 5% de significância, para a direção de vento sudeste.

Sobre os resultados referentes às regressões lineares simples entre h e velocidades do vento (Tabela 14), todos os coeficientes angulares ( $\beta_1$ ) indicaram uma relação positiva entre as variáveis estudadas. As três velocidades do vento mantém correlação linear com o nível, uma vez que as hipóteses de nulidade ( $H_0$ ) foram aceitas, ao nível de 5% de significância, para a direção de vento sudeste.

Para a direção de vento sudeste, observando todos os resultados apresentados na Tabela 14, todas as regressões apresentaram significância e correlação linear.

As equações geradas para a direção de vento sudeste, através das regressões lineares múltiplas e simples e a precisão dos modelos ajustados, estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção sudeste.

Regressões	Equações	RMS
P e VMéd2	$h=0,8789+0,0018*P+0,0151*V$	0,67
P e VMéd2 (sub amostra P)	$h=0,7057+0,0073*P-0,0121*V$	0,35
P e VMéd7	$h=0,8905+0,0022*P+0,0104*V$	0,57
P e VMáx	$h=0,9181+0,0036*P+0,0008*V$	0,60
P	$h=0,9190+0,0023*P$	0,57
VMéd2	$h=0,8948+0,0188*V$	0,66
VMéd7	$h=0,9008+0,0151*V$	0,56
VMáx	$h=0,9186+0,0051*V$	0,61

RMS: Erro Relativo Médio Quadrático.

Analisando os resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 15), o maior e menor valor de coeficiente de correlação (r) e RMS, foi encontrado na mesma regressão P e VMéd2 (sub amostra P), indicando que o melhor grau de

precisão do modelo de regressão foi encontrado na regressão que apresentou o melhor grau de associação entre as variáveis.

Para a direção de vento sudoeste, a Tabela 16 apresenta os resultados referentes as regressões lineares múltiplas e simples. São apresentados os resultados dos valores de intercepto ( $\beta_0$ ), coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), significância dos coeficientes, coeficientes de correlação e determinação e estatística tabelada  $\alpha=(5\%)$  t de Student para os coeficientes angulares.

Tabela 16 - Resultados obtidos com o ajuste linear múltiplo ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ ) e simples ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ ) e ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ ) para a direção de vento sudoeste.

	RLM ( $h = \beta_0 + \beta_1.P + \beta_2.V$ )			RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.P$ )		RLS ( $h = \beta_0 + \beta_1.V$ )		
	P e VMéd2	P e VMéd7	P e VMáx	P	P (sub amostra P)	VMéd2	VMéd7	VMáx
$\beta_0$	0,851	0,837	0,923	0,921	0,931	0,906	0,886	0,943
$\beta_1$	0,006	0,005	0,004	0,005	0,004	0,059	0,024	0,003
$\beta_2$	0,055	0,024	0,001	-	-	-	-	-
$t(\beta_0)$	12,044	19,008	17,821	38,004	6,334	13,144	21,209	18,228
$t(\beta_1)$	2,990	3,286	3,098	3,246	1,168	2,189	2,232	0,910
$t(\beta_2)$	2,076	2,290	0,300	-	-	-	-	-
$p(\beta_0)$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$p(\beta_1)$	0,003	0,001	0,002	0,001	0,246	0,029	0,026	0,363
$p(\beta_2)$	0,039	0,022	0,764	-	-	-	-	-
R	0,202	0,164	0,129	0,134	0,128	0,120	0,093	0,037
R <sup>2</sup> ajust.	0,040	0,026	0,016	0,017	0,016	0,014	0,008	0,013
"t" <sub>tab</sub> (5%)	1,96	1,96	1,96	1,96	1,98	1,96	1,96	1,96

RLM: regressão linear múltipla; RLS: regressão linear simples;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ : coeficientes linear e angulares do ajuste linear; Probabilidade: 5%; r: coeficiente de correlação, RMS: Erro Relativo Médio Quadrático; t de Student.

Sobre os resultados referentes às regressões lineares múltiplas (Tabela 16), a maioria dos coeficientes angulares ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), obtiveram as hipóteses de nulidade ( $H_0$ ) rejeitadas, indicando que não há correlação linear significativa, ao nível de 5% de significância. O único coeficiente angular que obteve a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) aceita, foi o coeficiente angular  $\beta_2$ , representando a velocidade máxima do vento. Esse resultado indica que somente a  $VM_{\text{máx}}$  influenciou a dinâmica de oscilação dos níveis do canal São Gonçalo. O maior valor de coeficiente de correlação ( $r$ ) foi encontrado na regressão  $P$  e  $VM_{\text{méd}2}$ . O menor valor de RMS, e por consequência, melhor grau de precisão do modelo de regressão, foi encontrado em  $P$  e  $VM_{\text{méd}7}$ .

Analisando os resultados obtidos através das regressões lineares simples entre  $h$  e  $P$  (Tabela 16), os coeficientes angulares mantiveram-se próximos a zero, porém positivos. O teste  $t$  de Student indicou que a precipitação, quando selecionada a sua amostra total, não mantém uma correlação linear com o nível, uma vez que a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) foi rejeitada, ao nível de 5% de significância. Entretanto, quando a sub amostra de precipitação foi selecionada (22 a 80,6 mm), essa apresentou correlação linear com o nível. Fato que demonstra que precipitações mais intensas influenciam na oscilação dos níveis do canal São Gonçalo.

Observando os resultados obtidos através das regressões lineares simples entre  $h$  e velocidades do vento (Tabela 16), os coeficientes angulares mantiveram-se próximos a zero, porém positivos. As velocidades do vento à 2 e 7 metros de altura não mantiveram uma correlação linear com o nível do canal, uma vez que as hipóteses de nulidade foram rejeitadas, ao nível de 5% de significância. Somente obteve aceitação da hipótese de nulidade ( $H_0$ ), a regressão realizada entre a velocidade máxima, mostrando-se importante na previsão dos valores de nível ajustados.

Observando todos os resultados apresentados na Tabela 16, para a direção de vento sudoeste, a velocidade máxima do vento e a precipitação, quando selecionada uma sub amostra ( $P$  (sub amostra  $P$ )), influenciaram na oscilação dos níveis do canal São Gonçalo.

As equações geradas para a direção de vento sudoeste, através das regressões lineares múltiplas e simples, assim como a precisão dos modelos ajustados, estão apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 - Equações geradas a partir da metodologia de regressão linear e precisão dos modelos ajustados, para a direção sudoeste.

Regressões	Equações	RMS
P e VMéd2	$h=0,8507+0,0063*P+0,0550*V$	0,88
P e VMéd7	$h=0,8370+0,0048*P+0,0239*V$	0,70
P e VMáx	$h=0,9228+0,0043*P+0,0010*V$	0,74
P	$h=0,9213+0,0048*P$	0,71
P (sub amostra P)	$h=0,9308+0,0044*P$	0,60
VMéd2	$h=0,9064+0,0587*V$	0,87
VMéd7	$h=0,8860+0,0235*V$	0,70
VMáx	$h=0,9429+0,0032*V$	0,73

RMS: Erro Relativo Médio Quadrático.

O maior grau de precisão foi obtido no modelagem simples entre nível e precipitação, quando uma sub amostra P foi selecionada. Em contrapartida, o menor grau de precisão foi encontrado na regressão múltipla com a VMéd2 (Tabela 17).

Após apresentar e discutir os resultados referentes a todas as direções de vento avaliadas neste trabalho (Tabelas 2 a 17), em relação aos resultados referentes ao erro relativo médio quadrático (RMS), verifica-se que, em geral, os melhores resultados (menores, e por sua vez, mais próximos de zero), foram aqueles em que sub amostras foram selecionadas. Por sua vez, os menores valores de RMS encontrados, foram, em sua grande maioria quando a velocidade do vento à 2 m foi analisada. Esses resultados foram obtidos quando a VMéd2 foi analisada, seja em regressões múltiplas ou simples.

Em relação aos resultados referentes ao coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ), ao analisar todas as direções de vento, apresentadas nas Tabelas de 2 a 17, observou-se que, em sua maioria, os melhores valores (mais próximos a 1), foram encontrados com a seleção de sub amostras em todas as direções. Destacando os valores de velocidade máxima do vento, os quais, quando oscilam entre os valores de 18,7 a 34  $m s^{-1}$ , para as direções de vento sul, leste e oeste, obtiveram os melhores resultados. Esse resultado aponta que, nesse intervalo de velocidades, para essas três direções do vento, o grau de relacionamento linear foi maior entre as variáveis estudadas. Já em relação aos menores valores de  $r$ , representando os piores valores de coeficiente de correlação linear de Pearson, em sua maioria, foram encontrados quando a velocidade máxima do vento foi estudada. Indicando que, em geral, quando

a velocidade máxima do vento foi estudada, um pequeno grau de relacionamento entre as variáveis foi observado.

Embora a dispersão dos dados seja relativamente alta, e os coeficientes  $R^2$  em geral sejam baixos, e por consequência, os valores dos coeficientes de correlação linear de Pearson ( $r$ ), deve-se lembrar que as relações mostradas são alternativas ao uso de dados de nível para o gerenciamento do canal São Gonçalo, quando não existem séries de nível disponíveis.

Naturalmente, as relações estatísticas não expressam toda a complexidade dos processos que governam a relação entre o nível d'água, precipitação e velocidades do vento (2 e 7 m de altura e máxima), existindo diversos intervalos de tempo em que não houve expressivo índice pluviométrico e nem por isso os valores de níveis foram baixos. Essas estimativas não substituem o monitoramento constante dos níveis do canal São Gonçalo, porém ainda é rara a instalação de réguas limnimétricas bem como a manutenção e monitoramento responsável e confiável, representando desta forma, uma solução para locais sem esse monitoramento.

Por fim, verificou-se que as metodologias escolhidas apresentaram bom desempenho, uma vez que é simples e de fácil aplicação. Podendo essa ser utilizada em outros pontos do canal São Gonçalo, onde em conjunto, propiciarão maior conjunto de informações para a tomada de decisões em relação aos processos de gestão e operacionais do canal e da barragem eclusa.

## 7 Conclusão

Para a direção de vento norte, a VMéd7 e VMáx mostraram-se estatisticamente significantes. Na direção sul, todas as variáveis estudadas mostraram-se significativas. Para a direção de vento leste, a P, VMéd7 e VMáx, mostraram-se estatisticamente significantes. As direções de vento oeste e sudeste, apresentaram significância estatística em todas as regressões lineares analisadas. Na direção noroeste, a VMáx e P obtiveram significância. Já a VMéd7 apresentou significância apenas quando seus valores oscilam entre 0,8 a 5,2 m s<sup>-1</sup>. Na direção sudoeste, a P no intervalo de 22 a 80,6 mm e a VMáx obtiveram significância. Na direção nordeste, a P e a VMáx, quando oscila entre os valores de 1,5 a 6,7 m s<sup>-1</sup>.

Portanto, as variáveis citadas, mostraram-se influenciadoras no processo de oscilação dos níveis à jusante da Barragem Eclusa do canal São Gonçalo.

Valores de índice de erro relativo médio quadrático (RMS) próximos a zero são dificilmente encontrados na prática, especialmente no que se refere à área (25.000 km<sup>2</sup>) da bacia hidrográfica que contém o objeto de estudo, canal São Gonçalo. Outro motivo que corrobora para altos valores de RMS, é o fato da observação de uma defasagem entre os eventos de precipitação e elevação dos níveis d'água estudados. Fato que demonstra que esse ambiente, possui enorme complexidade e devem ser avaliados outros parâmetros.

As direções de ventos que mostraram-se mais significativas e importantes na previsão dos valores de nível ajustados, influenciadoras no processo de oscilação dos níveis d'água à jusante do canal São Gonçalo, foram as direções sudeste (SE), sul (S) e oeste (O). Corroborando com o que foi encontrado nos estudos anteriores Hartmann e Sano (1986). Hartmann et al. (1986), Tomazelli (1993), e Monteiro et al. (2005).

As variáveis com maior influência no processo de oscilação dos níveis d'água à jusante do canal São Gonçalo, foram, em ordem decrescente, velocidade máxima do vento (VMáx), precipitação (P), velocidade do vento à 7 metros de altura (VMéd7) e velocidade do vento à 2 metros de altura (VMéd2).

Todas as direções de vento estudadas devem ser monitoradas permanentemente para uma adequada gestão e operação da Barragem Eclusa do canal São Gonçalo, em especial as direções sudeste (SE), sul (S) e oeste (O).

Especial atenção também com a velocidade máxima do vento, com a precipitação, e velocidade média do vento à 7 metros de altura, por mostrarem-se grande influenciadoras no processo de oscilação dos níveis do canal.

## Referências

ALBA, J. M. F.; DELLAZOPPA, A. R.; [et. al.]. **Sustentabilidade socioambiental da bacia da Lagoa Mirim**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2010. 292 p.

ANTAq (Agência Nacional de Transportes Aquaviários); LabTrans (Laboratório de transportes e logística); Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). **Estudo de macrolocalização de terminais hidroviários no Brasil** - Plano Nacional de Integração Hidroviária - Desenvolvimento de Estudos e Análises das Hidrovias Brasileiras e suas Instalações Portuárias com Implantação de Base de Dados Georreferenciada e Sistema de Informações Geográficas, 2013. 172 p.

BARRETO, Carlos Eduardo Andrade Gomes. **Balço hídrico em zona de afloramento do sistema aquífero guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa**. 2006. 271 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - EESC-USP, São Carlos, SP, 2006.

BECKER, Vanessa. **Varição da estrutura e da biomassa fitoplanctônica na Lagoa de Itapeva (Litoral Norte do Rio Grande do Sul) em função da hidrodinâmica**. 2002. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Instituto de Biociências, 2002.

BLAIN, G. C., KAYANO, M. T., CAMARGO, M. B. P., LULU, J. Variabilidade amostral das séries mensais de precipitação pluvial em duas regiões do Brasil: Pelotas-RS e Campinas-SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 1-1, 2009.

BRAGA, B. P. F.; FLECHA, R.; PENA, D. S.; KELMAN, J. Pacto federativo e gestão das águas. Dossiê Água - **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 17-42, 2008.

BRIEGER, F. G. **Limites unilaterais e bilaterais na análise estatística**. Campinas: Boletim técnico da divisão de experimentação e pesquisas – Bragantia, 1946, v. 6, n. 10, 66 p.

CAPÍTOLI, R. R.; COLLING, L.A.; BEMVENUTI, C.E. Cenários de distribuição do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Mollusca - Bivalvia) sob distintas condições de salinidade no complexo Lagunar Patos-Mirim, RS - Brasil. **Atlântica**, Rio Grande, v. 30, n. 1, p. 35-44, 2008.

CARVALHO, F. I. F. de.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2004. 142 p.

COHEN, Jacob. (1988), *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ, Erlbaum

COLLISCHONN, B. TUCCI, C. E. M. Relações Regionais entre Precipitação e Evapotranspiração Mensais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 3, p. 205-214, 2014.

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

GOUVÊA, Taiana Homobono. **Análise estatística da influência da precipitação e de características do solo na variação do nível d'água em área de recarga do Aquífero Guarani**. 2009. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

HARTMANN, 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**, v. 20, p. 329-332, 1990.

HARTMANN, C.; LAMPARELLI, R. A. C.; ROSA, R.; SANO, E. E. Avaliação da área e inundação do canal de São Gonçalo, através de imagens TM-Landsat 5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 4. (SBSR)., 1986, Gramado. Anais... São José dos Campos: INPE, 1986. v. 2, p. 654-659.

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**, p. 43, 1986.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2001.

LIRA, M. A. T.; SILVA, E. M. da; ALVES, J. M. B. Estimativa dos recursos eólicos no Litoral Cearense usando a teoria da regressão linear. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 3, p. 349 - 366, 2011.

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

MOON, S. K.; WOO, N. C.; LEE, K. S. Statistical analysis of hydrographs and water-table fluctuation to estimate groundwater recharge. **Journal of Hydrology**, v. 292, p. 198-209, 2004.

MÖLLER, O. O. J.; CASTAING, J. CC; SALOMON, P. LAZURE. The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon. **Estuaries**, v. 24, p. 297–311, 2001.

NADAL, C. A.; JULIANO, K. A.; RATTON, E. Testes estatísticos utilizados para a validação de regressões múltiplas aplicadas na avaliação de imóveis urbanos. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 9, n. 2, p. 243-262, 2003.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

PEREIRA, Antonio R.; ANGELOCCI, Luiz R.; SENTELHAS, Paulo C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. p. 478.

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, M. J. F. de. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 15-22, 2005.

SILVA, Fabricio Estevo da. **Efeito de variáveis climáticas, hidrológicas e físico-químicas nas capturas do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), na armação do Itapocoroy, Penha, SC**. 2012. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade do Vale do Itajaí, SC, 2012.

SIMON, A. L. H.; SILVA, P. F. da. Análise geomorfológica da Planície Lagunar sob influência do canal São Gonçalo – Rio Grande do Sul – Brasil. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 34, n. 4, p. 749-767, 2015.

SUBRAMANIAN, A.; COUTINHO, A. S.; SILVA, L. B. da. Aplicação de método e técnica multivariados para previsão de variáveis termoambientais e perspectivas. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 52-70, 2007.

TEIXEIRA-GANDRA, C. F.A.; DAMÉ, R. de C. F.; SIMONETE, M. A. Predição da precipitação a partir das coordenadas geográficas no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 848-856, 2015.

TOMAZELLI, L. O Regime dos Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 20, n. 1, p. 18-26, 1993.

TUCCI, C. E. M. & BRAGA B. (orgs.) **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. ABRH. 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 943 p.

TUNDISI, J. G. Governança da água. **Revista UFMG**, v. 20, n. 2, p. 222-235, 2013.