

VARIABILIDADE SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS VACACAÍ E VACACAÍ-MIRIM

**ANDRESSA BAMMESBERGER^{1*}; DJONEY PROCKNOW²; MARCELO LOVATO
BRUM³; RAVIEL EURICO BASSO⁴ E ALEXANDRE SWAROWSKY⁵**

**Dados oriundos da dissertação de mestrado da primeira autora.*

¹Eng.Sanitarista e Ambiental, Mestre em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Santa Maria – Campus Santa Maria - Avenida Roraima nº1000 Cidade Universitária – Camobi -, 97015-900, Brasil – E-mail: abammesberger@gmail.com

²Eng.Florestal, Mestre em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Santa Maria – Campus Santa Maria - Avenida Roraima nº1000Cidade Universitária – Camobi -, 97015-900, Brasil – E-mail: djoneyprocknow@gmail.com

³Eng.Sanitarista e Ambiental, Mestre em Engenharia Agrícola, Bolsista do CNPq – Universidade Federal de Santa Maria – Campus Santa Maria - Avenida Roraima nº1000Cidade Universitária – Camobi -, 97015-900, Brasil – E-mail: marcelolvtb@gmail.com

⁴Professor Doutor na Universidade Federal de Goiás – Goiás - Avenida Universitária, Quadra 86, Lote Área 1488 Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, 74605-220, Brasil – E-mail: basso.raviel@gmail.com

⁵Professor Doutor na Universidade Federal de Santa Maria – Campus Santa Maria - Avenida Roraima nº1000Cidade Universitária – Camobi -, 97015-900, Brasil – E-mail:aleswar@gmail.com

1 RESUMO

Considerando a importância da precipitação pluviométrica e o quanto afeta o planejamento da região, principalmente na produção de alimentos e os consequentes impactos sociais, econômicos e ambientais, este estudo teve como objetivo analisar a tendência dos regimes sazonais de séries históricas de precipitação pluviométrica da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim. Optou-se por utilizar três estações pluviométricas inseridas dentro da bacia hidrográfica, representadas por altitudes diferentes e possibilitar a avaliação do comportamento da precipitação em diferentes escalas. Desta forma, avaliou-se a tendência pluviométrica nas diferentes estações do ano, ou seja, no verão, outono, inverno e primavera. Para a realização da análise da tendência da distribuição da precipitação pluviométrica foi utilizado o método estatístico de Kruskal-Wallis e de Regressão Linear. Assim, foi possível identificar a presença de tendência de aumento de precipitação pluviométrica nas estações de verão, inverno e primavera. O outono apresentou diminuição da precipitação pluviométrica no decorrer dos anos. Ainda, observou-se que o fenômeno El Niño tem grande participação em eventos extremos nas três estações pluviométricas estudadas, mesmo com altitudes diferentes, apresentaram similaridade de volume pluviométrico não somente em diversos anos, mas também em vários eventos extremos.

Palavras-chave: eventos extremos, estações do ano, el niño.

**BAMMESBERGER, A.; PROCKNOW, D.; BRUM, M.L.; BASSO, R. E.;
SWAROWSKY, A.**

**SEASONAL VARIABILITY OF THE RAIN OF PRECIPITATION IN THE
HYDROGRAPHIC BASIN OF THE VACACAÍ AND VACACAÍ-MIRIM RIVERS**

2 ABSTRACT

Considering the importance of rainfall and how much it affects the planning of the region, mainly in food production and the resulting social, economic and environmental impacts, this study aimed to analyze the trend of seasonal regimes of historical series of rainfall in the Vacacaí and Vacacaí-Mirim River Basin. It was decided to use three rainfall stations located within the hydrographic basin, represented by different altitudes and enable the evaluation of precipitation behavior at different scales. In this way, the rainfall trend was evaluated in the different seasons of the year, that is, in summer, autumn, winter and spring. To analyze the rainfall distribution trend, the Kruskal-Wallis statistical method and linear regression were used to analyze the rainfall distribution trend. Thus, it was possible to identify the presence of a tendency for increased rainfall in the summer, winter and spring. Autumn showed a decrease in rainfall over the years. Furthermore, it was observed that the El Niño phenomenon has significant participation in extreme events in the three rainfall stations studied. And, even with different altitudes, they showed the similarity of rainfall not only in several years but also in several extreme events.

Keywords: extreme events, seasons, el niño.

3 INTRODUÇÃO

A precipitação é um dos elementos principais do clima, principalmente porque estabelece um dever indispensável na sistematização dos afazeres humanos, nas questões hidrológicas, atividades agrícolas, socioeconômicas, urbanas, obras de engenharia, entre outros (PETRUCCI; OLIVEIRA, 2019).

Sendo assim, analisar as tendências em séries temporais pluviométricas para a região sul do Brasil é muito importante. Pois, as mudanças climáticas que ocorrem em relação ao ciclo hidrológico regional são importantes para o planejamento do presente e futuro, seja nos recursos hídricos como também na produção de alimentos (PIAZZA et al., 2016). A distribuição da precipitação tem influência direta na produtividade agrícola e na economia da região sul do Brasil (GONÇALVES; BACK, 2018).

Os eventos extremos têm grandes impactos na sociedade e através de muitos estudos, a World Meteorological Organization acredita que a probabilidade de eventos extremos é influenciada pelas atividades antrópicas, direta ou

indiretamente. Assim, a exposição e a vulnerabilidade a eventos extremos podem prejudicar severamente as atividades agrícolas, e com isso influenciar na segurança alimentar (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2018). Logo, a relação entre a precipitação e a produtividade é extremamente necessária, pois a diminuição e o aumento excessivo das chuvas podem impactar negativamente a vegetação agrícola em determinadas regiões, sob um cenário de possíveis mudanças climáticas (SALIMON; ANDERSON, 2017).

Com isso, os fatores de correlação sazonal e anual em toda a bacia hidrográfica, são úteis para várias atividades que dependem da precipitação pluviométrica ao longo do ano. A distribuição da precipitação pluviométrica pode auxiliar o desenvolvimento de atividades que dependem de fatores climáticos (DAHRI et al., 2016).

Diante do exposto, o entendimento da distribuição pluviométrica na Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim é extremamente importante, principalmente, para o Comitê da Bacia

Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, visto que o mesmo se encontra em fase de finalização do seu Plano de Bacias, possibilitando assim, a compreensão desta bacia, servindo de auxílio nas tomadas decisões e ações voltadas para garantir a qualidade e quantidade da água para todos os fins necessários, como: abastecimento, dessedentação de animais, produtividade agrícola, entre outros (SEMA, 2021).

Logo, este artigo tem o objetivo de analisar a tendência dos regimes sazonais de séries históricas de precipitação pluviométrica da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, localizada no centro-ocidental do Estado do Rio Grande do Sul, a qual está situada entre respectivas coordenadas geográficas: 29°35' a 30°45' de latitude Sul e 53°04' a 54°34' de longitude Oeste. Compreende as províncias geomorfológicas da Depressão Central e Escudo Sul Rio-Grandense, além disso, possui uma área de 11.077,34 km². A elevação média das

estações pluviométricas localizadas na bacia varia de 20 a 450 metros acima do nível do mar. O uso da água da bacia hidrográfica é designado principalmente para irrigação, dessedentação de animais e abastecimento público (SEMA, 2021).

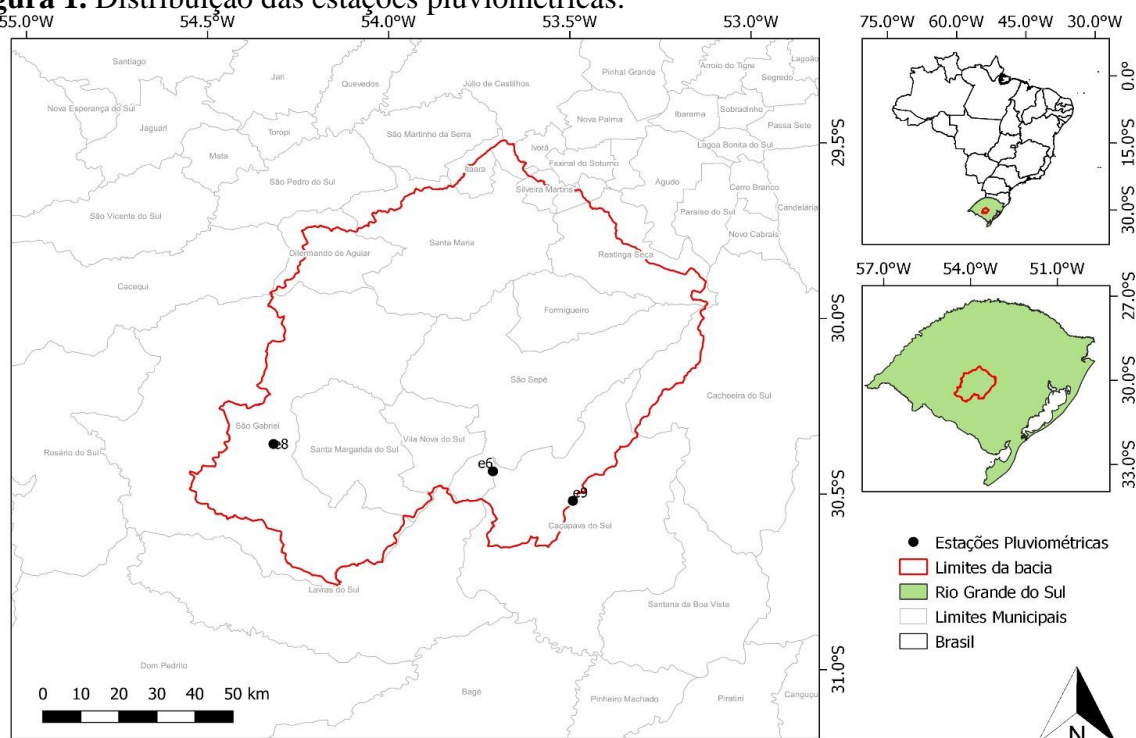
Foram usados dados de três estações meteorológicas localizadas em municípios distintos. Sendo a estação e6 localizada no município de São Sepé (RS), e8 em São Gabriel (RS) e e9 em Caçapava do Sul (RS). Todas estão inseridas no Bioma Pampa (IBGE, 2021). De acordo com a classificação de Köppen e Grundriss (1931) todos os municípios são constituídos pelo clima Cfa, representado por um clima subtropical úmido com verões quentes, sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013). A base econômica de São Sepé, São Gabriel e Caçapava do Sul, são representadas pelas atividades agropastoris, agropecuária, e produção de grãos (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SEPÉ, 2020; PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GABRIEL, 2020; PREFEITURA MUNICIPAL DE CAÇAPAVA DO SUL, 2013).

A distribuição espacial das três estações pluviométricas, estão representadas na Figura 1 e exemplificadas na Tabela 1.

Tabela 1. Localizações das estações pluviométrica e extensão das séries históricas.

ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS					
	Código	Latitude	Longitude	Altitude	Extensão da série de dados
e6	3053017	S 30° 26' 7.08''	W 53° 42' 45.00''	200	Jun. 1981/Dez. 2018
e8	3054018	S 30° 21' 27.00''	W 54° 19' 5.16''	120	Jul. 1985/Dez. 2018
e9	3053022	S 30° 31' 9.84''	W 53° 29' 30.12''	420	Abr. 1986/Dez. 2018

Fonte: Agência Nacional de Águas (2018) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Figura 1. Distribuição das estações pluviométricas.

Fonte: Bammesberger (2020).

As falhas nas séries mensais, foram preenchidas através do método de ponderação regional (SANTOS et al., 2016), em que são selecionadas três ou mais estações pluviométricas vizinhas da estação com falha, que possuem pelo menos 10 anos de dados e os postos vizinhos devem estar em uma região climatológica semelhante da estação a ser preenchida (TUCCI, 2009).

Com os dados diários das estações pluviométricas, foi realizada a média mensal, e em seguida, realizou a separação de acordo com as estações do ano: média verão (dezembro, janeiro e fevereiro), média outono (março, abril e maio), média inverno (junho, julho e agosto) e média primavera (setembro, outubro e novembro) de cada estação pluviométrica, de cada ano.

Para a análise da tendência das estações pluviométricas, através dos dados diários, foi realizada a média mensal e assim, a média anual para cada estação pluviométrica.

As estações pluviométricas da área de estudo foram submetidas ao teste de

Tukey (5%) para a verificação das pressuposições de normalidade da distribuição de erros e homogeneidade de variâncias, respectivamente. Como todos os pressupostos não foram atendidos, procedeu-se ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (5%). Para fazer a comparação entre a distribuição de anos e a precipitação sazonal, optou-se por utilizar o método de regressão linear. As análises foram feitas com o auxílio do programa R Studio (versão 3.6.1), utilizando o pacote Agricolae (MENDIBURU, 2012; DEVORE, 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo a compreender melhor os efeitos causados pelos fenômenos que alteram a distribuição de temperatura sob a superfície da água do Oceano Pacífico, conhecidos como El Niño e La Niña, a Tabela 2 apresenta os anos e sua respectiva intensidade.

Tabela 2. Ocorrências de El Niño e La Niña.

Período	Evento e Intensidade
1979-1980	El Niño Moderado
1982-1983	El Niño Forte
1986-1987	El Niño Moderado
1987-1988	El Niño Forte
1988-1989	La Niña Moderado
1991-1992	El Niño Forte
1992-1993	El Niño Fraco
1996-1997	El Niño Forte
1998-1999	La Niña Fraco
1999-2000	La Niña Moderado
2002-2003	El Niño Moderado
2006-2007	El Niño Moderado
2007-2008	La Niña Moderado
2009-2010	El Niño Moderado
2010-2011	La Niña Moderado
2015-2016	El Niño Forte
2017-2018	La Niña Moderado

Fonte: Bammesberger (2020).

Entre os anos de 1981 e 2018 (período de análise de dados disponíveis das estações pluviométricas), houve a ocorrência de dez eventos El Niño, seis eventos La Niña e vinte e um eventos neutros (sem a ocorrência de nenhum dos fenômenos).

No que se refere à média de precipitação, o ano de 2002 se destaca nas três estações com maiores pluviometrias. Na estação e6 (Figura 2) os anos 1998 e 2015 foram os que apresentaram índices de precipitação mais elevados, enquanto a estação e8 (Figura 3), foram os anos 1986 e 1987. Ainda, na estação e9 (Figura4), os anos de 1998 e 2015 também foram os anos apresentaram os maiores índices de precipitação.

Portanto, as chuvas intensas registradas pela estação e8 nos anos 1986-1987 podem ser explicadas pelo fenômeno El Niño, que gerou diminuição das chuvas na região sudeste do país e aumento na região sul (CORDEIRO; BERLATO; ALVES, 2019). De acordo com Gouvea et al. (2018), os eventos chuvosos de 1998

também se devem ao El Niño intenso, o que gerou volumes pluviométricos superiores à média no estado, principalmente na primavera e no verão.

Para Kiyuna (2002), o El Niño também é o responsável pelos altos volumes de precipitação que ocorreram em 2002 na região sul do Brasil. Conforme o autor, o fenômeno foi percebido em todo o mundo, sendo que outras regiões brasileiras, como o sudeste e nordeste, sofreram com a estiagem e diminuição das chuvas causadas pelo fenômeno atmosférico-oceânico.

Através da Figura 2, a série de dados das estações e6 apresentam uma estatística descritiva com base em gráficos box-plot. Assim, destaca-se que houve vários anos com distribuição simétrica dos dados (1983, 1990, 1994, 1996, 2000, 2003, 2010 e 2016) de precipitação pluviométrica.

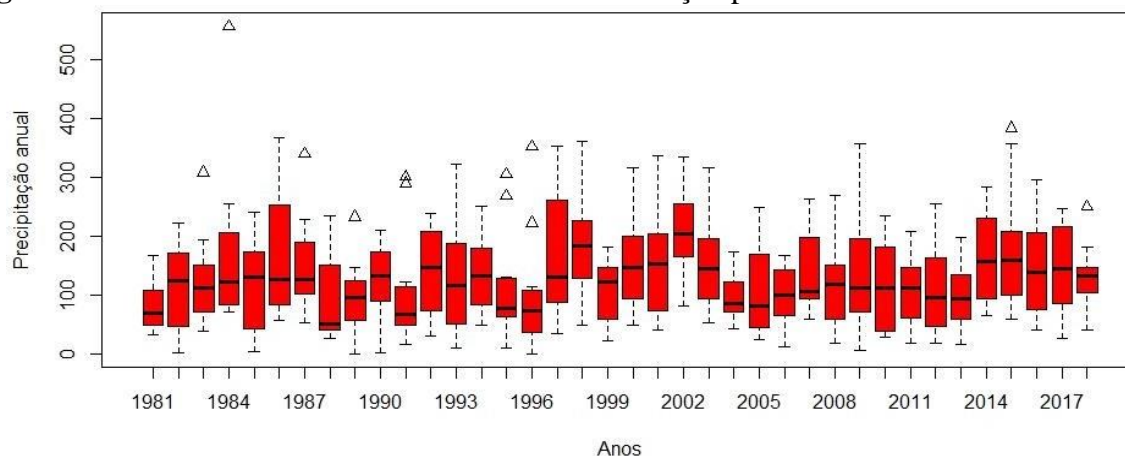
Alguns anos obtiveram dados de precipitação pluviométrica com distribuição assimétrica positiva 1981, 1984, 1986 e 1987 (El Niño moderado), 1987 e 1988 (El Niño forte), 1991 (El Niño forte), 1993 (El

Niño fraco), 1995, 1997 (El Niño forte), 2002 (El Niño moderado), 2004, 2005, 2006 e 2007 (El Niño moderado), 2009 (El Niño moderado), 2012, 2013, 2014, 2017 (La Niña moderada), acima da média de precipitação.

É possível observar através dos eventos extremos presentes na Figura 2, a

ocorrência de diversos dados discrepantes, que podem ter sido causados por chuvas muito acima da média, sendo os volumes mais expressivos no ano 1984 (aproximadamente 600 mm), 2015 (aproximadamente 400 mm) e 1996 (aproximadamente 380 mm), este com dois eventos extremos.

Figura 2. Média mensal anual da série histórica da estação pluviométrica e6.

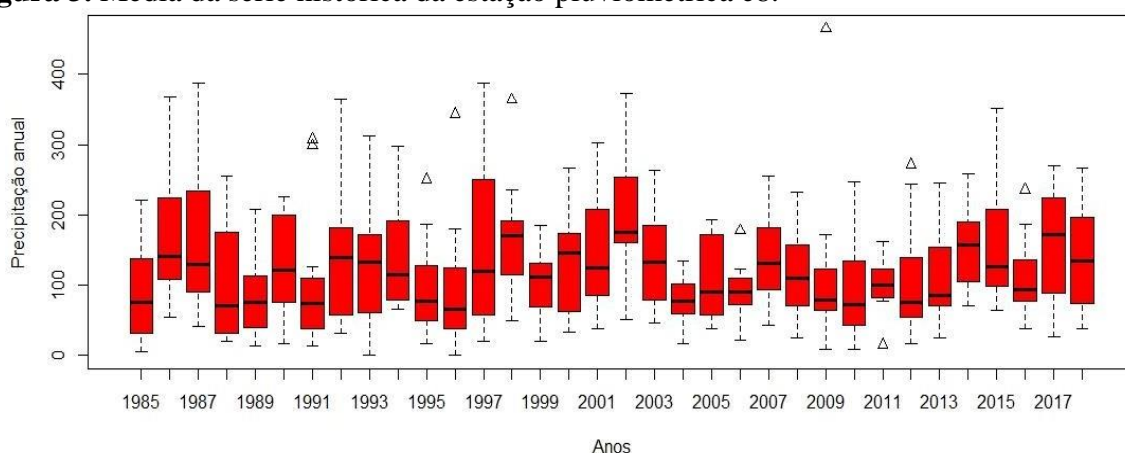


Fonte: Bammesberger (2020).

A estação e8 (Figura 3) possui apenas os anos de 1989, 1991 e 2003, com distribuição simétrica dos dados pluviométricos. Houve vários anos com dados de precipitação pluviométrica com

distribuição assimétrica negativas, sendo eles 1992 (El Niño fraco), 1993 (El Niño fraco), 1998 e 1999 (La Niña fraca), 1999 e 2000 (La Niña moderada), 2014, 2017 e 2018 (La Niña moderada).

Figura 3. Média da série histórica da estação pluviométrica e8.



Fonte: Bammesberger (2020).

Observa-se que, de nove anos que apresentaram distribuição de precipitação pluviométrica assimétrica negativamente,

seis anos estavam sendo afetados pelo fenômeno de La Niña, o que pode ter influenciado de forma expressiva. Já o ano

de 1992 e 1993, apresentaram El Niño fraco, não tão considerável. O conjunto disso, com outros fatores podem ter contribuído para ocorrer à diminuição da precipitação em relação à média da estação nestes anos (SOUZA; GALVANI, 2017). Além disso, esta estação encontra-se sob a menor altitude das três analisadas, o que pode ocasionar menores volumes pluviométricos.

Entretanto, a maioria dos anos apresentaram dados de precipitação pluviométrica com distribuição assimétrica positiva, 1985, 1986 e 1987 (El Niño moderado), 1987 e 1988 (El Niño forte, final de 1988 surge o fenômeno de La Niña moderado), 1990, 1994, 1995, 1996, 1997 (El Niño forte), 2001, 2002 e 2003 (El Niño moderado), 2004, 2005, 2006 e 2007 (El Niño moderado, final de 2007 surge o fenômeno de La Niña moderado), 2008 (La Niña moderado), 2009 e 2010 (El Niño moderado, final de 2010 apresenta o fenômeno de La Niña moderado), 2011 (La Niña moderado), 2012, 2013, 2015 e 2016 (El Niño forte).

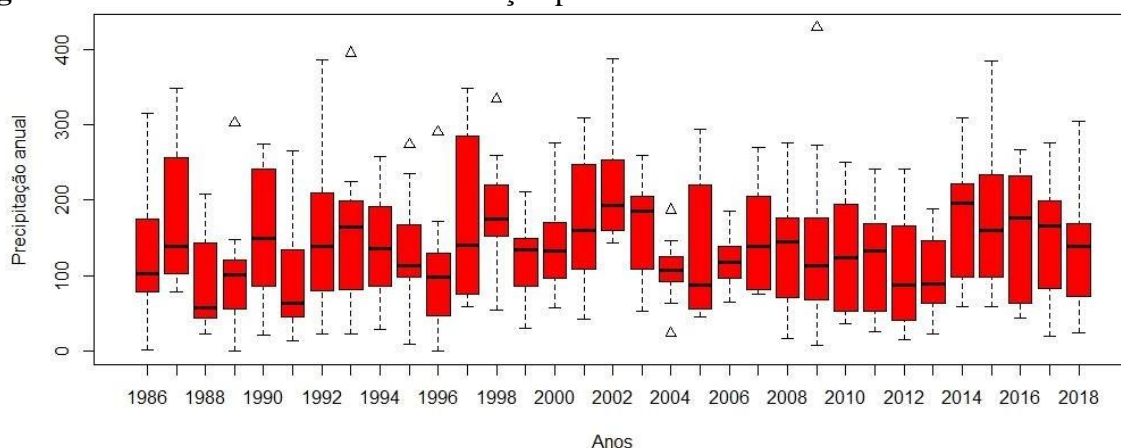
A Figura 3 permite observar que existem diversos anos em que a precipitação apresentou anomalias na estação e8,

destacando-se episódios de chuvas mais intensas nos anos 1991 (aproximadamente 300 mm), 1996 (aproximadamente 350 mm), 1998 (aproximadamente 350 mm) e 2009 (aproximadamente 490 mm). Logo, nos anos de 1991, 1998 e 2009 ocorreram interferência do El Niño (conforme Tabela 2).

Além disso, houve um evento anômalo com chuvas bem abaixo da média, no ano 2011. Este evento pode estar associado à ocorrência de La Niña neste ano, cuja intensidade forte pode ter causado diminuição das chuvas no sul do Brasil (RODRIGUES et al., 2017).

Assim como nas estações e6 e e8, a estação e9 (Figura 4) também apresentou diversos eventos com chuvas mais intensas que a média, com destaque para os episódios ocorridos em 1993, 1998 e 2009, anos estes que coincidem com o fenômeno El Niño (Tabela 2). Houve apenas um evento com chuva muito abaixo da média, que ocorreu em 2004, o que pode ter ocorrido devido também, a eventos locais relacionados ao microclima da região ou a erros de leitura do equipamento.

Figura 4. Média da série histórica da estação pluviométrica e9.



Fonte: Bammesberger (2020).

Houve distribuição simétrica dos dados pluviométricos na estação e9 apenas nos anos de 2000 e 2010. Vários anos apresentaram dados de precipitação

pluviométrica com distribuição assimétrica negativa, 1989 (La Niña moderada), 1993 (El Niño forte), 1996, 1999 (La Niña fraca), 2001, 2008 (La Niña moderada), 2011 (La

Niña moderada), 2014 e 2016 (El Niño forte), 2017 e 2018 (La Niña moderada). De 11 anos analisados da e9, observa-se que seis houve influência da La Niña, sendo responsável pela diminuição do volume de precipitação.

Por fim, a maioria dos anos obtiveram dados de precipitação pluviométrica com distribuição assimétrica positiva, 1986 e 1987 (El Niño moderado), 1987 e 1988 (El Niño forte), 1990, 1991 e 1992 (El Niño forte), 1994, 1995, 1997 e 1998 (El Niño forte), 2001, 2002 (El Niño moderado), 2004, 2005, 2006 e 2007 (El Niño moderado, e 2007 tende para o início de La Niña), 2009 (El Niño moderado), 2012, 2013 e 2015 (El Niño forte). Salienta-se que de 20 anos analisados de séries temporais de precipitação pluviométrica, 14 anos obtiveram a presença do fenômeno El Niño, o que justifica o volume de precipitação pluviométrica acima da média do ano da estação.

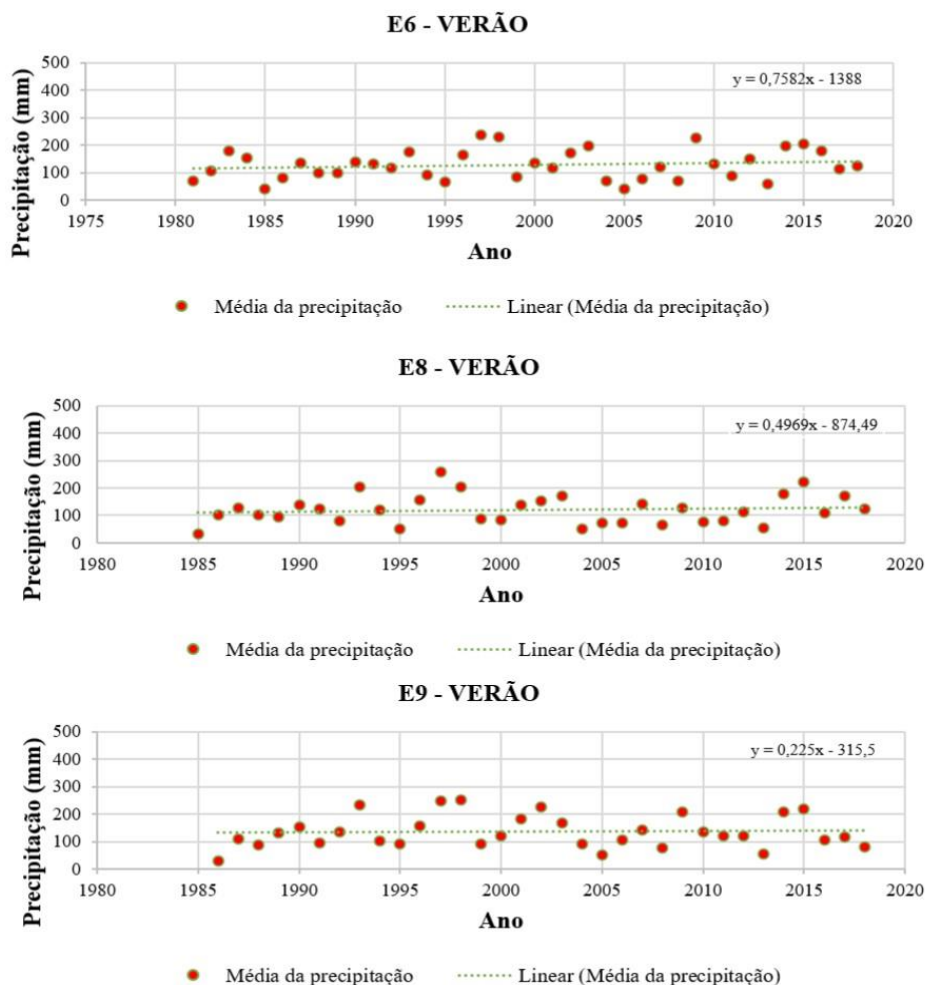
Conforme Guerra (2012), o Rio Grande do Sul, embora possua distribuição pluviométrica anual homogênea, apresenta grandes variações sazonais dos índices pluviométricos no estado. Segundo a autora, as atividades convectivas e os sistemas frontais são os maiores responsáveis pela variação pluviométrica na primavera, principalmente na região oeste do estado, uma vez que estes sistemas atmosféricos migram de regiões com altas latitudes.

As estações e6, e8 e e9 não tiveram a mesma simetria em nenhum ano, o que pode indicar que a diferença de altitude pode influenciar nos índices pluviométricos de cada região. Ao analisar as assimétricas negativamente, analisando as três estações pluviométricas, pode-se observar que os anos de 1999 e 2018 foram semelhantes nas três estações.

A assimétrica positiva apresentou dados semelhantes entre as três estações (e6, e8 e e9) nos anos de 1986, 1987, 1988, 1995, 1997, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2012 e 2013. Logo, os outros anos não apresentaram nenhum tipo de semelhança.

No ano de 1986 e 1987 nas três estações analisadas (e6, e8 e e9) apresentaram-se os efeitos de El Niño moderado, 1987 e 1988 El Niño forte, 1997 e 2002 El Niño forte, 2006 e 2007 El Niño moderado, 2007 La Niña moderada e 2009 El Niño moderado. Entretanto, o volume precipitado em cada estação não necessariamente é semelhante, apenas a distribuição da chuva ocorreu de forma homogênea.

Na Figura 5 é possível observar o comportamento pluviométrico das estações e8 (localizada na altitude de 120 metros), e6 (localizada na altitude de 200 metros) e e9 (localizada na altitude de 420 metros), demonstrando as diferentes estações pluviométricas e suas variações anuais na estação do verão.

Figura 5. Variação da média de precipitação anual para os meses de verão.

Fonte: Bammesberger (2020).

Ao observar a Figura 5, é possível ressaltar que o verão é uma estação com poucos eventos extremos, conforme registros realizados na estação e6. Na maioria dos anos seguiu uma tendência linear da precipitação pluviométrica, obtendo uma média de precipitação entre 100 a 150 mm. A estação e8 apresentou vários anos com precipitação extrema, seja para máximas ou mínimas. Logo, a distribuição pluviométrica seguiu uma tendência em relação à média. A estação e9, por sua vez, apresentou verão com diversas épocas de eventos extremos, não possuindo uma tendência de precipitação pluviométrica muito significativa.

Ainda, é possível observar que houve uma tendência levemente crescente ao longo dos anos para os meses do verão na estação e6. A Estação e8 também apresenta uma leve tendência crescente, enquanto a estação e9 mantém-se praticamente estável. Estes resultados vão de encontro aos observados por Cordeiro, Berlatto, Alves (2019), que observaram tendências crescentes de índices pluviométricos no sul do estado, associados principalmente à ação de El Niño (conforme Tabela 2), que influenciam o aumento de volumes pluviométricos nos meses da primavera e do verão.

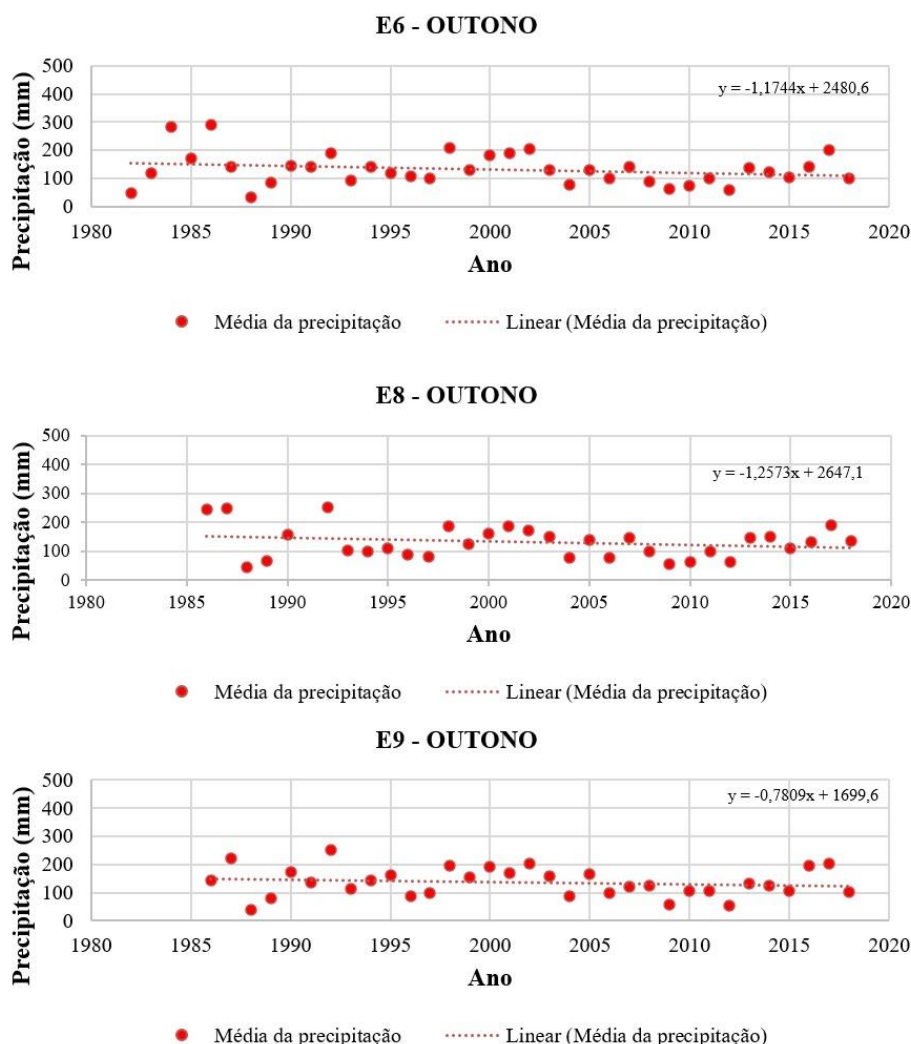
Conforme Braz, Berlatto, Alves (2019), embora o evento La Niña possua a

tendência de diminuir o volume de chuvas no sul do Brasil, os anos em que mais houve estiagem foram os anos neutros, sem interferências do El Niño e La Niña. Ainda segundo os autores, em anos onde a intensidade do evento é forte, a tendência é que o efeito esperado se cumpra, ou seja, chova mais em anos de El Niño forte, e menos em anos de La Niña forte. Valores estes observados no presente estudo, como o ano de 1997, que registrou volumes altos nas três estações.

Em anos de La Niña, Matzenauer, Radin, Maluf, (2017) sugerem que a precipitação pluviométrica pode diminuir na região sul do Brasil. Entretanto, os autores ressaltam que ocorre uma diminuição mais brusca em anos neutros, ou seja, sem a ocorrência de El Niño e La Niña.

Para os meses de outono, conforme Figura 6, ao longo dos anos é possível observar uma tendência decrescente no volume de chuvas para todas as estações pluviométricas analisadas, e6, e8 e e9.

Figura 6. Variação da média de precipitação anual para os meses de outono.



Fonte: Bammesberger (2020).

Percebe-se que nas três estações pluviométricas, entre os anos de 1980 (e6), 1985 até o ano de 1995, apresentaram várias médias discrepantes (acima e abaixo da tendência da precipitação pluviométrica) nas três estações. Apresentando assim, um período de eventos extremos na Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, que atingiu as três altitudes (200 m, 120 m e 420 m) analisadas de forma similar entre as estações pluviométricas analisadas (e6, e8 e e9).

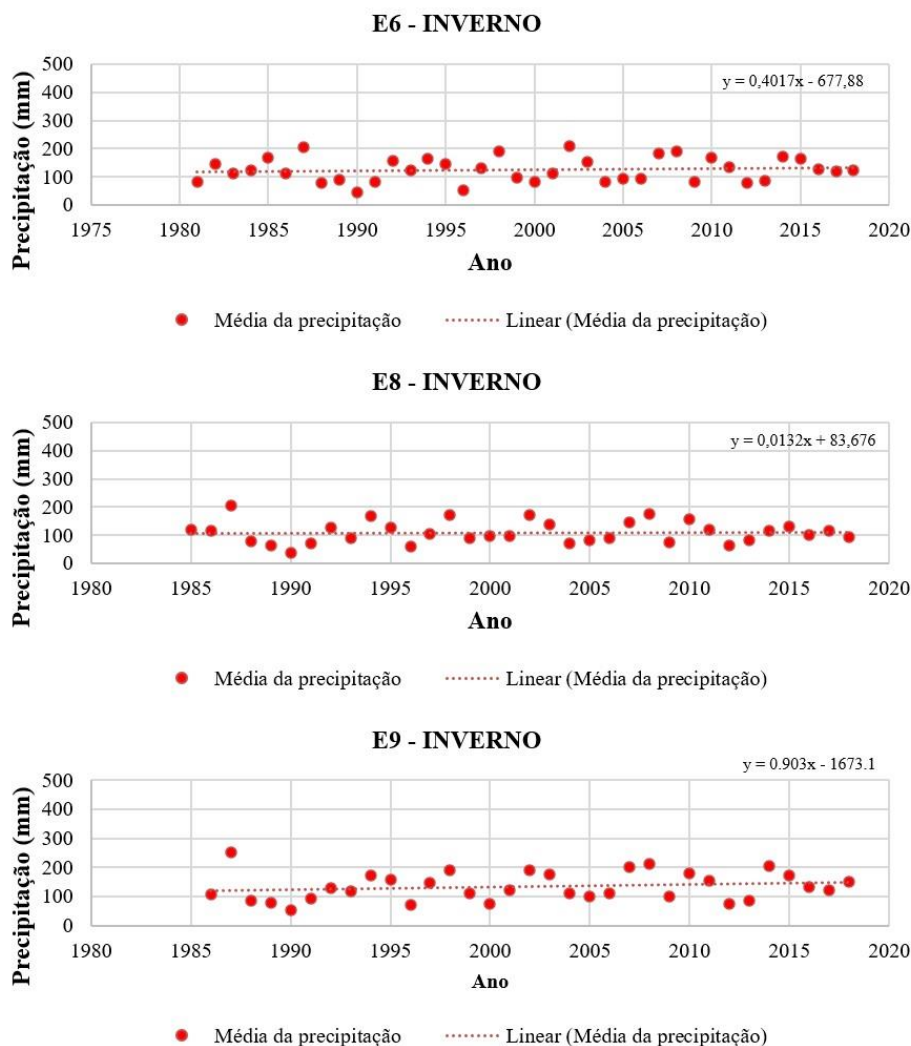
Sanches et al. (2015) sugerem que este acumulado pluviométrico intenso pode ter ocorrido devido à formação de frentes estacionárias e semiestacionárias neste ano. O que pode justificar o volume pluviométrico superior da estação e9 às demais estações em 14 diferentes anos. Todas as estações apresentam alguns eventos extremos, como é possível observar no ano de 1992, onde estações e8 e e9 registraram chuvas de quase 250 mm no outono.

O evento de La Niña de intensidade moderada (Tabela 2), pode ser responsável por anos que obtiveram volumes de

precipitações abaixo da linha de tendência da estação pluviométrica em questão. No ano de 1988 as três estações registraram volumes baixos, entre 32 e 45 mm (CORDEIRO; BERLATO; ALVES 2019). Segundo Braz et al. (2017), o outono e o verão no sul do país tendem a apresentar maior tendência à ocorrência de estiagem, principalmente em anos neutros e anos com a ocorrência de La Niña.

Conforme relatado por Wollmann e Galvani (2012), 31% do total de chuvas anuais no estado do Rio Grande do Sul ocorrem no período do outono. Para os autores, o aumento das chuvas nessa estação diz respeito às chamadas “frentes indecisas”, uma vez que o eixo principal da Frente Polar Atlântica tende a oscilar, principalmente entre o Rio da Prata e o estado gaúcho. Portanto, conclui-se que aumento no volume pluviométrico registrado nesta estação pode ocorrer quando são observadas intensificações dos sistemas polares e tropicais.

A Figura 7 mostra o comportamento do regime pluviométrico das estações nos meses de inverno (junho, julho e agosto).

Figura 7. Variação da média de precipitação anual para os meses de inverno.

Fonte: Bammesberger (2020).

Pode ser observado na Figura 7 que a estação e6 apresentou um leve acréscimo na média de precipitação ao longo dos anos, sendo que na estação e8 a média se manteve estável e na estação e9 houve aumento ao longo dos anos. O aumento pluviométrico da estação e9 pode ser pelo fato de estar localizada em uma região mais alta, e as massas de ar podem interagir de forma mais intensa.

Em estudo conduzido por Braz, Pinto, Campos (2017), os autores verificaram que na estação do inverno houve menos ocorrência de eventos extremos, quando comparados à estação do verão no

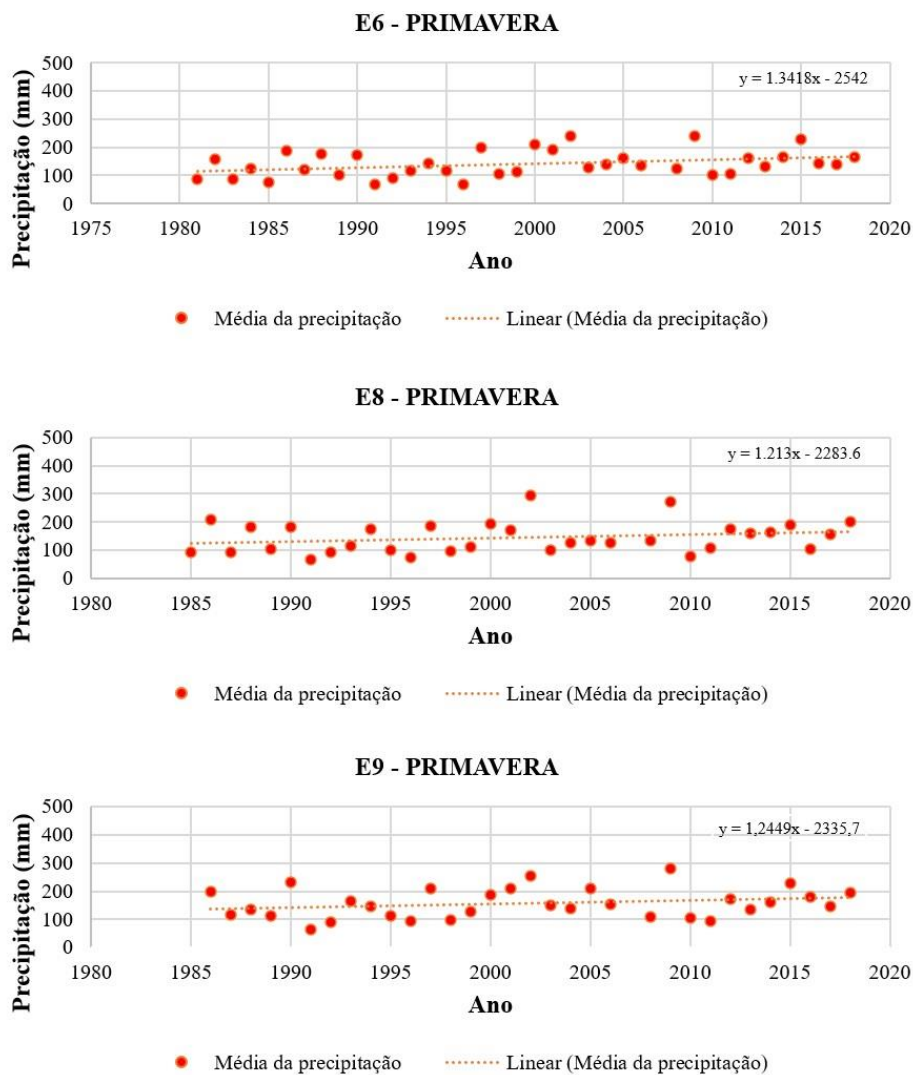
estado do Rio Grande do Sul. Além disso, em anos neutros, Matzenauer, Radin, Maluf (2017) observaram menores volumes de chuva nos meses do inverno.

Através da Figura 8 é possível observar que houve uma tendência de aumento da média de precipitação na primavera, para todas as estações observadas. De acordo com Cordeiro, Berlatto, Alves (2019), os eventos do El Niño observados a partir da década de 1960 causaram um acréscimo nos índices hídricos na estação da primavera, no nordeste da Argentina e no Sul do Brasil. Conforme os autores, o El Niño está relacionado a eventos

anômalos com precipitação pluvial acima da média na região sul do país, principalmente nas estações da primavera e início do verão,

o que explica a tendência positiva do gráfico, que foi observada em todo o estado para a estação da primavera.

Figura 8. Variação da média de precipitação anual para os meses de primavera.



Fonte: Bammesberger (2020).

Na estação e6, a precipitação registrada no último ano (2018) praticamente duplicou quando comparado ao registro do primeiro ano (1981). O mesmo ocorre na estação e8, onde há um aumento de 117% no volume em comparação entre a primeira (1985) e última (2018) precipitação acumulada nos meses de primavera. Esta oscilação grande pode ser explicada pelos 10 eventos El Niño que ocorreram no período, uma vez que alguns

autores sugerem que os efeitos do fenômeno são mais intensificados nos meses da primavera (MATZENAUER, RADIN, MALUF., 2017; BRAZ, PINTO, CAMPOS., 2017).

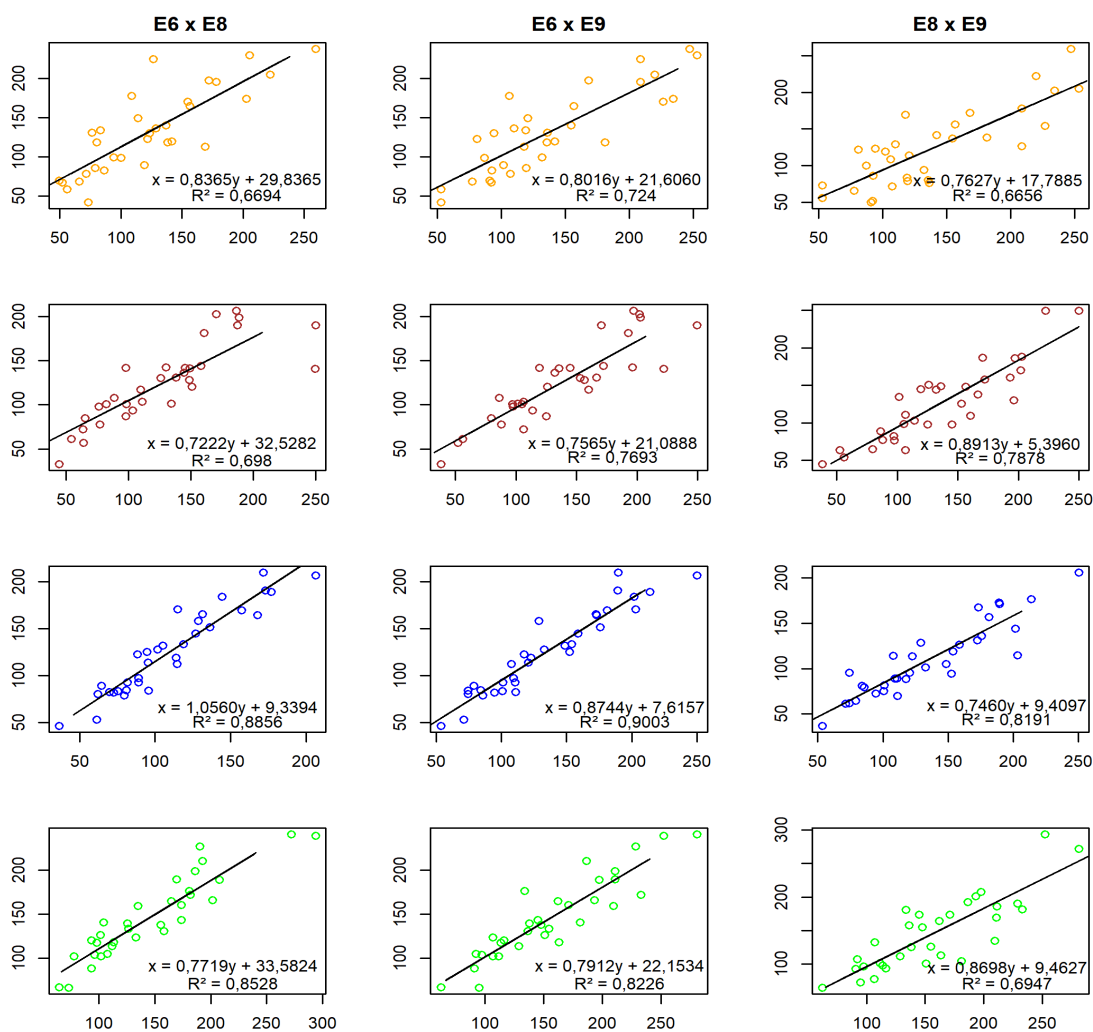
Ainda, nos meses da primavera em que há evento El Niño, a precipitação é usualmente acima da média, enquanto em anos de La Niña, os desvios no volume pluviométrico são negativos. Em anos neutros, a tendência é que a chuva se

mantenha na média esperada para a estação.

A Figura 9 apresenta as equações de regressão entre as estações pluviométricas (e6, e8 e e9). Verão (laranja), Outono (vermelho), Inverno (azul) e Primavera

(verde). Onde é possível analisar a distribuição das precipitações na bacia hidrográfica e suas relações com a sazonalidade.

Figura 9. Regressões entre as estações pluviométricas.



Fonte: Bammesberger (2020).

Foi possível determinar que no período de inverno as precipitações ocorridas na área da bacia hidrográfica são bem distribuídas, pois possuem bons índices de correlação entre as três estações selecionadas no estudo. Este fato deve-se ao tipo de precipitações ocorridas neste período do ano. As estações e6 e e9 apresentaram

90% de correlação, enquanto e8 e e9 apresentaram um valor menor, porém ainda relevante, de 81% para o mesmo período de inverno.

O período de menor correlação entre a distribuição das precipitações dá-se no verão, onde ocorrem eventos mais esporádicos e esparsos especialmente devido

ao tipo de precipitações que ocorrem nesta época do ano, chuvas convectivas. As estações e6 e e9 apresentaram a maior correlação entre suas precipitações, sendo de 72,4%.

O período da Primavera quando comparado ao Outono, ainda possui uma distribuição mais homogênea das precipitações. As estações e6 e e8 apresentaram um grau de 85,28% de correlação entre seus volumes de precipitação, enquanto as mesmas estações quando correlacionadas linearmente no período do Outono, obtiveram um valor de apenas 69,8%.

Desta forma, fica evidente que a distribuição das precipitações ao longo da área da bacia são mais uniformes nos meses de inverno e primavera, enquanto nos períodos de outono e verão ocorrem com volumes distintos e com maior aleatoriedade espacial.

6 CONCLUSÕES

Houve presença do aumento de precipitação pluviométrica nas estações de verão, inverno e primavera nas estações pluviométricas e6, e8 e e9 ao longo dos anos, contudo, estas precipitações podem ocorrer de maneira não homogênea ao longo da bacia. O outono apresentou diminuição da precipitação pluviométrica no decorrer dos anos

Salienta-se que o fenômeno de El Niño tem grande participação em eventos extremos nas três estações pluviométricas estudadas. E também, mesmo com altitudes diferentes apresentaram similaridade de volume pluviométrico em diversos anos, e em vários eventos extremos.

Assim, nota-se a importância de se conhecer este comportamento devido a característica agrícola da região, e ainda relacionar com a possibilidade/necessidade de maior ou menor captação em uma estação do ano.

7 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 23 jul. 2019.
- BAMMESBERGER, A. **Variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2020.
- BRAZ, D. F.; PINTO, L. B.; CAMPOS, C. R. J. Ocorrência de eventos severos em regiões agrícolas do Rio Grande do Sul. *Geociências*, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 89-99, 2017. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/36/volume36_1_files/36-1-artigo-07.pdf. Acesso em: 21 jun. 2019.
- CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; ALVES, R. D. C. M. Tendência do Índice Hídrico Sazonal do Rio Grande do Sul e Sua Relação com El Niño e La Niña. *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 41, n. 3, p. 216-226, 2019. DOI: https://doi.org/10.11137/2018_3_216_226. Disponível em: <https://revistas.ufrrj.br/index.php/aigeo/article/view/29714>. Acesso em: 10 fev. 2019
- DAHRI, Z. H.; LUDWIG, F.; MOORS, E.; AHMAD, B.; KHAN, A.; KABAT, P. An appraisal of precipitation distribution in the high-altitude catchments of the Indus basin.

Science of the Total Environment,

Amsterdam, v. 548, p. 289-306, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716300018>. Acesso em: 11 jul. 2019.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciência**. São Paulo: Cengage, 2018.

GONÇALVES, F. N.; BACK, Á. J. Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 3, p. 592-602, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17204>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16716>. Acesso em: 21 fev. 2019

GOUVEA, R. L.; CAMPOS, C. C.; MENEZES, J. T.; MOREIRA, G. F. Análise de frequência de precipitação e caracterização de anos secos e chuvosos para a bacia do Rio Itajaí. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 22, p. 309-323, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.55276>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14043>. Acesso em: 10 fev. 2019.

GUERRA, V. D. S. **Climatologia da precipitação do Rio Grande do Sul baseado em quatro esquemas convectivos do modelo climático regional RegCM3**. 2012. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

IBGE. **IBGE Cidades – Dados Populacionais**. Rio de Janeiro: Ministério da Economia, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>. Acesso em:

7 jun. 2021.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 10 out. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Normais Climatológicas (1961/2018)**. Brasília - DF, Ministério da Agricultura e Pecuária, 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 19 jan. 2021.

KIYUNA, I. **El Niño 2002-03 e a anomalia climática**. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 2002. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=122>. Acesso em: 18 ago. 2021.

KÖPPEN, W.; GRUNDRISS, K. **Outline of climate science**. Berlin: W. Gruyter, 1931.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; MALUF, J. R. T. O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, p.323-331, 2017. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/view/25510>. Acesso em: 22 jun. 2019.

MENDIBURU, F. D. **Statistical Procedures for Agricultural Research**. R Package. v. 1. 2-3. Lima, 2012. Disponível em: <https://cran.rproject.org/web/packages/agricolae/agricolae.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020;

PETRUCCI, E.; OLIVEIRA, L. A. Relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações máximas de 24 horas e equação de chuvas intensas para a

- cidade de Uberlândia-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 25, p. 337-354, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.5776>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/57767/39230>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- PIAZZA, G. A.; TORRES, E.; MOSER, P.; GOTARDO, R.; KAUFMANN, V.; PINHEIRO, A. Análise espacial e temporal dos dados de precipitação das estações de entorno da bacia do Ribeirão Concórdia, Lontras (SC) visando sua inserção no contexto de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 31, n.4, p. 580-592, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786312314b20150087>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/KvPKtt88W5tktdtWvL5MdN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 21 fev. 2019.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAÇAPAVA DO SUL. **Dados do Município**. Caçapava do Sul – RS. Caçapava do Sul, 2013. Disponível em: https://cacapavadosul.rs.leg.br/uploads/materia/27700/proj_de_lei_4523.pdf. Acesso em: 12/09/2022.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GABRIEL. **Dados do Município**. São Gabriel – RS. São Gabriel, 2020. Disponível em: <https://www.saogabriel.rs.gov.br/pagina/economia#:~:text=S%C3%A3o%20Gabriel%20tem%20sua%20base,da%20piscicultura%20e%20da%20apicultura>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO SEPÉ. **Dados do Município**. São Sepé – RS. São Sepé, 2020. Disponível em: <https://www.saosepe.rs.gov.br/o-municipio/>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- RODRIGUES, L.; SOUZA, W. M.; COSTA, V. S. O.; PEREIRA, M. L. T. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco (Influence of El Niño and La Niña events on rainfall of Agreste Pernambuco). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 6, p. 1995-2009, 2017. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/7a7b/7bbf10bad38375ac8e89cd617505e779f831.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2019.
- SALIMON, C.; ANDERSON, L. How strong is the relationship between rainfall variability and Caatinga productivity? A case study under a changing climate. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 90, p. 2121-2127, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170143>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/gBCM3f6YMG5px6KqPDkFfLC/abstract/?lang=en>. Acesso em: 11 jul. 2019.
- SANCHES, F.; BALEN, D. S.; SILVA, R. V.; ROSA, K. K.; RADÜNZ, A. Chuvas no Rio Grande do Sul: um estudo sobre as precipitações acumuladas intensas no alto Uruguai gaúcho. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 15, p. 143-162, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v15i0.38074>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/38074>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- SANTOS, C. A.; LIMA, A. M. M.; FRANCO, V. S.; ARAÚJO, I. B.; GOMES, N. M. O. Distribuição espacial da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu. **Nucleus**, Ituverava, v. 13, n. 2, p. 223-230, 2016. DOI: [10.3738/1982.2278.1630](https://doi.org/10.3738/1982.2278.1630). Disponível em: <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1630/2133>. Acesso em: 21 fev. 2019.

SEMA. **Bacias Hidrográficas**. Porto

Alegre: 2021. Disponível em:

https://rs.gov.br-my.sharepoint.com/personal/raiza-schuster_sema_rs_gov_br/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Ffraiza%2Dschuster%5Fsema%5Frs%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FBiblioteca%20DIPLA%2FPBHs%2FG060%20%2D%20Bacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20dos%20Rios%20Vacaca%20%2D%20Vacaca%20%2D%20Mirim%2FREA%5FDiagnostico%5Fvacacai%5Fv4%5Frev00%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Ffraiza%2Dschuster%5Fsema%5Frs%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FBiblioteca%20DIPLA%2FPBHs%2FG060%20%2D%20Bacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20dos%20Rios%20Vacaca%20%2D%20Vacaca%20%2D%20Mirim&ga=1

my.sharepoint.com/personal/raiza-

schuster_sema_rs_gov_br/_layouts/15/oned-

rive.aspx?id=%2Fpersonal%2Ffraiza%2Dsc-

huster%5Fsema%5Frs%5Fgov%5Fbr%2F

Documents%2FBiblioteca%20DIPLA%2F

PBHs%2FG060%20%2D%20Bacia%20Hi-

drogr%C3%A1fica%20dos%20Rios%20Va-

caca%20%2D%20Vacaca%20%2D%20

AD%2DMirim%2FREA%5FDiagnostico%

5Fvacacai%5Fv4%5Frev00%2Epdf&paren-

t=%2Fpersonal%2Ffraiza%2Dschuster%5Fs-

ema%5Frs%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%

2FBiblioteca%20DIPLA%2FPBHs%2FG0

60%20%2D%20Bacia%20Hidrogr%C3%A

1fica%20dos%20Rios%20Vacaca%20%2D

%20Vacaca%20%2D%20Mirim&ga=1

Acesso em: 18 Out. 2021.

SOUZA, V.; GALVANI, E. Distribuição

espaço temporal da precipitação pluvial e

sua interação com o relevo na bacia do rio

Jacaré Guaçú (SP). **Ciência e Natureza**,

Santa Maria, v. 39, p. 110-124, 2017. DOI:

10.5902/2179460X27334. Disponível em:

[https://www.redalyc.org/pdf/4675/4675536](https://www.redalyc.org/pdf/4675/467553604009.pdf)

04009.pdf. Acesso em: 29 abr. 2019.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e

aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS,

2009.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E.

Caracterização climática regional do Rio

Grande do Sul: dos estudos estáticos ao

entendimento da gênese. **Revista**

Brasileira de Climatologia, Curitiba, v.

11, 2012. DOI:

[http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v11i0.28](http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v11i0.28586)

586. Disponível em:

[https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article](https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/28586/20848)

/view/28586/20848. Acesso em: 28 jun.

2019.

WORLD METEOROLOGICAL

ORGANIZATION. **WMO Statement on**

the State of the Global Climate in 2017.

Geneva: Chairperson, Publications Board,

2018. n. 1212. Disponível em:

[https://library.wmo.int/doc_num.php?expl](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4453)

um_id=4453. Acesso em: 13 jul. 2019.