

INFLUÊNCIA DOS FENÔMENOS CLIMÁTICOS *EL NIÑO* E *LA NIÑA* SOBRE AS VAZÕES MÍNIMAS DO RIO SANTA MARIA-RS.

Christian Santana Cunha^{1*}; *Rafael Cabral Cruz*²; *João Pedro Roos Wilhelm*³; *Jussara Cabral Cruz*⁴; *André Tiago dos Santos*⁵; *Ronaldo Kanopf de Araújo*⁶; *Vinicius Ferreira Dulac*⁷ e *Igor Hofstadler Peixoto Gonçalves*⁸.

Resumo – Neste trabalho, teve-se como objetivo analisar os efeitos dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña sobre as vazões mínimas do rio Santa Maria, em Rosário do Sul no Estado do Rio Grande do Sul. Para sua realização, foram utilizadas séries históricas de vazões diárias e séries de ocorrência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña, classificados conforme sua intensidade. Os resultados permitiram observar que o efeito climático La Niña apresenta uma variação de 70 a 100 % para os valores de vazões mínimas (Q90), abaixo das vazões médias calculadas para cada mês. Para os anos de ocorrência de El Niño, percebe-se que os valores de vazões acima das médias encontradas para o primeiro e segundo semestre da série histórica, variam de 22 a 43%. Considerando-se os resultados obtidos, pode-se dizer que o efeito climático La Niña apresenta maior influência nas vazões mínimas do rio Santa Maria, quando comparado ao El Niño. Acredita-se que este dado possa ser utilizado como informação para gestão de recursos hídricos, pois conforme análise realizada percebe-se que em anos de La Niña existem vazões abaixo da média, resultando assim em uma menor disponibilidade hídrica.

Palavras-Chave – Vazão, El Niño e La Niña.

THE INFLUENCE OF WEATHER PHENOMENA *EL NIÑO* AND *LA NIÑA* ON THE MINIMUM FLOW OF SANTA MARIA RIVER - RS.

Abstract – This study, aimed to analyze the effects of weather phenomena El Niño and La Niña, on the minimum flow of the Santa Maria River in Rosário do Sul, Rio Grande do Sul State. In order to make it, historical daily stream flow series and historical occurrence series of climatic phenomena El Niño and La Niña were used, classified according to their intensity. With the results, it was possible to observe that the climatic effect La Niña presents a variation of 70-100% of minimum flow values (Q90) below the average flow rates calculated for each month. For years of El Niño occurrence it is noticed that the values of flow rates above the average found for the first and second half of the historical series vary among 22-43%. Considering these results, it can be said that La Niña weather effect has greater influence on the minimum flow of Santa Maria River when compared to El Niño. It is believed that this data can be used as input to water resources management, since the analysis made clearly shows that in years in which La Niña takes place, stream flows occur below the average, resulting in lower water availability.

Keywords – Streamflow, El Niño and La Niña.

¹ * Universidade Federal de Santa Maria, Aluno no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, christianscunha@gmail.com.

² Universidade Federal do Pampa - Campus São Gabriel, Professor Adjunto no curso de Gestão Ambiental, rafaelcabralcruz@gmail.com

³ Universidade Federal de Santa Maria, Aluno de Graduação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, jpedrorw@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Santa Maria, Professora adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, jussaracruz@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Santa Maria, Aluno no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, atsantos85@gmail.com.

⁶ Universidade Federal de Santa Maria, Aluno no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, ronaldo.kanopf@gmail.com.

⁷ Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria, vfdulac@gmail.com

⁸ Universidade Federal de Santa Maria, Aluno no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, ihpg88@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

Na natureza, diversos fenômenos climáticos regulamentam toda a dinâmica das chuvas continentais, dentre eles os fenômenos El Niño e La Niña. De acordo com Marengo *et al.* (1998), o fenômeno La Niña é o resfriamento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico em sua porção equatorial e oriental. Em ano de El Niño, ocorre exatamente o oposto.

Para a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (CPC/NOAA, 2013), o termo El Niño se refere ao fenômeno climático oceano/atmosfera de grande escala associado a um aquecimento periódico das temperaturas da superfície do mar em todo o Pacífico equatorial central e leste central. Conforme CPC/NOAA (2013), o El Niño representa a fase quente do ciclo Oscilação Sul (ENOS) e é, por vezes, referido como um episódio quente do Pacífico. Marengo *et al.* (1998) explicam que o efeito climático La Niña tem maior variabilidade que o El Niño, que apresenta um padrão mais consistente, ou seja, este fenômeno é mais demarcado hidrologicamente. Para os mesmos autores, os efeitos de La Niña sobre o estado do Rio Grande do Sul são os mais diversificados, entre eles: passagens de frentes frias com tendência de diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro.

Segundo Marengo *et al.* (1998), as temperaturas superficiais do Oceano Pacífico situam-se em torno de 25° C e, durante o episódio La Niña, tais temperaturas diminuem para cerca de 22° a 23° C. Apesar de ser uma oscilação aparentemente pequena da temperatura (em termos numéricos), dada a sua dimensão (milhares de km² ao longo do oceano), o fenômeno La Niña influencia toda a dinâmica das precipitações pluviométricas no continente americano.

Estudos climatológicos realizados por Berlato e Cordeiro (2005) demonstram que no período de maior impacto (outubro-novembro-dezembro) há uma probabilidade de mais de 80 % de eventos El Niño determinarem precipitação pluvial acima da média histórica e uma probabilidade maior que 75 % de eventos La Niña ocasionarem precipitação pluvial abaixo da média histórica na região do sul do Brasil. Nunes *et al.* (2012) relatam que o Rio Grande do Sul é afetado pelo ENOS no sentido de produzir precipitações acima da média, por outro lado o La Niña ocasiona precipitações pluviais abaixo das médias climatológicas. Segundo os mesmos autores, durante o último evento intenso de La Niña (2007-2008) o comportamento mais evidente foi chuva abaixo da normal para o litoral durante o mês de outubro, enquanto para novembro e dezembro a chuva abaixo da normal está na metade oeste do estado.

Durante a realização de um estudo, Marengo (2008) verificou que as chuvas observadas refletem uma clara tendência de aumento nas vazões na região Sudeste e Sul do Brasil, assim como na Amazônia, de modo que as tendências positivas de chuva podem ser explicadas pela ocorrência de El Niño, que afeta sensivelmente esses padrões. Em estudo realizado por Marques e Moller (2008) na Lagoa dos Patos e em seus rios afluentes, a descarga fluvial dos principais rios afluentes e os níveis de águas foram influenciados em escalas interanuais (ciclos entre 3.3 e 5 anos) pelo ENOS, mostrando que eventos de El Niño (La Niña) estão associados a altas (baixas) descargas fluviais médias e níveis de água acima (abaixo) da média.

Dentro deste contexto, neste trabalho, teve-se por objetivo analisar a influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña sobre as vazões mínimas do rio Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul.

METODOLOGIA

Para realização deste trabalho, utilizou-se a série histórica de vazões diárias (1968-2005), da estação fluviométrica Código-76310000 (ANA, 2013), localizada no município de Rosário do Sul-RS, no rio Santa Maria, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai e a sub-bacia do Rio Ibicuí (Figura 1). A série histórica de vazões utilizada neste trabalho está disponível no *site* da *HidroWeb* (ANA, 2013).

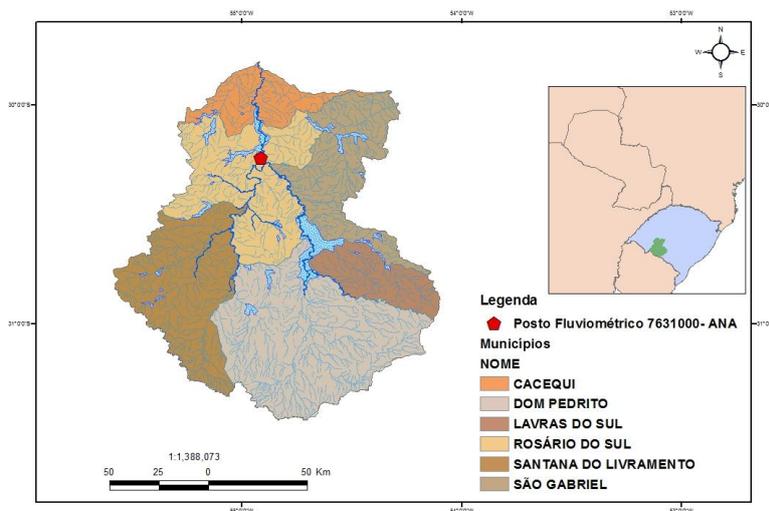


Figura 1- Mapa de localização do Posto fluviométrico 76310000- ANA.

Utilizando-se os dados da série histórica de vazões (m^3/s), foram construídas curvas de permanência mensais (ano a ano) para o período de janeiro de 1968 a dezembro de 2005, conforme metodologia descrita por Cruz e Tucci (2008). De acordo com Cruz e Tucci (2008), para considerar a sazonalidade, pode-se determinar a curva para cada mês do ano com todos os anos da série. Dessa forma, a vazão de permanência 90%, por exemplo, não é necessariamente igual para janeiro e julho. Este tipo de resultado permite distinguir os condicionantes mensais de sazonalidade. Após a construção das curvas de permanência, foram selecionadas as vazões com valores iguais a frequência de 90% do tempo, que representa a percentagem de 90% de ocorrência de uma vazão qualquer num dado período de tempo e foi escolhida porque é o critério utilizado como disponibilidade hídrica na bacia, conforme UFSM/SEMA (2004) e Cruz e Silveira (2007).

Os dados utilizados para construção da série temporal de ocorrência dos efeitos climáticos El Niño e La Niña, foram obtidos no *site* do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-INPE, 2013). Os eventos ENOS foram classificados segundo sua intensidade como fraco, forte e moderado, de acordo com a metodologia proposto por CPTEC-INPE (2013).

As séries históricas de vazões diárias e ENOS foram tabuladas em planilhas eletrônicas, no intervalo de tempo de 1968 a 2005, onde são observados os períodos de ocorrência e intensidade dos efeitos climáticos, as vazões mínimas e seus respectivos meses. A tabela 1 demonstra um exemplo desta tabulação com uma amostra reduzida dos dados.

Tabela 1 - Ocorrência e intensidade do ENOS e vazões mínimas do rio Santa Maria.

Períodos de ocorrência e intensidade-ENOS			Vazões mínimas (m³/s) e seus respectivos meses											
Ano	1º Semestre	2º Semestre	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1968	Moderado1	Moderado1	3,1	2,2	2,0	13,8	16,5	31,8	35,4	19,9	12,0	23,6	96,6	18,9
1969	Moderado1	Moderado1	28,3	22,0	30,8	16,6	50,8	46,0	62,2	148,0	43,8	16,6	43,8	8,6
1970	Moderado1	Moderado2	5,4	28,3	11,9	13,8	21,3	117,0	93,4	106,0	42,7	30,0	13,4	8,3
1971	Moderado2	Moderado2	110,0	274,0	30,0	14,3	22,0	18,3	93,4	231,0	62,2	28,3	3,1	4,2
1972	Forte1	Forte1	4,9	4,0	2,9	8,9	7,6	162,0	355,0	358,0	317,0	55,6	99,8	15,2
1973	Forte1	Forte2	19,2	29,2	60,8	43,9	84,0	245,0	250,0	129,0	72,0	48,4	17,1	16,6
1974	Forte2	Forte2	14,3	65,0	56,8	24,0	14,3	36,1	353,0	118,0	73,5	59,4	49,6	31,6
1975	Forte2	Forte2	12,5	12,9	14,3	19,4	14,5	96,9	53,70	288,0	347,0	46,5	39,4	8,8

1 El Niño; 2 La Niña.

Após a tabulação dos dados, foram construídos gráficos de dispersão de pontos, para que fosse possível analisar, em anos de ocorrência dos fenômenos climáticos El Niño e/ou La Niña, o comportamento das vazões mínimas em relação à média histórica. Considerando-se que, para anos de La Niña, esperam-se vazões abaixo da média mensal, devido à menor precipitação e estiagens ocasionadas pelo fenômeno. E para anos de El Niño, esperam-se vazões acima da média, devido ao aumento do volume precipitado que ocorre durante o ciclo do fenômeno.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas figuras 2 e 3 é possível observar a influência dos efeitos climatológicos El Niño e La Niña no comportamento das vazões mínimas em relação à média mensal.

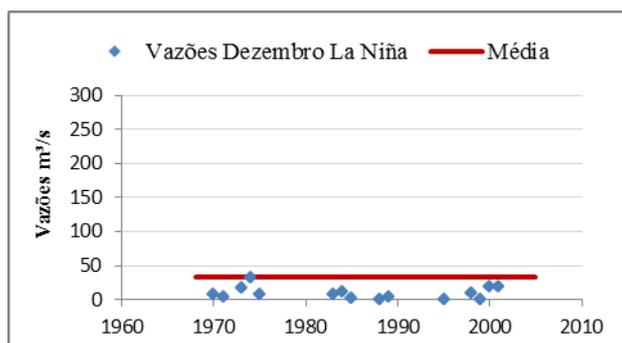


Figura 2- Gráfico das vazões mínimas de Dezembro (1968-2005) registradas em períodos de La Niña.

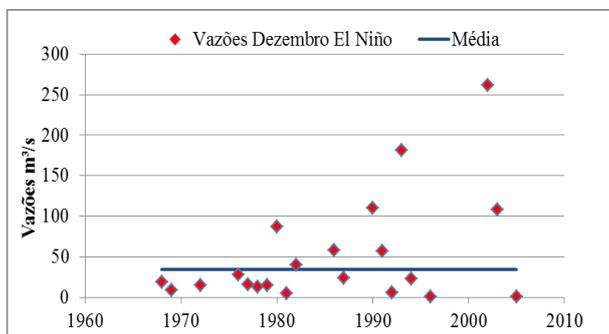


Figura 3- Gráfico das vazões mínimas de Dezembro (1968-2005) registradas em períodos de El Niño.

Como se observa na figura 2, todas as vazões medidas nos meses de Dezembro de 1968 a 2005 (La Niña) apresentaram-se abaixo da média mensal. Isso indica que o efeito climático La Niña tem forte influência nas vazões de mínimas. Em média, 77% dos valores das vazões mínimas medidas em anos de La Niña estão abaixo da média mensal e apenas 23% apresentam valores acima da média (tabela 2).

Na figura 3, percebe-se que em anos de El Niño existem vazões acima da média (35%). Porém, 65% das vazões estão abaixo da média mensal. Desta forma, este comportamento hidrológico permite avaliar que em anos de ocorrência de El Niño, sua influência sobre as vazões mínimas não é tão significativa quando comparada aos anos de La Niña.

Na tabela 2 está representada, em percentagem, a influência do ENOS sobre o comportamento das vazões mínimas em relação à média mensal.

Tabela 2- Porcentagem de vazões de referência acima e abaixo da média para anos de El Niño e La Niña.

Série 1968-2005	Porcentagem de vazões de referência de Q90 (m³/s)				
	Q média (m³/s)	> Média (El Niño)	< Média (El Niño)	> Média (La Niña)	< Média (La Niña)
1º semestre					
Janeiro	24,36	40	55	10	90
Fevereiro	40,50	22	78	30	70
Março	52,59	22	78	10	90
Abril	83,65	25	74	20	80
Maió	96,68	33	62	40	60
Junho	136,43	33	65	30	70
2º semestre					
Julho	157,0	35	65	40	60
Agosto	127,0	26	74	33	67
Setembro	89,0	35	65	27	73
Outubro	74,0	39	61	27	73
Novembro	57,0	43	57	7	93
Dezembro	34,0	35	65	0	100

Na tabela 2, pode-se observar que o efeito climático La Niña apresenta uma variação de 70 a 100 % para os valores de vazões mínimas (Q90), abaixo das vazões médias calculadas para cada mês. Estima-se que, com a redução do volume precipitado, ocorra também a redução das vazões existentes no rio, se for considerada a hipótese de que em anos de La Niña ocorrem vazões abaixo da média, devido à redução da precipitação. Percebe-se que os doze meses apresentam forte influência do Efeito climático La Niña, pois 77% dos valores estão abaixo da média e apenas 33% dos resultados de vazões aparecem acima das vazões médias referentes a cada mês.

Baseado nesta análise pode-se dizer que, em anos de La Niña, ocorrem reduções nas vazões mínimas do rio Santa Maria e que em 77% dos casos seriam possíveis identificá-las.

Se for realizada a mesma análise para os anos de ocorrência de El Niño, percebe-se que os valores de vazões acima das médias encontradas para o primeiro e segundo semestre da série histórica, variam de 22 a 43%. Isto indica que, mesmo em anos de El Niño, anos com maior índice pluviométrico e, teoricamente com vazões acima da média, esses efeitos não são sentidos significativamente no rio Santa Maria.

CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos, pode-se dizer que o efeito climático La Niña, apresenta maior influência nas vazões mínimas do rio Santa Maria, quando comparado ao El Niño. Este dado pode ser utilizado como informação para gestão de recursos hídricos, pois conforme análise realizada percebe-se que em anos de La Niña, ocorrem e podem existir vazões abaixo da média mensal, resultando assim em uma menor disponibilidade hídrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes, à FAPERGS, ao CNPq, à Universidade Federal de Santa Maria e ao grupo GEHRI do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas (2011). *HidroWeb – Sistemas de Informações Hidrológicas*. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 10/02/2013.

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. (2005). Variabilidade Climática e Agricultura do Rio Grande do Sul. In: *FEDERACITE*. “As Estiagens e as Perdas na Agricultura: Fenômeno Natural ou Imprevidência”? Esteio/ RS - EXPOINTER, cap. 13.

CENTRO DE PREVISÃO CLIMÁTICA DA NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION CPC/NOAA. (2013). *Frequently asked questions about El Niño and La Niña*. Disponível em: www.cpc.ncep.noaa.gov; Acesso em 10/03/2013.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS-CPTEC. (2013). *El Niño e La Niña*. Disponível em: <www7.cptec.inpe.br>. Acesso em 10/03/2013.

CRUZ, J. C.; TUCCI, E. M. (2008). Estimativa da Disponibilidade Hídrica através da Curva de Permanência. *RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Volume 13, n.1 Jan/Mar, pp. 111-124.

CRUZ, J. C.; SILVEIRA, G. L. (2007). Disponibilidade hídrica para outorga (i): avaliação por seção hidrológica de referência. *REGA*, Vol. 4, no. 2, pp. 65-76, jul./dez.

MARENGO, A. J.; OLIVEIRA, S. G. (1998). Impactos do Fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: Desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/99. In *Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Vol. 10, Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia. Disponível em: <http://mtcm15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.30.08.07/doc/Marengo_Impactos%20do%20fenomeno.pdf>. Acesso em: 12/03/2013.

MARENGO, J. A. (2008). Água e mudanças climáticas. *Estudos avançados* v.22 n°63, 2008. Disponível em <www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a06.pdf>. Acesso em 12/04/2013.

MARQUES, W. C, MÖLLER, O. O. (2008). Variabilidade Temporal em Longo Período da Descarga Fluvial e Níveis de Água da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Volume 13, n.3, Jul/Set, 155-163.

NUNES, A. M. P.; CAMARGO, P. F. J; BRAGA, L. S.; SANTOS, T. V; PINTO, L. B. (2012). Comportamento da precipitação no Rio Grande do Sul durante evento intenso de El Niño e La Niña. In *Anais do XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Gramado-RS, Climatologia Geral. Disponível em: <<http://cppmet.ufpel.edu.br/docs/nunes2012b.pdf>>. Acesso em: 14/04/2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA; SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (SEMA/UFSM) (2004). *Desenvolvimento de ações para implantação da Outorga na bacia do Rio Santa Maria, RS*. Relatório Final UFSM/DRH/SEMA, 99 p.