

## Variação espaço-temporal da Lagoa do Peixe frente aos eventos climáticos ENOS

Janusa Borsatto Sbruzzi<sup>1</sup>  
Eliana Lima da Fonseca<sup>1</sup>  
Dejanira Luderitz Saldanha<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS  
Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto- PPGSR  
Centro Estadual em Pesquisas em Sensoriamento Remoto e meteorologia-CEPSRM  
Caixa Postal: 15001- Porto Alegre - RS, Brasil  
janu.sbr@gmail.com  
eliana.fonseca@ufrgs.br  
dejanira.saldanha@ufrgs.br

**Abstract.** The difference in temperature and changes in trade winds in the Pacific sea are the main causes of climate phenomena El Niño and La Niña. These weather events, of global action, reflect the increase or decrease in rainfall, higher or lower temperatures than average, sometimes resulting in droughts, floods forest fires, and other natural disasters, depending on the latitude of the region. At Lagoa do Peixe in Mostardas / RS, excessive rainfall results in flooding of fields near livestock, and blocking the road connecting the beach. This work has the purpose cross the rainfall data of the site with the periods of greatest intensity of climate anomalies El Niño and La Niña, correlating with the years of natural opening and closing of the channel connecting the lagoon with the sea. Historical rainfall data and satellite images for the years 2002 to 2013 were crossed with the years of opening and closing the channel of the lagoon and climatic events El Niño and La Niña on the intention to correlate the facts. From the thirteen years of data presented, 75% responded as expected to the periods of El Niño, La Niña and neutral. The remaining 25% show that other large-scale phenomena may be involved. Understanding the consequences of ENSO in the city of Tavares is crucial for predicting the behavior of Lagoa do Peixe and planning of Lagoa do Peixe National Park.

**Palavras-chave:** Mouth lagoon, El Niño, La Niña, precipitation, embocadura da lagoa, El Niño, La Niña, precipitação.

### 1. Introdução

O fenômeno El Niño é o aquecimento anômalo das águas do Oceano Pacífico Equatorial (Central e Oriental) associado ao enfraquecimento dos ventos alísios da região e consequente diminuição da ressurgência na costa oeste da América do Sul. De efeito amplo, este fenômeno está ligado às anomalias dos padrões climáticos globais (Oliveira, 1999).

Dois componentes atuam em conjunto para formar o fenômeno El Niño são eles o oceânico e o atmosférico. O primeiro representa o aquecimento do mar e o segundo a Oscilação Sul (OS) que expressa a flutuação inversa da pressão atmosférica verificada entre os extremos leste (Tahiti, Polinésia Francesa; 17,5° S e 149,6° W) e oeste (Darwin, Austrália; 12,4° S e 130,9° E) do oceano Pacífico (Berlato e Fontana, 2003).

A variabilidade mútua oceano-atmosfera em escala de tempo interanual é conhecida como fenômeno ENOS, uma abreviação para El Niño-Oscilação Sul. O El Niño corresponde à fase quente do ENOS. A fase oposta, La Niña, consiste de um resfriamento da bacia do Pacífico tropical sendo a fase fria do ENOS. (Trenberth, 1997).

O Centro de Previsão Climática da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2014) identifica os eventos El Niño/La Niña por meio do Índice Oceânico Niño (ION). O ION corresponde à média de três meses consecutivos de anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região Niño 3.4 (5° N-5° S, 120° -170° W). Os dados de temperatura são baseados no período de 1971-2000 o qual é atualizado a cada cinco anos. Para ser classificado como um episódio El Niño e La Niña a TSM deve exceder 0,5 (El Niño) ou -0,5 (La Niña) durante pelo menos cinco meses consecutivos.

Grimm em 2000 e 2004 aponta impactos no clima da América do Sul resultantes da associação entre os eventos El Niño/La Niña e as anomalias positivas/negativas da temperatura da superfície do mar (TSM). A mesma autora, em 1998, indica o Sul do Brasil como uma das regiões subtropicais mais afetadas por esses eventos estando as anomalias de precipitação e TSM no Atlântico ligadas, principalmente no inverno posterior ao evento.

O El Niño, na região sul brasileira, é associado a excesso de chuva que ocasiona enchentes e alagamentos nos centros urbanos. Estas chuvas intensas ocorrem de maio a julho, com frentes frias que vêm do sul e que permanecem estacionadas por vários dias sobre a região. Os efeitos da La Niña se apresentam como passagens rápidas de frentes frias sobre a região sul, com tendência a diminuição de precipitação nos meses de junho a fevereiro (Oliveira, 1999).

O clima do litoral médio do Rio Grande do Sul, segundo a classificação de Köppen (1948), é enquadrado como subtropical de verões quentes (Cfa). Baseado nos dados do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, 2014a), a precipitação média para a região corresponde a 1500 mm anual e 125 mm mensal. Esse regime é mais característico de latitudes médias, com chuvas relativamente mais fortes no inverno, mais especificamente no trimestre jul-ago-set. (Cavalcanti, 2009).

A pluviosidade interfere diretamente na área de estudo, a Lagoa do Peixe, localizada no município de Tavares, no litoral médio do Rio Grande do Sul (figura 1). Associada aos ventos oeste e sudoeste que ocorrem no inverno, as chuvas intensas determinam a abertura do canal da lagoa. Quando a pluviosidade é alta, porém insuficiente para a abertura do canal, os campos nos arredores da lagoa e a principal estrada de acesso à praia do Farol são inundados. Os prejuízos se refletem na pecuária, na pesca do camarão e no transporte dos moradores locais.

É importante conhecer e prever com antecedência a atuação desses fenômenos climáticos para que os efeitos negativos sejam mitigados. Por esse motivo, o objetivo deste estudo é relacionar os eventos de precipitação do município de Tavares/RS, com os eventos El Niño e La Niña e a abertura e fechamento natural da embocadura da Lagoa do Peixe.

## **2. Área de estudo**

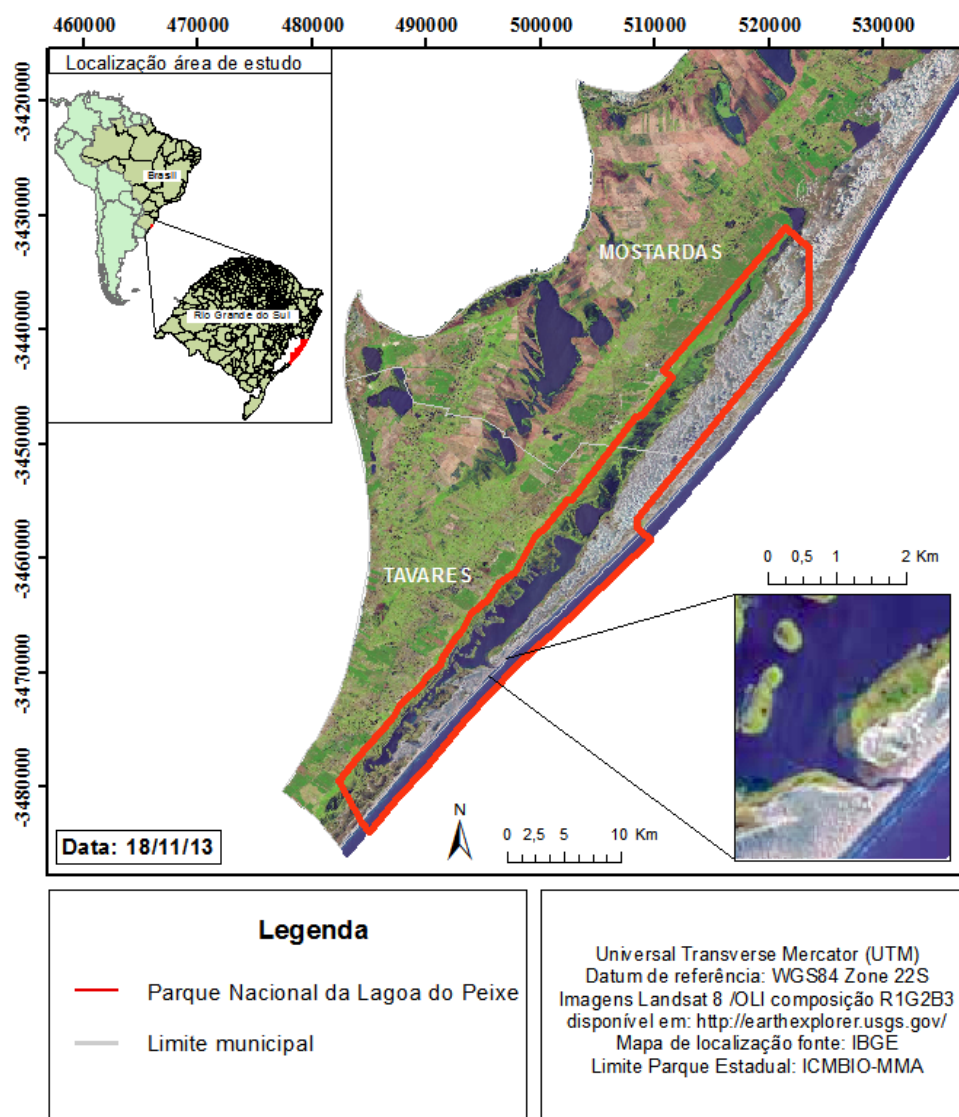
A Lagoa do Peixe é marcada pela extrema variabilidade e mobilidade do ambiente em curtos períodos de tempo, decorrentes das condições meteorológicas e da ação dos ventos (Tagliani, 1992). Ela se comunica com o mar através de um canal localizado na porção média do seu comprimento (Figura 01). As águas salobras, resultantes dessa ligação, são ideais para o desenvolvimento de siris, camarões, peixes e aves (Santos, 2000).

Integrante do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, criado pelo Decreto Federal nº 93.546 de 1986, tem área de 367 km<sup>2</sup>, sendo 65% pertencente ao município de Tavares e 35% de Mostardas. Limita-se as coordenadas geográficas 31° 00' 46" a 31° 29' 00" de latitude sul e 50° 46' 31" a 51° 09' 51" longitude oeste.

O canal da Lagoa do Peixe é importante pela comunicação periódica com o mar possibilitar a entrada de espécies de interesse comercial, como é o caso do camarão. Esse e outros organismos são alimento para aves regionais e migratórias que utilizam o ambiente da laguna para descanso ou reprodução (Knak, 1999). Todavia, o canal não é fixo por obras de engenharia, precisando ser aberto artificialmente para que ocorra a ligação entre os dois ambientes.

A comunicação da lagoa com o mar ocorre durante os meses de inverno e primavera e permanece até o verão (dezembro/janeiro), quando os ventos N e NE transportam e fecham com sedimento arenoso a barra. No inverno, próximo a agosto, os níveis de precipitação tornam-se mais elevados e alagam os marismas e campos as margens da laguna, incluindo

áreas de plantio e pasto. Por essa razão, agricultores e pecuaristas exigem do IBAMA e da Prefeitura de Tavares a abertura artificial do canal, realizada nesse período (Knak, 1999).



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo, o canal da Lagoa do Peixe, pertencente ao Parque Nacional da Lagoa do Peixe RS.

A abertura natural da barra é rara ocorrendo apenas em anos de pluviosidade anômala em que a forte drenagem continental impede a deposição sedimentar na desembocadura (Knak, 1999). A problemática do alagamento da lagoa também traz transtornos aos moradores das proximidades da praia do Farol. Em períodos em que há um aumento do volume hídrico, decorrente da precipitação, a Estrada do Talhamar, principal acesso da praia à Rodovia BR 101, é alagada pela Lagoa do Peixe e a passagem do público é inviabilizada temporariamente.

### 3. Metodologia

Dados históricos de pluviosidade anual do município de Mostardas, correspondentes ao período de 2001 a 2013, foram adquiridos do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, 2014a). Como a abertura artificial da embocadura ocorre entre julho e setembro, o período utilizado para o cálculo de precipitação anual é de julho do ano anterior até junho do ano em questão, logo a precipitação anual de 2001 corresponde a julho de 2000 a junho de 2001, e assim

sucessivamente. Essas informações foram comparadas com os dados históricos dos eventos climáticos ENOS da região Niño 3.4, adquiridos do banco de dados da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2014). Para caracterizar a intensidade dos eventos ENOS, foi utilizada a tabela 1, com base nas informações fornecidas pelo *Golden Gate Weather Service* (2014).

Tabela 1. Critérios para classificação da intensidade do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

<b>Evento</b>	<b>Valor do ION<sup>(1)</sup></b>	<b>Intensidade</b>
El Niño	$\geq 1,5$	Forte
	1,0 a 1,4	Moderada
	0,5 a 0,9	Fraca
Neutralidade	-0,4 a 0,4	Neutro
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,4	Moderada
	$\leq -1,5$	Forte

<sup>(1)</sup>ION: média dos valores do Índice Oceânico do Niño.

Para correlacionar com a abertura e fechamento do canal da Lagoa do Peixe, foram adquiridas do banco de dados do Serviço Geológico norte americano (USGS, 2014) seis imagens dos satélites Landsat 5 e 7 (tabela 2), com resolução espacial nominal de 30m e radiométrica de 8bits, correspondentes aos períodos de maior e menor pluviosidade registrados.

Tabela 2. Dados referentes às imagens de satélite utilizadas para o estudo.

<b>Satélite</b>	<b>Sensor</b>	<b>Órbita/ponto</b>	<b>Data da imagem</b>
Landsat 7	ETM+	220/082	14/06/2002
Landsat 5	ETM	221/082	18/07/2003
Landsat 5	ETM	221/082	24/06/2006
Landsat 5	ETM	220/082	08/08/2008
Landsat 5	ETM	220/082	28/08/2009
Landsat 5	ETM	221/082	09/04/2010

A embocadura da lagoa foi analisada visualmente nas imagens e com o uso da ferramenta de SIG, programa SPRING versão 5.2.6, disponibilizado pelo INPE (2014b). No software foi realizada a classificação automática das imagens para facilitar a visualização do canal, utilizando para isso a composição dos comprimentos de onda do vermelho, infravermelho próximo e médio, pelos quais é possível a distinção dos elementos da paisagem presentes. No comprimento de onda do vermelho (0,63-0,69  $\mu\text{m}$ ) a areia apresenta alta reflectância, e os demais elementos água e vegetação tem alta absorção, por esse motivo, a banda é utilizada para identificação de atividades agrícolas, dada a propriedade de absorção da radiação pela clorofila. Na faixa espectral do infravermelho próximo (0,76-0,90  $\mu\text{m}$ ) a vegetação e a areia refletem muita energia ao contrário da água que absorve totalmente. Sendo assim, a banda é utilizada para delimitar corpos d'água e drenagens, bem como áreas agrícolas e realizar estudos de solo. Na faixa espectral do infravermelho médio (1,55-1,75  $\mu\text{m}$ ) a água e a vegetação apresentam alta absorção de energia e o solo alta reflectância. Esta faixa é utilizada para análise da saúde vegetal e demarcação dos corpos d'água e drenagens (Fitz, 2008; Jensen, 2009; Novo, 2010).

A técnica de classificação utilizada foi a supervisionada, o qual exigiu previamente a seleção de amostras das classes espectralmente representativas, separadas neste trabalho binariamente em água, tema de interesse, dos demais elementos circundantes (não água). As amostras fazem parte do treinamento do algoritmo o qual designará cada pixel da cena as suas respectivas classes espectrais (Novo, 2010; Schowengerdt, 2007). Para o processo foi utilizado o algoritmo classificador de Máxima Verossimilhança (MaxVer) apontado por Jensen (2005) como o mais adotado entre os algoritmos de classificação paramétricos.

#### 4. Resultados

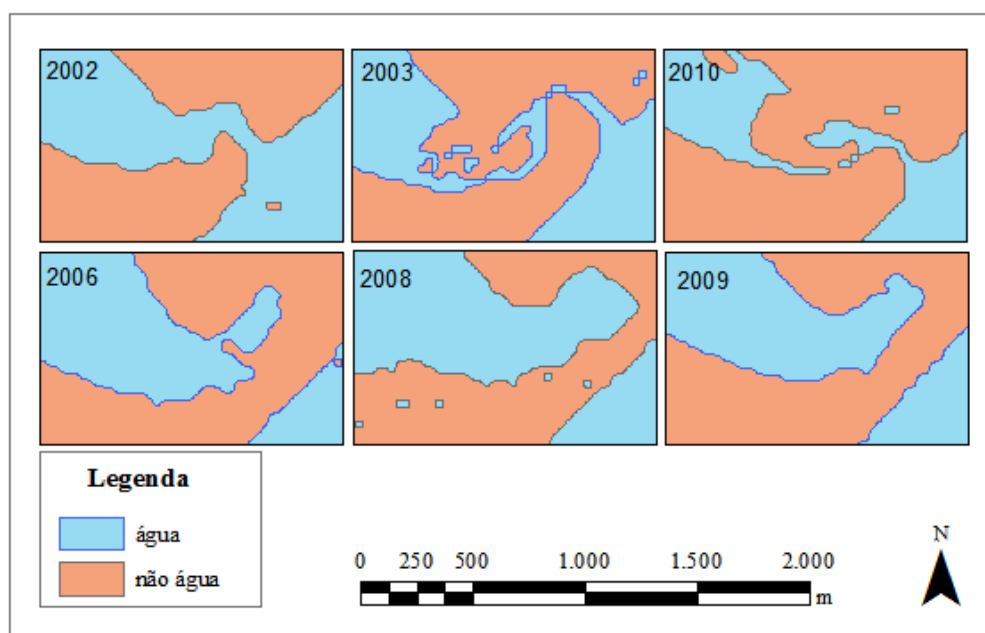
As informações de precipitação do município de Tavares/RS, os eventos de anomalias climáticas El Niño/La Niña e os períodos de ligação de 2001 a 2013 entre a Lagoa do Peixe e o mar, obtidos do banco de dados do ICMBIO (2014) estão apresentadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Relação entre os anos de maior e menor precipitação no município de Tavares/RS no período de 2001 a 2013, com a presença dos eventos ENOS e a abertura e fechamento natural da embocadura da Lagoa do Peixe.

Precipitação anual(mm) <sup>(2)</sup>	Ano	ENOS	Estado do canal
1127,6	2012	La Niña	aberto
1249,7	2005	El Niño	fechado
1267,5	2011	La Niña	fechado
1275,6	2004	Neutro	fechado
1310,1	2006	La Niña	fechado
1351,8	2009	La Niña	fechado
1390,6	2008	La Niña	fechado
1488,1	2013	Neutro	fechado
1509,5	2007	El Niño	aberto
1587,0	2010	El Niño	aberto
1770,2	2001	La Niña	fechado
2060,2	2003	El Niño	aberto
2078,2	2002	El Niño	aberto

<sup>(2)</sup> Precipitação anual (mm) com início no mês de julho do ano anterior.

Para os anos de 2002, 2003, 2006, 2008, 2009 e 2010 foram gerados mapas temáticos (figura 2) mostrando a situação da embocadura do canal da Lagoa do Peixe, gerada a partir da classificação das imagens Landsat.



**Figura 2.** Abertura (2002, 2003, 2010) e fechamento (2006, 2008, 2009) natural do canal da Lagoa do Peixe-Mostardas/RS.

Observa-se que nos anos de 2001, 2002, 2003 e 2010 a abertura do canal da Lagoa do Peixe está relacionada com os anos de incidência do fenômeno El Niño, no Pacífico Equatorial, e como consequência, às maiores pluviosidades anuais registradas para área. O fechamento da embocadura nos anos de 2006, 2008 e 2009 (figura 2) está ligado às menores precipitações anuais, decorrentes do evento La Niña. Os dados corroboram com as consequências esperadas para o Rio Grande do Sul em presença dessa anomalia climática, com tendência de diminuição de precipitação nos meses de junho a fevereiro (Oliveira, 1999).

Os anos de neutralidade do ENOS ocorreram em 2004 e 2013, com valores intermediários de precipitação e canal fechado. Dos treze anos avaliados, 76,92% dos dados responderam como esperado para os anos de El Niño, La Niña e neutralidade. Desse total, 30,77% correspondem a períodos de El Niño e La Niña e 15,38% a neutros. Os dados encontrados corroboram com os encontrados por Grimm (1998) e Diaz (1998) os quais apontam em seus estudos que as anomalias de precipitação no sul do Brasil estão fortemente associadas aos fenômenos El Niño e La Niña.

Os demais períodos de 2001, 2005 e 2012, ou seja, 23,08% dos anos avaliados, não apresentam uma relação direta com o conjunto de dados o que pode ser explicado por efeitos intrasazonais que atuam juntamente com o El Niño Oscilação Sul (ENOS). Segundo Fontana e Berlato (1996), no Rio Grande do Sul o El Niño produz anomalias positivas de precipitação pluvial e La Niña anomalias negativas, porém nem todo o ano com chuvas acima da normal é ano de ocorrência do fenômeno ENOS, visto que fatores locais podem interferir no total de precipitação.

Outros autores também associaram a precipitação com os efeitos do ENOS no sul do Brasil (Grimm, 2011 e 2000; Cataldi, 2010, Kane, 2002; Sansigolo, 2000). No litoral do Rio Grande do Sul, Calliari (2009) justifica a variação significativa das chuvas na bacia de drenagem da Lagoa dos Patos aos eventos de grande escala como o El Niño Oscilação Sul, onde predominam períodos úmidos e secos sob os eventos de El Niño e La Niña, respectivamente.

## 5. Considerações finais

As informações dos máximos e mínimos volumes pluviométricos anuais, entre 2001 e 2013, do município de Tavares/RS, cruzadas com a abertura e fechamento natural da embocadura da Lagoa do Peixe coincidem com 76,92% dos eventos de anomalias climáticas El Niño (máximas pluviais) e La Niña (mínimas pluviais). Os dados discordantes são resultado de fatores locais ou de outros fenômenos de grande escala que podem estar envolvidos, e, em conjunto com o ENOS, resultam em precipitações irregulares.

O entendimento das consequências do ENOS na Lagoa do Peixe é fundamental para a previsão do comportamento da embocadura do canal e para o planejamento e tomada de decisões importantes pelo ICMBIO para o Parque Nacional da Lagoa do Peixe. Hoje existem dúvidas do órgão ambiental quanto a necessidade ou não de fixação da barra, escolha do local para implantação de estradas para acesso ao parque, entre outras, as quais só poderão ser implantadas com estudos aprofundados da área.

## Bibliografia

- Berlato, M. A.; Fontana, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul: aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 110 p.
- Calliari, L.J. et al. Fine grain sediment transport and deposition in the Patos Lagoon–Cassino beach sedimentary system. **Continental Shelf Research**. v 29, n. 3, p. 515–529, 2009.
- Cataldi, M. et al. Estudo da influência das anomalias da TSM do Atlântico Sul extratropical na região de confluência Brasil Malvinas no Regime hidrometeorológico de verão do Sul e Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.4, p. 513-524, 2010
- Cavalcanti, I. F. A. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463 p.
- Diaz, A. F. et al. Relationships between Precipitation Anomalies in Uruguay and Southern Brazil and Sea Surface Temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. **Journal of Climate**, v.11, p.251-271, 1998.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). Disponível em:< <https://www.arcgis.com/features/>> Acesso em: 24 out. 2014.
- Fitz, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.
- Fontana, D.C.; Berlato, M.A. Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.2, p.39-46, 1996.
- Golden Gate Weather Service. Disponível em:< <http://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em: 07 de out. 2014.
- Grimm, A. et al. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.11, p.2863-2880, 1998.
- Grimm, A. climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**. v. 13, p. 35-58, 2000.
- \_\_\_\_\_. How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil?, **Climate Dynamics**. v 22, p.123–138, 2004.
- \_\_\_\_\_. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 25, n. 4, p. 537-554, 2011.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), unidade de Tavares/RS. 2014.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Departamento de Sensoriamento Remoto. Series View. Disponível em: <<https://www.dsr.inpe.br/laf/series/index.php>>. Acesso em: 23 set. 2014a.

\_\_\_\_\_. Divisão de Processamento de Imagens. SPRING. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>>. Acesso em: 18 mai. 2014b.

Jensen, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 3. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2005. 526 p.

\_\_\_\_\_. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução de José Carlos Neves Epiphanyo (Coord.). 4. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

Kane, R. P. Precipitation anomalies in Southern South America associated with a finer classification of El Niño and La Niña Events. **International Journal of Climatology**, v. 22, p. 357–373, 2002.

Knak, R. B. (Org). **Plano de Manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe: Fase 2**. IBAMA/FNMA/FURG/NEMA/UFPe, 1999. 465 p.

Koppen, W. **Climatología: Con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). National Weather Service. Disponível em: <[http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)>. Acesso em: 23 set. 2014.

Novo, M. L. M. E. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4.ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

Oliveira, G. S. **O El Niño e você: o fenômeno climático**. São José dos Campos: TRANSTEC, 1999. 116 p.

Sansigolo, C. A. Influência dos eventos El Niño e La Niña no regime de precipitação de Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 1, p. 69-75, 2000.

Santos, S. et. al. Composição e distribuição dos Crustacea (Decapoda) na Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 17, n. 1, p. 213-223, 2000.

Schowengerdt, Robert A. **Remote sensing: models, and methods for image processing**. 3rd. ed. Burlington: Academic Press, 2007. 515 p

Tagliani, C. R. et al. Geologia e geomorfologia da porção sul do parque nacional da Lagoa do Peixe, RS, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37., 1992 : São Paulo, SP. **Boletim de resumos expandidos**. São Paulo: SBG, 1992. vol.2, p. 292-293.

Trenberth, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78 n. 12, p. 2771-2777, 1997.

United States Geology Service (USGS). Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 22 set. 2014.