

Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo na Estação Ecológica do Taim, RS, no ano de 2009: análise durante o verão, outono, inverno e primavera.

Spectral behavior of NDVI obtained by active optical sensor in Taim Ecological Station, RS, in 2009: analysis during the summer, fall, winter and spring.

João Paulo Delapasse Simioni¹

Universidade Federal de Santa Maria
geojoaopaulo@gmail.com

Cássio Arthur Wollmann²

Universidade Federal de Santa Maria
cassio_geo@yahoo.com.br

Resumo: O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é um índice utilizado principalmente em estudos ambientais e biogeográficos, que permite a realização de análises, em diversas escalas, da cobertura vegetal de determinada área. Esta pesquisa teve por objetivo geral a utilização dos sistemas de informação geográficas (SIG's) na identificação do Comportamento do NDVI na Estação Ecológica do Taim (ESEC), RS, durante as quatro estações do ano de 2009 através de imagens da Série Landsat 5. A utilização do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), hoje gerado a partir de imagens de diversos sensores orbitais, mostrou-se uma ferramenta eficiente e de baixo custo para o estudo temporal do vigor vegetativo da ESEC TAIM. Deste modo, apesar de ser uma área com banhados, a ESEC TAIM apresenta um regime hidrológico bastante variado durante as diversas épocas do ano, apresentando assim diversos índices de vegetação anualmente, tornando-se um ambiente de biota multivariado, porém cada uma com sua contribuição diversificada.

Palavras-chave: NDVI, ESEC Taim, Rio Grande do Sul, Cobertura vegetal, Estações do ano.

Abstract: The NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) is an index used mainly in environmental and biogeographical studies, which allows the analysis in different scales, the vegetation of an area. This research was overall objective the use of geographical information systems (GIS) to identify the NDVI behavior at Taim Ecological Station (ESEC), RS, during the four seasons 2009 through images of Landsat 5 Series. The use of NDVI (*Vegetation Index Normalized Difference*), today generated from images of different satellite sensors, proved to be a cost-effective and efficient tool for the temporal study of the growing force of ESEC Taim. Thus, despite being an area with wetlands, ESEC Taim has a very varied hydrological regime during the various times of the year, thus presenting various vegetation indices annually, making it a biota multivariate environment, but each with its contribution diversified.

¹ Geógrafo pela Universidade Federal de Santa Maria/RS. Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

² Geógrafo / Prof. Dr. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Departamento de Geociências, Curso de Geografia.

Keywords: NDVI, ESEC Taim, Rio Grande do Sul, land cover, seasons.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a chegada dos satélites de Sensoriamento Remoto tem beneficiado a realização de levantamentos à distância de variações físicas e químicas da superfície terrestre em áreas extensas e inóspitas, favorecendo, sobretudo, os mapeamentos e monitoramentos sazonais da superfície terrestre. A composição espectral do fluxo radiante derivada da superfície da Terra produz informações sobre propriedades físicas, químicas e biológicas de solos, vegetações e águas que caracterizam o sistema terrestre (HUETE, 1988).

Deste modo, a análise temporal da vegetação por meio de imagens de satélite admite explorar transformações decorridas na área sob análise, em geral pelo registro de informações sob o formato de um mapa. Uma forma usual de se obter mapas temporais que denotam a paisagem constitui-se no emprego da técnica de classificação digital por Sensoriamento Remoto. (VENTURIERI; SANTOS, 1998).

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é um índice utilizado principalmente em estudos ambientais e biogeográficos, que permite a realização de análises, em diversas escalas, da cobertura vegetal de determinada área, através da produção de escalas de medidas lineares, sendo que os problemas com divisão por zero tornam-se minimizados. A escala deste índice pode variar de -1 a $+1$, onde o valor zero refere-se à, na grande maioria das vezes, áreas ausentes de vegetação. Assim, valores negativos representam outras superfícies que não vegetação, enquanto valores positivos indicam superfícies completamente cobertas por vegetação.

Nos trabalhos envolvendo este tipo de monitoramento, é muito comum o uso de sensores eletro-ópticos, como os da série Landsat, que geram imagens multiespectrais e multitemporais, a partir da detecção da energia refletida pelos alvos situados na superfície em específicas faixas do espectro eletromagnético, especialmente na região do vermelho (banda 3) e do infravermelho próximo (banda 4), onde a vegetação interatua de forma mais intensa com a radiação solar incidente (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

No extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul está localizada a Estação Ecológica do Taim (ESEC). Criada através do Decreto Federal nº 92.963, de 21 de Julho de 1986, e segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, 2000) é classificada como unidades de conservação de Proteção Integral, cujo Artigo 2º, Parágrafo VI coloca que sua

principal função é a “manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais”.

Ao longo da história, estudos envolvendo o geoprocessamento em unidades de conservação são relativamente pouco explorados. Este fato varia por diversos fatores que vão desde aspectos geográficos como a localização da UC até autorizações necessárias para exercer pesquisas dentro da unidade de conservação, adquiridas, junto ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Segundo Baptista (2006), o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada é usado para caracterizar a vegetação através da sua saúde e produtividade. Esse índice permite identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial bem como a evolução de seu estado ao longo do tempo, a qual é determinada pelas variações das condições climáticas reinantes.

Estudos anteriores realizados por Kurtz; et. al. (2001) e Kurtz (2003) objetivaram a realização do zoneamento dos banhados do Taim, visto que este apresenta instabilidade hídrica em diversos períodos do ano. Deste modo foi desenvolvida uma carta geral do zoneamento, apresentando a identificação de atividades adequadas para cada setor da unidade de conservação e seu respectivo manejo.

OBJETIVO DA PESQUISA

Esta pesquisa teve por objetivo geral a utilização dos sistemas de informação geográficas (SIG's) na identificação do Comportamento do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) na Estação Ecológica do Taim durante as quatro estações do ano de 2009, por meio de utilização de imagens da Série Landsat 5.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Estação Ecológica (ESEC) do Taim está localizada no extremo sul do Brasil, no Estado do Rio Grande do Sul (Figura 01), na Planície Litorânea, com altitudes não superiores a 20 metros acima do nível do mar, é considerada, pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2011) a Unidade de Conservação Federal mais ao Sul do território brasileiro, e segundo a Fundação Zoobotânica do Estado do Rio Grande do Sul (FZBRS, 2015), a ESEC localiza-se dentro do Bioma Pampa, em litoral lagunar, mas em duas ecorregiões com vegetação distintas: os Campos Sulinos e a Vegetação de Restingas da Costa Atlântica.



Figura 1 – Localização da área de estudo.
Org.: Wollmann; Simioni (2016).

Em relação ao clima, a ESEC Taim está localizada na porção menos chuvosa do Rio Grande do Sul (Sartori, 1993; Rossato, 2011; Wollmann, 2011; Wollmann, Simioni 2013; Wollmann, Simioni, Iensse, 2015), com grande variação térmica (amplitude) anual e é a área do Estado mais afetada pela Corrente Marítima Fria das Falklands, além das passagens semanais de Ciclones Extratropicais (PANCOTTO, 2007) que conferem à região, especialmente no inverno, o clima mais frio e hostil do Estado.

Do ponto de vista socioeconômico, Wollmann; Simioni (2013) em um estudo recente destacam o desenvolvimento das atividades rizícolas e silvicultoras, além da ligação direta com o Uruguai, através da BR 471 que liga Pelotas e Rio Grande a Santa Vitória do Palmar e Chuí, e que atravessa a ESEC. Os limites oficiais da ESEC Taim estendem-se por dois municípios: Rio Grande e Santa Vitória do Palmar (repartindo, mais ou menos, 30% e 70% de seu território para cada município, respectivamente), e entendendo-se por uma área de 33.815 hectares.

Ainda, atividades turísticas em balneários (Hermenegildo e Cassino), além do Porto de Rio Grande constituem-se nos principais impactos nas áreas do entorno da ESEC, mas localizados a mais de dez quilômetros dos limites legais da estação.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização deste estudo remoto, primeiramente foram selecionadas as imagens de satélites junto ao banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A escolha pelo sensor da série Landsat 5 deu-se principalmente pela disponibilização gratuita das imagens e também devido ao fato de que as imagens Landsat 5 TM representam a maior e a mais antiga série de dados orbitais existentes.

Dentre as imagens disponibilizadas na website do INPE, foram escolhidas as imagens com datas de passagens de 23 de janeiro, 29 de abril, 03 de agosto e 22 de outubro, todas do ano de 2009, a fim de contemplar as quatro estações do ano, verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

Nestas imagens foram realizados, no SIG ArcGIS 9.3, os processamentos representados na Figura 2, baseando-se na metodologia proposta por Ferrari; Santos; Garcia (2011) e tendo sempre a projeção final do projeto o sistema UTM/WGS84.

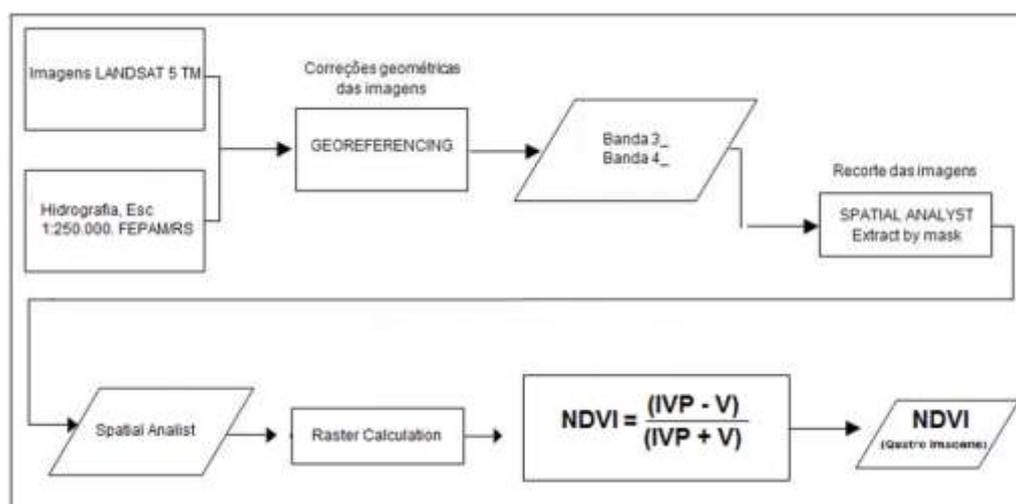


Figura 2 – Representação esquemática da metodologia proposta por Ferrari; et. al. (2011). Adaptações: Wollmann; Simioni (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A imagem de NDVI referente ao dia 23-01-2009 da ESEC TAIM está representada na Figura 3. Visualmente, é possível notar ao norte da lagoa Mangueira uma extensa faixa onde não ocorre a presença de vegetação (NDVI entre -1 a -0,5). Esta faixa em tonalidade verde claro representa a parte do banhado onde possivelmente o solo está exposto ou com vegetação rasa e dispersa.

Esta área, em tempos remotos representava a ligação entre a Lagoa Mangueira e a Lagoa Mirim. Porém, para o dia 23 de janeiro de 2009 o banhado apresentou uma condição

meteorológica com pouco total pluviométrico registrado, e sem a presença de vegetação. Isto deve-se ao fato de esta região apresentar o menor regime pluviométrico do Estado do Rio Grande do Sul aliada à rizicultura existente ao entorno da ESEC, a qual, interfere de forma direta no regime pluviométrico da região.

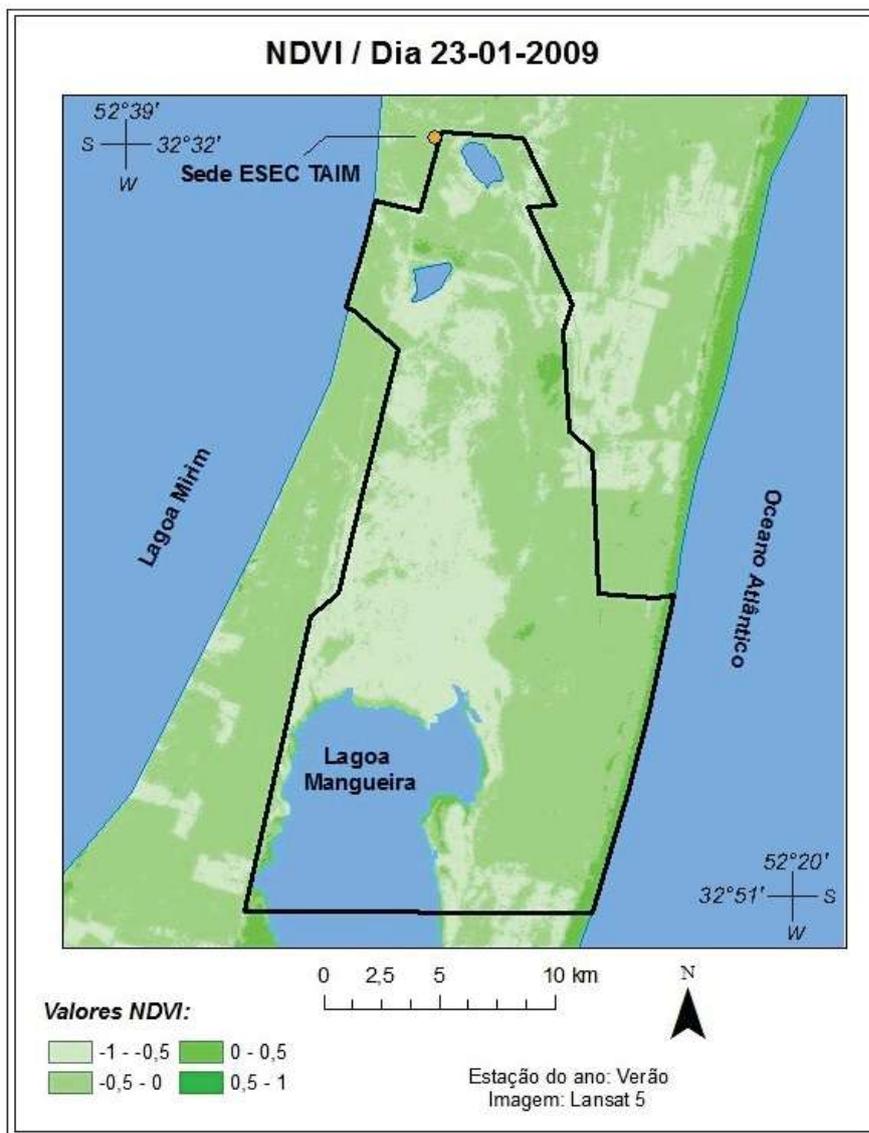


Figura 3 - Comportamento do NDVI referente ao dia 23/01/2009.
Org.: Simioni; Wollmann (2016).

A figura 4 demonstra o regime pluviométrico dos três meses anteriores na estação meteorológica do INMET da cidade de Santa Vitória do Palmar situada a aproximadamente 115 quilômetros de distância ao sul da ESEC TAIM.

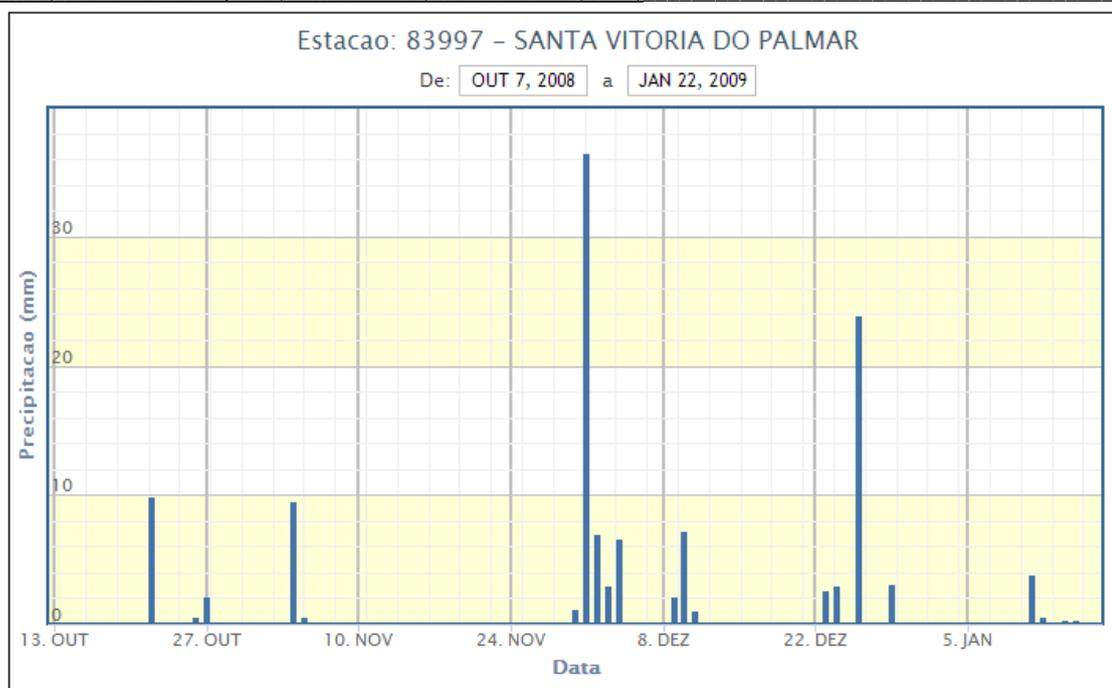


Figura 4 – Precipitação acumulada entre os meses de outubro de 2008 a janeiro de 2009 na estação meteorológica de Santa Vitória do Palmar, RS.
Fonte: INMET.

Na figura 4 é possível verificar o baixo registro pluviométrico da região no período de outubro de 2008 a janeiro de 2009, ou seja, em três meses choveu aproximadamente 136mm. Este baixo total pluviométrico aliado à grande demanda de água para a rizicultura são fatores que têm influência de forma direta no NDVI da ESEC Taim.

A figura 5 representa o dia 29 de abril de 2009, no período de outono. Vê-se nesta imagem que o banhado ao norte da lagoa Mangueira apresenta um maior índice vegetativo se comparado ao mês de janeiro. Isto deve-se ao fato da ocorrência de um aumento no índice pluviométrico na área, o qual tem por consequência um aumento do índice de NDVI.

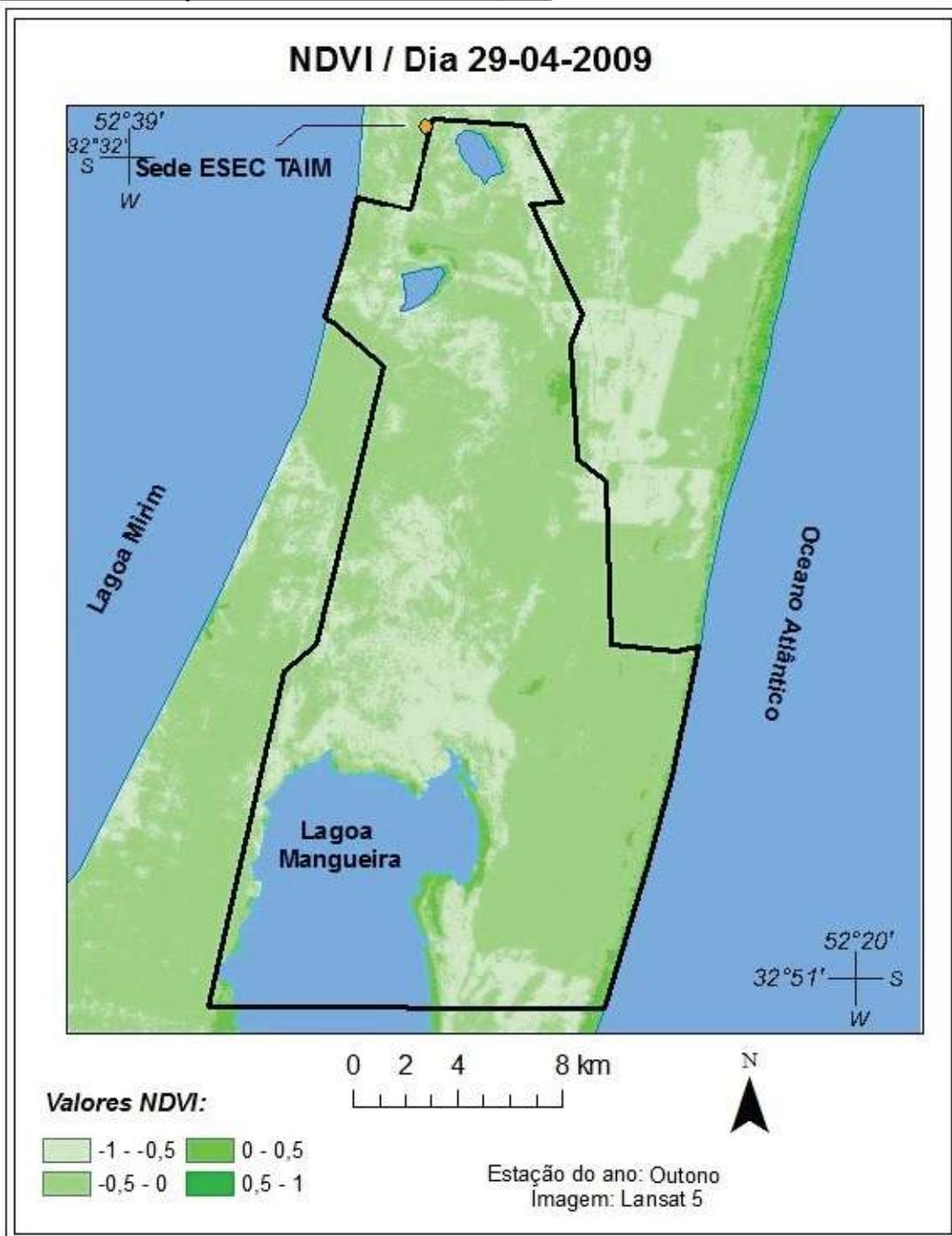


Figura 5 – Comportamento do NDVI referente ao dia 29-04-2009.
Org.: Simioni; Wollmann (2016).

Ao nordeste da Lagoa Mangureira tem-se uma área com o NDVI muito baixo ou nulo, devido a ocorrência de dunas de areia no local, impossibilitando uma densidade vegetativa.

A figura 6 representa a acumulação pluviométrica dos meses de fevereiro a abril de 2009. Verifica-se nesta figura que o regime pluviométrico é maior que o verificado nos meses anteriores, isto justifica o fato de o NDVI ser maior no mês de abril se comparado ao mês de

janeiro. Neste período, segundo o INMET choveu aproximadamente 267 milímetros, o equivalente a quase o dobro do índice pluviométrico dos três meses anteriores.



Figura 6 - Precipitação acumulada entre os meses de fevereiro a abril de 2009 na estação meteorológica de Santa Vitória do Palmar, RS.
Fonte: INMET.

Na figura 7, referente ao mês de agosto de 2009, nota-se que a vegetação passa a ocupar quase que toda a parte do banhado central (ao norte da Lagoa Mangueira), restando apenas pequenas áreas com solo exposto. Por ser no inverno, possivelmente a umidade tem influência direta neste alto índice de NDVI. Neste período, verifica-se que quase a totalidade dos limites da ESEC Taim passa a ser tomada pela vegetação com valores aproximados a zero.

No entanto a área com a presença de dunas, a nordeste da ESEC (entre o limite da ESEC e o Oceano Atlântico), não apresenta em nenhum momento vegetação, sendo seu valor constante igual ou próximo a -1, pois, como referido anteriormente, nestas áreas não ocorre a presença de vegetação.

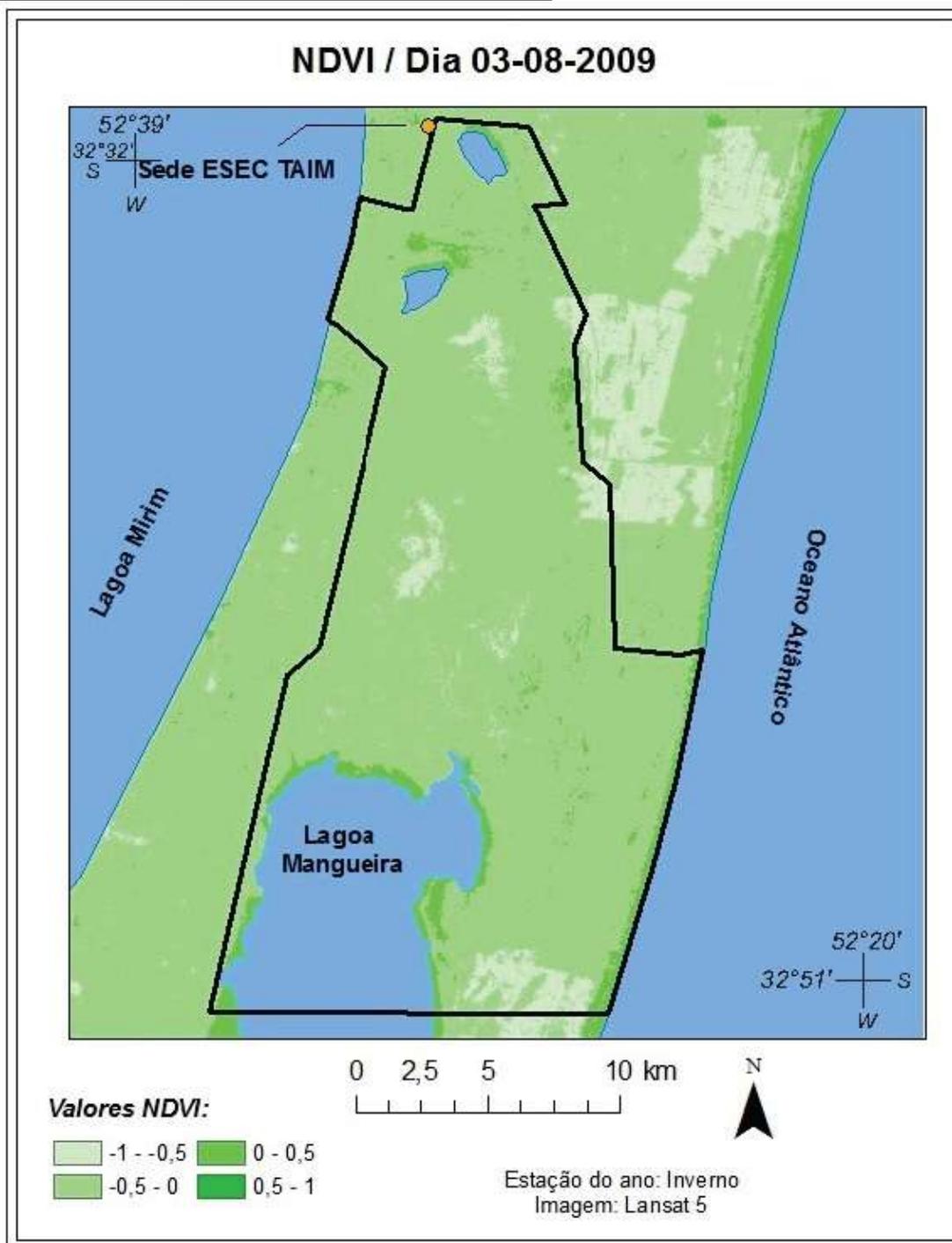


Figura 7 - Comportamento do NDVI referente ao dia 03-08-2009.
Org.: Simioni; Wollmann (2016).

Ao leste da sede do Taim, as margens do oceano atlântico, nota-se uma extensa faixa com tonalidade em verde mais escuro (0 – 0,5), neste local tem-se a presença de uma grande área de silvicultura.

A figura 8 mostra a acumulação pluviométrica durante os meses de junho, julho e agosto de 2009. Este período é favorável a umidade, pois além de o inverno ser a estação mais

úmida, este é também um período entre safra, onde a demanda hídrica por parte da rizicultura é quase que inexistente. Neste período choveu na estação meteorológica do INMET em Santa Vitoria do Palmar aproximadamente 200mm.

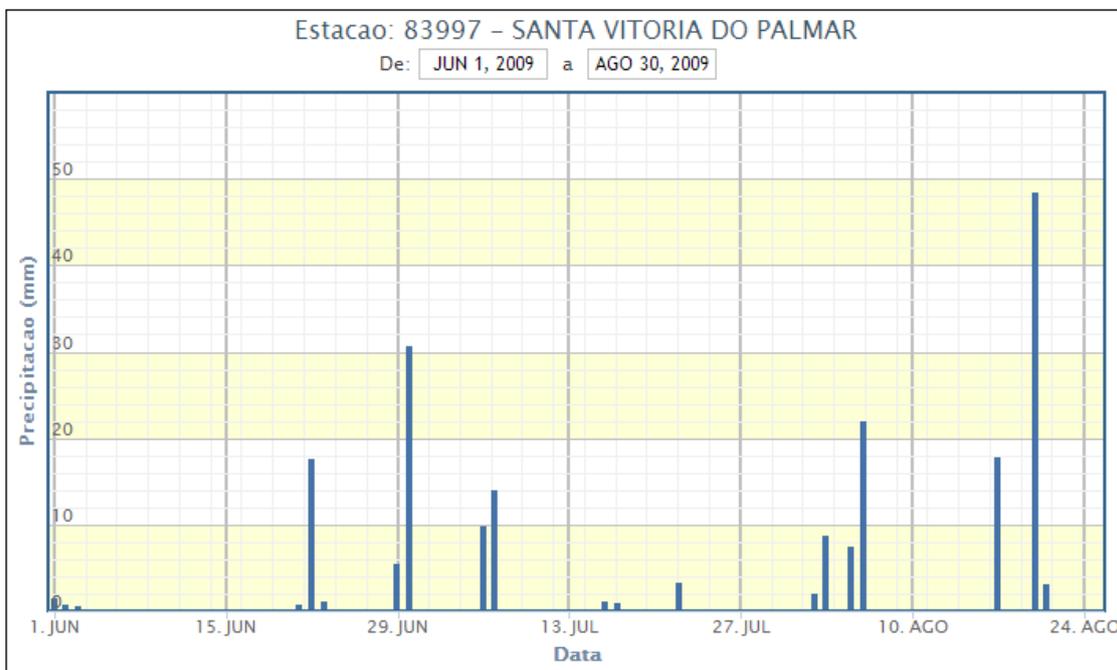


Figura 8 - Precipitação acumulada entre os meses de junho, julho e agosto de 2009 na estação meteorológica de Santa Vitória do Palmar, RS.
Org.: Simioni; Wollmann (2016).

A figura 9 representa o NDVI durante a primavera, conhecida como a “estação das flores”, sendo possível verificar um aumento total do índice, sendo possível verificar até valores próximos de 0,5 a 1, considerados índices máximos de vigor vegetativo. Este valor máximo de NDVI é encontrado principalmente as margens da lagoa Mangueira, assim como nas margens de outras lagoas existentes na área.

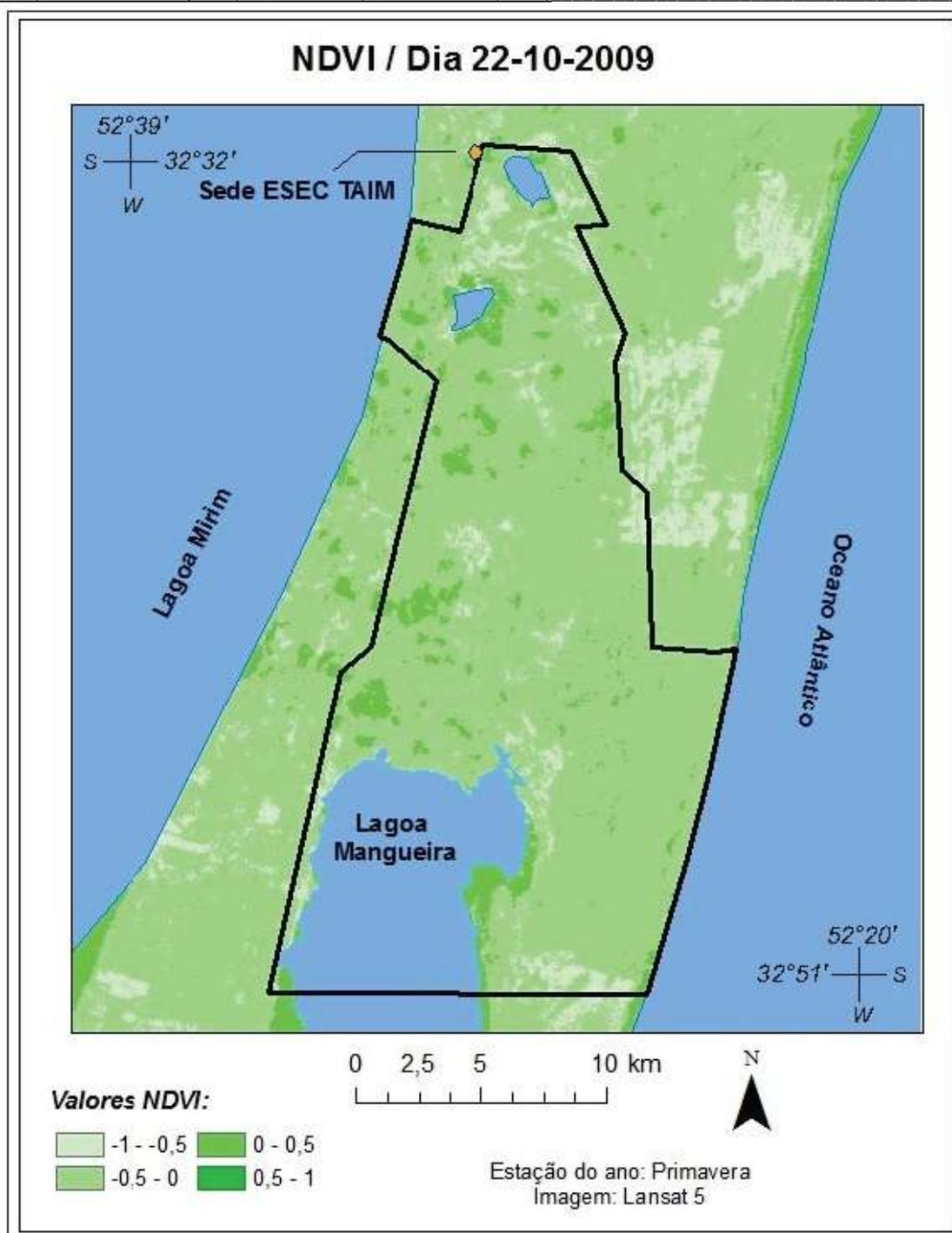


Figura 9 - Comportamento do NDVI referente ao dia 22-10-2009.
Org.: Simioni; Wollmann (2016).

A figura 10 mostra o regime pluviométrico entre os meses de agosto, setembro e outubro de 2009. Este foi o período mais chuvoso do ano, e consequentemente o período em que o NDVI teve o maior índice. Entre os três meses de análise choveu aproximadamente 321 milímetros. Este fato confirma o alto índice de vigor vegetativo encontrado durante a primavera na ESEC Taim.

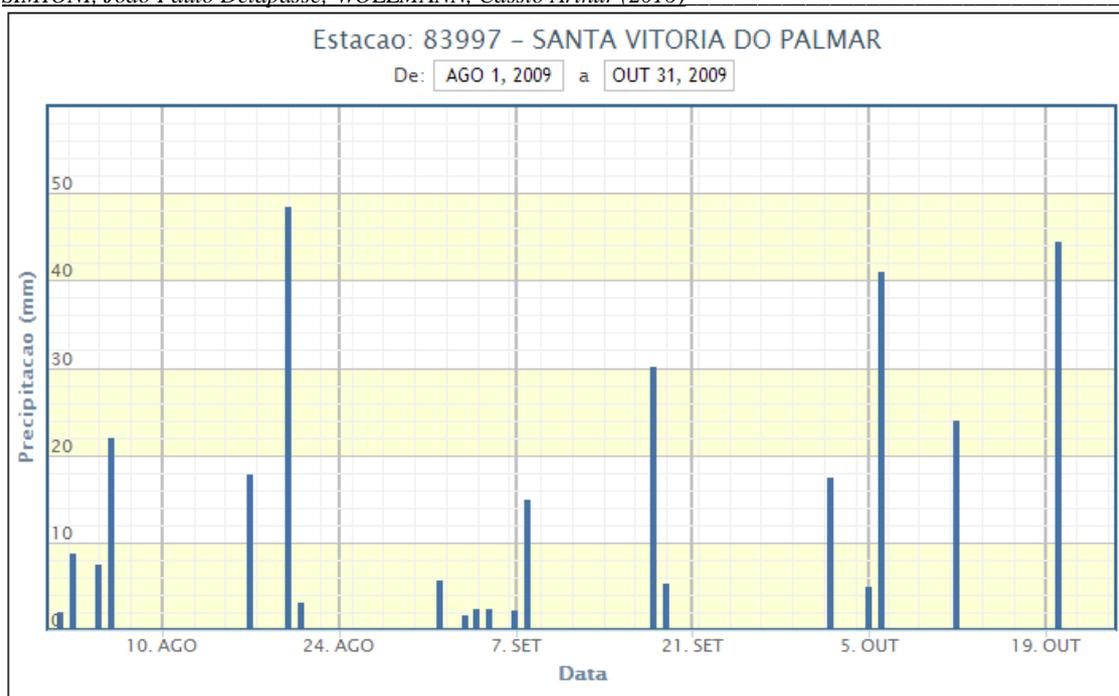


Figura 10 - Precipitação acumulada entre os meses agosto, setembro e outubro de 2009 na estação meteorológica de Santa Vitória do Palmar, RS.
Org.: Simioni; Wollmann (2016).

As imagens de satélite permitem a coleta de informações espaciais em locais remotos e de difícil acesso como, por exemplo, o interior de grandes áreas de banhado. Como visto anteriormente, a maioria dos trabalhos em áreas de banhado tem sido focada na classificação e mapeamento de comunidades associadas a esses ambientes. Porém, atualmente tem sido dada atenção a quantificação das propriedades da cobertura vegetal e/ou de macrófitas, utilizando índices espectrais de vegetação derivados de imagens de sensoriamento remoto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao tratar-se de unidades de conservação, o monitoramento climático das mesmas ainda constitui-se em ramo científico pouco estudado no Brasil, o que pode auxiliar significativamente no Plano de Manejo das UCs, não só na sua construção, como também na sua plena execução de monitoramento e gestão, especialmente com o uso das técnicas de Sensoriamento Remoto.

Independentemente das Unidades de Conservação o Litoral do Rio Grande do Sul carece de estudos mais aprofundados do ponto de vista da Climatologia e do Sensoriamento Remoto, ciências tão em voga nos últimos anos em função de discussões acerca de novos padrões climáticos que têm sido descoberto com o intenso uso da referida técnica sensorial.

Nesse sentido, o litoral do Rio Grande do Sul, especialmente sua porção central e sul, que compõe os relevos e vegetações de restingas oceânicas dentro do Bioma Pampa, esta pesquisa procurou contribuir para o entendimento da dinâmica climática (precipitação pluviométrica) e vegetacional em áreas, não apenas protegidas, mas também frágeis do ponto de vista natural.

A utilização do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), hoje gerado a partir de imagens de diversos sensores orbitais, mostrou-se uma ferramenta eficiente e de baixo custo para o estudo temporal do vigor vegetativo de unidades de conservação, como a Estação Ecológica do Taim, no extremo sul do Rio Grande do Sul. Tais estudos, com a utilização e comparação correta de dados pluviométricos oficiais, os resultados da resposta da vegetação à precipitação sazonal tornam-se evidentes.

Deste modo, tratando-se de uma área com presença de muitos banhados circundados por diferentes tipos vegetacionais, a ESEC Taim apresenta também um regime hidrológico bastante variado durante as diversas estações do ano, apresentando assim diversos índices de vegetação anualmente, que são resposta direta à entrada de água no sistema. Nesse sentido, essa pesquisa mostrou a evidencia disso, especialmente durante as estações do verão e inverno, que registraram baixos e altos totais pluviométricos, respectivamente, e influência direta no NDVI da ESEC Taim.

Ainda, a Estação Ecológica do Taim, aos olhos da população leiga, pode parecer uma paisagem relativamente homogênea, com, banhados e vegetação rasteira e de pequeno e médio porte, mas que, em função de estudos previamente realizados pelas ciências biológicas, bem como o monitoramento realizado nesta pesquisa, mostrou que há sim uma considerável variabilidade vegetacional inerente às condições pluviométricas sazonais.

Com a realização inicial desta pesquisa, almeja-se em primeiro lugar, contribuir de maneira científica com estudos de análise e variação da vegetação para o estudo das Unidades de Conservação brasileiras, especialmente as localizadas no estado do Rio Grande do Sul, como a Estação Ecológica do Taim, de grande importância para a biota, que mesmo sendo integralmente protegida por lei, pode ser considerado ambiente frágil dado ao uso do solo no seu entorno próximo.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, G. M. M. **Sensoriamento Remoto Hiperespectral: o novo paradigma nos estudos de solos tropicais.** Brasília: Universa, 2006.

GIOVANNINI, S. G. T. **Estudo de variabilidade da vegetação no Banhado do Taim**. PPG em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental/UFRGS, Porto Alegre - RS. Tese de Doutorado. 2004. 266p.

FERRARI, J. L.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. Análise da vegetação por meio da subtração de imagem NDVI na sub-bacia hidrográfica do córrego do Horizonte, Alegre, ES. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**. v. 8, n. 3, p. 003-018, 2011.

FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL (FZBR). **Mapa das Ecorregiões do Rio Grande do Sul**. Disponível em:
<http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/1162476674ecorreg_rs.jpg> Acesso em: 05 de novembro de 2015.

GUASSELLI, L. A. **Dinâmica da Vegetação no Banhado do TAIM, RS**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS: Porto Alegre, 2005.

HUETE, A. R. **A soil-adjusted vegetation index**. New York: Elsevier Science Publishing Co., 1988.

KURTZ, F. C. Zoneamento ambiental dos banhados da Estação Ecológica do Taim, RS. **Ciência Rural**. 2003, vol. 33, n. 1, p. 77 - 83.

KURTZ, F. C.; ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. Zoneamento ambiental em Pantanaís (Banhados). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2001. Vol. 5, n. 2, p. 308 - 312.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Mapa Ilustrativo do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. 2011. Disponível em:
<http://www.ambientebrasil.com.br/images/mapas/uc_todas.pdf> Acesso em: 08 de novembro de 2015.

PANCOTTO, L. P. Influência Dos Eventos Oceano Climáticos na Costa Sul Do Brasil. In.: ENCONTRO ESTADUAL DE GEOGRAFIA. 27. **Anais...** 2007, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UNIFRA, 2007.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: A. Silva Vieira Ed., 2007. 127 p.

ROSSATO, M. S. **Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, Tendências e Tipologia**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011, 253p.

SARTORI, M. G. B. Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade têmporo-espacial no período 1912-1984. In: Simpósio brasileiro de geografia física e aplicada. 5. 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1993.

SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (SNUC). **Lei federal Nº 9.985**, de 18 de Julho de 2000.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. **Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal**. In: Assad, E. D; Sano, E. E. Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura. 2. ed., Brasília: Embrapa - SPI/ Embrapa - CPAC, 1998. p. 351-371.

WOLLMANN, C. A.; SIMIONI J. P. D.; IENSSE, A. C. **Atlas Climático do Taim – Contribuição do estudo do clima em unidades de conservação no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, 2015. 1 v.; 300 p. E-BOOK – PDF. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/geografia/index.php/nossas-pesquisas/atlas-taim>>.

231

WOLLMANN, C. A.; SIMIONI, J. P. D. Variabilidade espacial dos atributos climáticos na Estação Ecológica do Taim (RS), sob domínio polar. **Revista do Departamento de Geografia – USP**. São Paulo, v. 25, n. 1, p. 56-76, jun. 2013.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento Agroclimático para a Produção de Roseiras (*Rosaceae spp.*) no Rio grande do Sul**. 386p. 2v. Tese (Doutorado em Geografia Física). Programa de Pós-graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, 2011.

Recebido para publicação em fevereiro de 2016

Aprovado para publicação em abril de 2016