

Influência sazonal da temperatura sobre os índices de umidade NDWI e LSWI na Estação Ecológica do Taim, RS.

Marcos Augusto Gomes dos Santos ¹
Tássia Fraga Belloli ²
Waterloo Pereira Filho ¹
Tatiana Mora Kuplich ³

¹ Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Av. Roraima, 1000 - Caixa Postal 5082
97105-900 – Santa Maria - RS, Brasil
marcosagds87@gmail.com
waterloopf@gmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPSRM
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Caixa Postal 15044
91501-970 – Porto Alegre - RS, Brasil
tassiabellolif@gmail.com

³ Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. Roraima, 1000 - Caixa Postal 5021
97105-970 - Santa Maria - RS, Brasil
tatiana.kuplich@inpe.br

Resumo. A aplicação de índices de umidade e vegetação tem sido cada vez mais frequentes objetivando o entendimento e monitoramento ambiental de áreas úmidas. O Banhado do Taim, importante área úmida no sul do Rio Grande do Sul, ocupa cerca de 53% da área total da Estação Ecológica do Taim (ESEC), uma Unidade de Conservação Federal com grande biodiversidade e reconhecida como Sítio Ramsar. O presente estudo objetivou analisar a influência da temperatura sobre a resposta dos índices de umidade NDWI e LSWI, bem como testar suas capacidades e sensibilidades quanto à sanidade e umidade na vegetação na área da ESEC. Foram utilizados produtos do sensor MODIS para o cálculo dos índices de umidade e de Temperatura da Superfície - TS. Por meio de correlação de Pearson, foi obtida a relação entre a temperatura e os índices de umidade. Constatou-se relação positiva, moderada e forte entre os índices de umidade NDWI e LSWI. O LSWI destacou-se pela sua maior sensibilidade a umidade da vegetação relacionada a ocorrência de diferentes espécies no banhado. Entre os índices e a temperatura verificou-se correlação inversa considerável, apontando que a medida em que a temperatura aumenta, os índices de umidade diminuem. Esta relação foi mais forte entre NDWI e TS. A metodologia aplicada mostrou-se eficiente quanto a sensibilidade dos índices de umidade as diferentes condições hídricas na ESEC Taim. Demonstrou também que imagens de baixa resolução espacial podem ser utilizados com êxito no estudo de áreas úmidas.

Palavras-chave: banhados, variabilidade sazonal, períodos vegetativos, sensor orbital.

Abstract. The application of humidity indices has been increasingly frequent aiming the understanding and environmental monitoring of wetlands. The Taim marsh, an important wetland in southern Rio Grande do Sul, occupies about 53% of the total area of ESEC Taim, a Federal Conservation Unit with great biodiversity and recognized as a Ramsar Site. The present study aimed to analyze the influence of temperature on the response of the NDWI and LSWI humidity indices, as well as to test their capacities and sensitivities regarding sanity and humidity in the vegetation in the ESEC area. MODIS sensor products were used to calculate the humidity indices and Surface Temperature - ST. By means of Pearson's correlation, the relation between temperature and humidity indices was obtained. A positive, moderate and strong relationship was observed between NDWI and LSWI humidity indices. LSWI stands out for its greater sensitivity to vegetation moisture related to the occurrence of different species in the marsh. Between the indexes and the temperature there was a considerable inverse correlation, indicating that as the temperature increases, the humidity indices decrease. This relationship was stronger between NDWI and ST. The applied methodology proved to be efficient regarding the sensitivity of the humidity indices to the different water conditions in the ESEC Taim. It has also demonstrated that low spatial resolution images can be successfully used in the study of wetlands.

Keywords: marshes, seasonal variability, vegetative periods, orbital sensor.

1. Introdução

Estudos temporais das variáveis meteorológicas e ambientais demonstram-se cada vez mais importantes para o entendimento e monitoramento ambiental de áreas úmidas, principalmente diante dos impactos ambientais e das mudanças climáticas. Tanto para o bioma Pantanal quanto para as áreas úmidas regionalmente conhecidas no sul do Brasil como banhados, presentes em maior quantidade e extensão na planície costeira do estado do Rio Grande do Sul, a hidrologia e os pulsos de inundação são fatores ecológicos fundamentais e determinam os pulsos dos principais processos bióticos e abióticos, como a composição das espécies, a produtividade primária, a disponibilidade de nutrientes e as características dos sedimentos (Heathwaite, 1995).

Para a Estação Ecológica do Taim (ESEC Taim), localizada no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul, a temperatura, a dinâmica e sanidade da vegetação e os pulsos de inundação são fatores relevantes para a vida nesta unidade de conservação (Simioni; Wollmann, 2014, Guasselli, 2005). De forma semelhante ao Pantanal, os maiores impactos para esta AU se referem aos usos do solo no seu entorno, predominantemente a agricultura, mas também a pecuária, pastagens e reflorestamento; e também o emprego de estruturas como diques para manter a lâmina de água necessária a orizicultura e comportas para gerenciamento da saída de água do banhado (Paz et al., 2003).

Wheeler e Shaw (1995) apontam que o emprego de estruturas como comportas e diques, para modificar a hidrologia das terras úmidas, podem resultar em grandes mudanças bióticas, principalmente quanto ao tipo e à distribuição espacial da vegetação. Ademais, as inundações e os processos ecológicos ligados a estas são impactados diretamente pelas alterações no regime de precipitações, pois, de acordo com Moraes et al. (2013) e Guasselli (2018) o comportamento das inundações está diretamente relacionado ao regime de precipitação nas áreas úmidas.

Dadas as dificuldades de acesso para pesquisas e medições diretas em AUs, a estimativa de dados meteorológicos e biofísicos através do sensoriamento remoto é uma alternativa viável e tem sido utilizada tanto como método único para monitoramento ambiental quanto em conjunto com dados coletados *in situ*. Entre os parâmetros mais utilizados em estudos climáticos e ambientais podemos destacar a Temperatura de Superfície – TS, que responde sensivelmente à relação estabelecida entre o meio biofísico e antrópico por ser bastante sensível às mudanças de uso e cobertura da terra (Ricklefs e Robert, 1996). Destacam-se também os Índices de umidade relacionados ao conteúdo de água na cobertura vegetal e a umidade do solo. Os índices NDWI (*Normalized Difference Water Index*) e LSWI (*Land Surface Water Index*) têm demonstrado bons resultados para estimar a variação na condição de umidade da vegetação e da terra, para monitoramento de estiagens e secas e gestão do orçamento da água (Kim, 2006; Bajgain et al., 2015).

Deste modo, o uso combinado de informações sobre a temperatura de superfície e índices relacionados à condição de umidade da vegetação podem fornecer uma melhor visão da resposta da vegetação às variações climáticas e complementam as ferramentas de monitoramento ambiental em unidades de conservação com presença de ecossistemas de áreas úmidas semelhantes ao bioma Pantanal.

2. Objetivo

O objetivo deste estudo é verificar a influência da temperatura sobre a resposta dos índices de umidade NDWI e LSWI, bem como testar suas capacidades e sensibilidades quanto à saúde e umidade na vegetação.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

Criada em 1986, a Estação Ecológica do Taim, **Figura 1**, é uma área úmida de água doce com aproximadamente 191,87km², e uma rica biodiversidade. Localiza-se na planície litorânea, no extremo sul do Rio Grande do Sul, entre o Oceano Atlântico e a Lagoa Mirim. Sua porção Sul pertence ao município de Santa Vitória do Palmar, enquanto a Norte pertence ao município de Rio Grande.

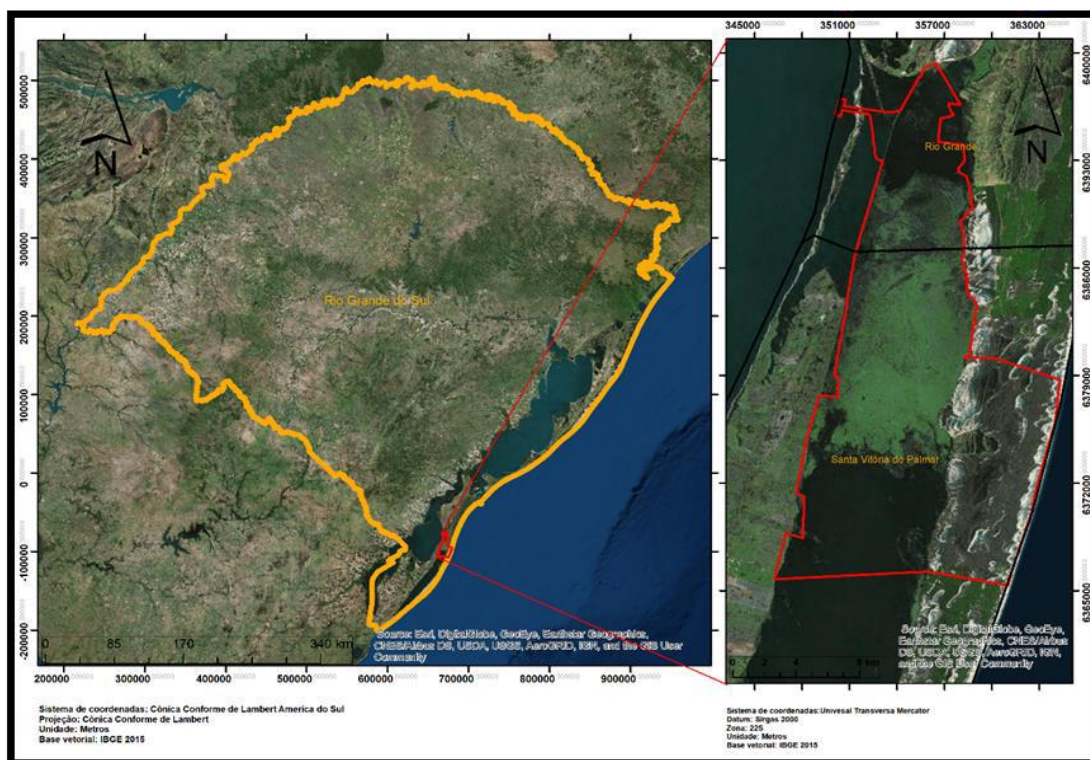


Figura 1: Mapa de localização da Estação Ecológica Do Taim

A ESEC Taim é classificada como “Unidades de Conservação de Proteção Integral” pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), com o objetivo de proteger amostras de Banhados do Sul e da fauna ameaçadas de extinção e preservar locais de passagem de aves migratórias, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais (Ibama, 2003). A região do entorno do banhado caracteriza-se por processo de ocupação agrícola, onde são cultivadas extensas áreas com lavouras de arroz nas margens oeste e norte (Guasselli, 2005). Junto a

margem leste do banhado, estendendo-se a sudeste, ocorrem extensos campos de dunas. Ainda, segundo Guasselli (2005) estas dunas eram influenciadas em tempos anteriores pela ação dos ventos e/ou pela descida do nível de água no banhado, avançando sobre o mesmo.

Conforme Rossato (2011) a ESEC Taim está localizada na porção menos chuvosa do Rio Grande do Sul, com grande amplitude térmica anual e é a área do Estado mais afetada pela Corrente Marítima Fria das Falklands, além das passagens semanais de Ciclones Extratropicais (Pancotto, 2007).

Quanto à vegetação, na parte norte da estação, há uma pequena floresta, com dominância de figueiras nativas (*Ficus organensis*) e Corticeira (*Erythrina. sp*) (Icmbio, 2012). No banhado, que constitui a maior parte da ESEC, dominam os juncos (*Sairpus californicus*) e cerca de 49 espécies de macrófitas aquáticas identificadas por Motta Marques (2002) com homogeneidade entre espécies flutuantes e emergentes. Por proteger um dos poucos remanescentes de ecossistemas de banhado no estado, a ESEC Taim tem valor especial para estudos ecológicos e, por isso, conta com infraestrutura para o desenvolvimento de pesquisas. A UC não recebe visitação pública com o objetivo de lazer, mas está aberta para visitas guiadas com a finalidade de educação ambiental.

3.2. Procedimentos metodológicos

Para a realização deste estudo, primeiramente foram selecionadas no sítio *Earthdata Search* as imagens do sensor MODIS (plataforma Terra), produtos MOD11A2 e MOD09a1, com datas de passagens em 17 de janeiro, 18 de maio, 22 de agosto e 18 de novembro, todas do ano de 2015, a fim de contemplar as quatro estações do ano, verão, outono, inverno e primavera, respectivamente. Todos os produtos possuem resolução temporal de oito dias.

Todas as imagens passaram pelo processo de conversão do formato HDF (*Hierarchical Data Format*) para o formato TIFF (*Tagged Image File Format*) por meio do programa MODIS *Reprojection Tool* (MRT), disponibilizado gratuitamente nas ferramentas do sítio LP DAAC da USGS. No mesmo aplicativo também foram projetadas as imagens para o sistema de referência UTM 22S, Datum WGS 84 e posteriormente reprojetaadas para o sistema SIRGAS 2000 UTM 22S.

As imagens utilizadas para análise de Temperatura de Superfície - TS são provenientes do produto MOD11A2 (*Day Land Surface Temperature - LST DAY*), coleção 6, com resolução espacial de 1km. A informação de temperatura de superfície produzida pelo sensor MODIS utiliza o algoritmo LST para o cálculo de TS, incluindo o *Day/night LST algorithm*, desenvolvido especificamente para o MODIS, que produz imagens termais diurnas e noturnas para toda a superfície da Terra, com periodicidade diária (WAN, 2007). Como os dados originais do produto MOD11A2 são fornecidos em Kelvin, foi necessário utilizar uma equação de conversão (**equação 1**) para que os dados da imagem fossem transformados para graus Celsius.

$$TST = (A1 * 0,02) - 273,15 \quad (1)$$

Onde: TST= valor do pixel em graus célsius; A1 = valor do pixel em graus kelvin;
0,02 = fator de escala da imagem; -273,15 = fator de conversão.

As imagens utilizadas para compor os índices de umidade na vegetação são provenientes do produto MOD09A1 (*Surface Reflectance*), coleção 6, com resolução espacial de 500m, corrigidas atmosféricamente.

Gao (1996) sugeriu duas regiões espectrais para estudos de umidade em plantas: uma centrada aproximadamente em 860 nm (infravermelho próximo - IVP) e outra em 1240 nm (infravermelho médio - IVM), ambos sensíveis a mudanças no conteúdo de água líquida em coberturas de vegetação e menos sensíveis a efeitos atmosféricos (Kim, 2006), formulando

assim o índice NDWI (**equação 2**). O NDWI foi calculado através da refletância do IVP e IVM, que correspondem respectivamente às bandas 4 (841 - 876 nm) e 5 (1.230 - 1.250 nm) do sensor MODIS.

$$NDWI = (IVP-IVM1) / (IVP+IVM1) \quad (2)$$

Estudos recentes mostraram que as bandas espectrais IVM são úteis para a detecção de conteúdo de água da vegetação (Sims et al., 2003; Bajgain et al., 2015). Xiao et al. (2002) propôs o índice LSWI usando também as bandas espectrais do IVP e IVM, porém, substituindo a banda IVM de 1240 nm, por outras bandas espectrais nas faixas entre 1640 nm ou 2130 nm. Assim, para este estudo, procedeu-se com o cálculo do LSWI (**equação 3**) através da razão entre as bandas 4 e 6 (1.628 - 1.652nm) do sensor MODIS.

$$LSWI = (IVP-IVM2) / (IVP+IVM2) \quad (3)$$

Após todas as estimativas de índices e temperatura realizadas no software ArcGis versão 10.5.1, foi também extraída a área de interesse das imagens por seu limite vetorial. Também foram criados 300 pontos regulares no interior dos limites da área de estudo com o fim de extrair os valores contidos em cada pixel para tabelas editáveis em sistema computacional.

4. Resultados e Discussão

Primeiramente, foram realizados cálculos estatísticos a fim de investigar a possibilidade de ocorrência de valores anômalos que pudessem interferir no resultado, garantindo assim a qualidade das amostras. Para todas as variáveis analisadas, foram realizados cálculos de média, variância e desvio padrão. A variância nos permitiu estimar a uniformidade dos valores, o desvio padrão indica se os dados tendem a estar próximos da média ou do valor esperado. Em ambas medidas de dispersão, quanto menor seu valor, mais homogênea será a amostra.

Os resultados para a temperatura de superfície média no período analisado apresentaram amplitude de 9,76 °C, variando entre 25,16 °C na estação de verão e 15, 40°C na estação de inverno, conforme **Tabela 1**.

De modo geral, foi possível verificar três regiões semelhantes entre suas temperaturas na ESEC Taim, **Figura 2**. As temperaturas mais altas verificadas concentram-se a sudeste da ESEC, sobre os campos de dunas, variando entre 15°C no mês de agosto (inverno), até 31°C no mês de janeiro (verão).

Tabela 1. Valor de média, variância e desvio padrão para valores estimados de TS para as datas selecionadas.

	TS 17/01/15	TS 18/0515	TS 22/08/15	TS 18/11/15
MÉDIA (°C)	25.16	19.75	15.40	21.75
VARIÂNCIA	6.18	2.14	0.76	2.99
DESVIO PAD.	2.49	1.46	0.87	1.73

No extremo sul da ESEC, a presença da lamina de água sem cobertura por macrófitas mantém as temperaturas acima de 14°C ao longo de todo ano, atingindo o máximo de 22 °C no verão. Já na região central ocorrem pixels com temperaturas variadas, com amplitudes que chegam a 14°C durante o ano. Podemos atribuir esta heterogeneidade de temperaturas a mistura de espécies de macrófitas que concentra-se nesta região e também pelo seu deslocamento e transição dentro do banhado em períodos mais e menos inundados durante o ano. Para esta região, a temperatura mais baixa verificada foi de 12 °C no mês de agosto e a mais alta foi de 26 °C em janeiro

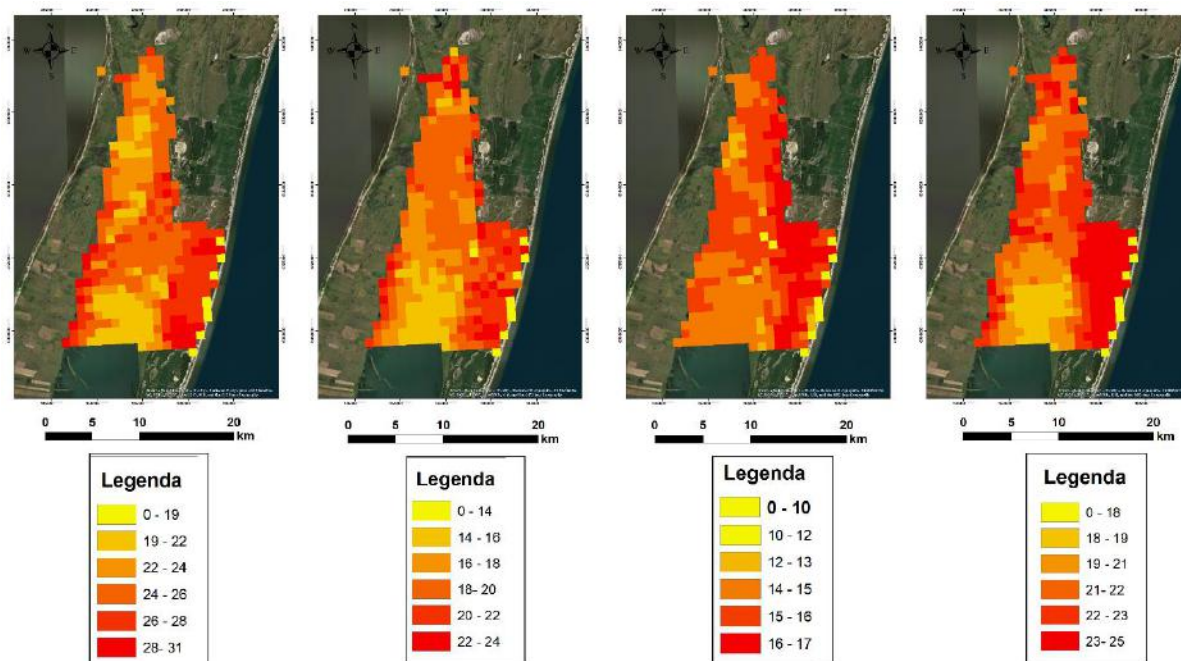


Figura 2: Valores estimados de TS para as datas de 17/01, 18/05, 22/08 e 18/11 de 2015 respectivamente.

A análise da distribuição dos índices de umidade NDWI e LSWI permitiu constatar suas relações com os diferentes alvos presentes na ESEC. O NDWI apresentou a maior quantidade de pixels com valores altos (0,27 a 1) sobre a área com lamina de água aparente e entre as estações de verão e outono. Nas imagens referentes à estação de inverno e primavera, os valores apresentaram-se mais baixos, entre -1 e 0,32 para esta mesma região. Já na área com a presença de macrófitas, os valores foram homogêneos, constatando-se os menores índices no inverno (-0,30 a 0,11) referente a imagem de 22/08 e os maiores índices no outono (0,32 a 0,90) em 18/05, **Figura 3.**

Os valores médios de NDWI apresentaram-se baixos e negativos em sua maioria, **Tabela 2**, devido a predominância da cobertura vegetal na área de estudo e dos campos de dunas, pois, de acordo com McFeeters (1996) quanto mais negativo o NDWI, maior é porcentagem de cobertura por outros alvos e menor a quantidade de água presente.

Tabela 2. Valor de média, variância e desvio padrão para valores estimados de NDWI para as datas selecionadas.

	NDWI 17/01/15	NDWI 18/05/15	NDWI 22/08/15	NDWI 18/11/15
MÉDIA	0,00	-0,05	-0,06	-0,01
VARIÂNCIA	0,01	0,02	0,02	0,01
DESVIO PAD.	0,09	0,14	0,16	0,09

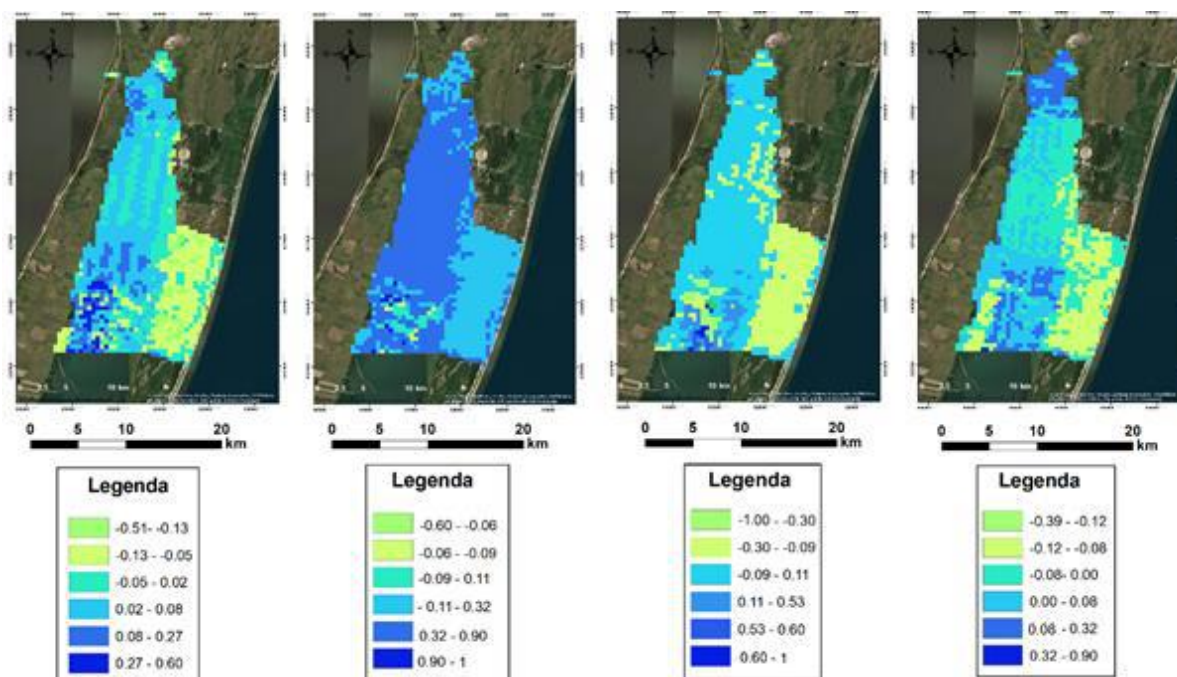


Figura 3: Valores estimados de NDWI para as datas de 17/01, 18/05, 22/08 e 18/11 de 2015 respectivamente.

Tanto o NDWI quanto o LSWI apresentaram valores baixos ou negativos na região onde se localizam os campos de dunas, com pouca ou inexistente cobertura vegetal. Porém, verificou-se uma relação inversa entre o NDWI e o LSWI: na área com lamina de água aparente foram verificados os menores valores de LSWI (-3,14 a -0,20) para o período. Já os maiores valores foram percebidos para as áreas com ocorrência de macrófitas aquáticas (0,46 a 1,27) no mês de maio (outono). Também sobre a cobertura de macrófitas, os menores índices ocorreram na imagem de agosto (0,02 a 0,22), respectiva a estação de inverno, **Figura 4**. Os valores médios foram predominantemente positivos e com maior amplitude (0,09) entre as imagens de janeiro e agosto, **Tabela 3**.

Tabela 3. Valor de média, variância e desvio padrão para valores estimados de LSWI para as datas selecionadas.

	LSWI 17/01/15	LSWI 18/05/15	LSWI 22/08/15	LSWI 18/11/15
MÉDIA	0,19	0,15	0,10	0,16
VARIÂNCIA	0,02	0,18	0,04	0,02
DESVIO PAD.	0,15	0,42	0,19	0,15

Considerando as macrófitas aquáticas como alvo de maior abrangência e importância no banhado do Taim, cabe ressaltar que ambos os índices foram sensíveis aos períodos vegetativos de floração e senescência das espécies, que ocorrem respectivamente no outono e no inverno, segundo Guasselli (2005). Notou-se, porém, que o LSWI teve maior sensibilidade que o NDWI a quantidade de água presente nas folhas, ao demonstrar maior separabilidade entre os pixels nesta região, que conferem com a diversidade de espécies presentes.

Quanto à relação entre a temperatura de superfície e os índices de umidade, pode-se perceber uma relação inversa. Nas áreas de dunas, onde se verificou as maiores temperaturas, foram observados valores baixos ou negativos para os índices de umidade. Já nas áreas com a presença da vegetação onde as temperaturas foram intermediárias, entre 16 e 23°C, verificou-se a predominância de valores positivos dos índices de umidade.

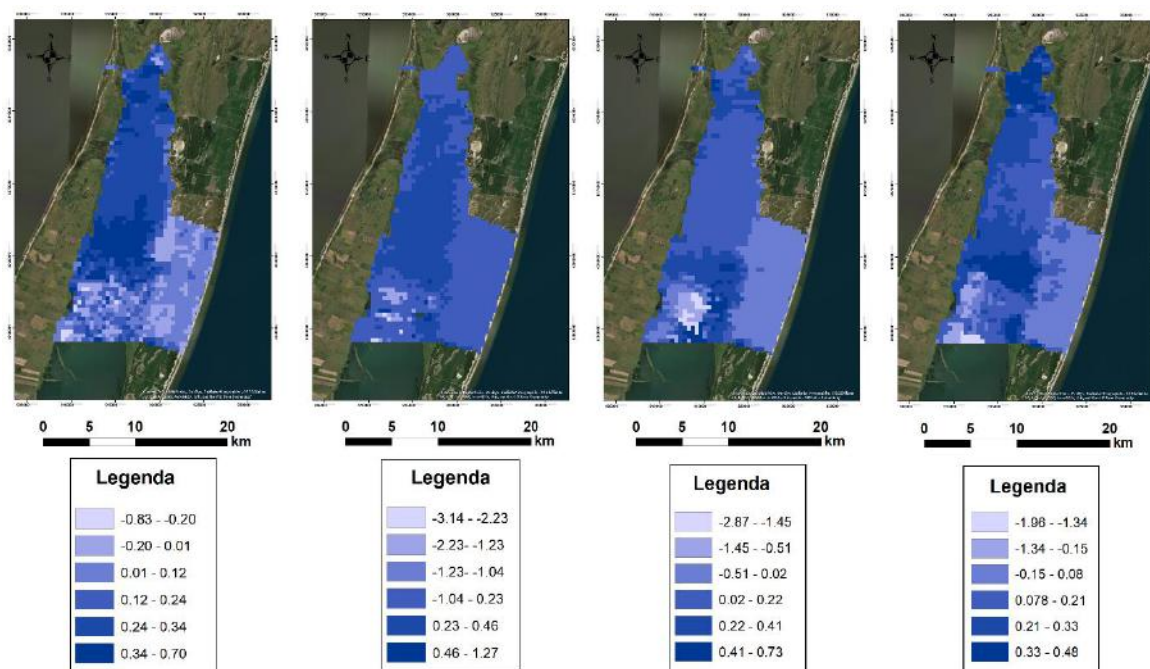


Figura 4: Valores estimados de LSWI para as datas de 17/01, 18/05, 22/08 e 18/11 de 2015 respectivamente.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Caioni et al. (2014) e Ferreira (2011) ao identificarem maiores temperaturas em áreas de NDWI baixos ou abaixo de 0.

Na **Tabela 4** são mostrados os valores de correlação de Pearson (R) e Coeficiente de Determinação (R^2) entre os índices de umidade e entre os índices e a TS. Segundo a tabela de classificação de Dancey e Reidy (2005), valores de R entre 0,10 até 0,30 são consideradas fracas; 0,40 até 0,6 são moderadas; e 0,70 até 1 são fortes correlações. Assim, foram verificadas relações fracas positivas entre o NDWI e o LSWI para a imagem de 18/05 (outono); moderada para as imagens de janeiro (verão) e agosto (inverno); e forte para a imagem de 18/11 (Primavera). Foram identificados pixels anômalos nas imagens de 18/05/2015 e 22/08/2015, sendo a imagem do mês de maio a mais afetada pelos erros de obtenção do sensor. Todos os valores anômalos foram retirados das estatísticas, porém, ainda permanecem no estudo com pouca significância, destacados na **Tabela 4**.

Tabela 4. Correlação de Pearson e Coeficiente de Determinação para as datas selecionadas.

	LSWI_NDWI R/ R^2	LSWI_TS R/ R^2	NDWI_TS R/ R^2
17/01/15	0.63/0.41	-0.29/0.09	-0.37/0.13
18/05/15	0.22/0.04	-0.09/0.01	-0.23/0.05
22/08/15	0.63/0.39	-0.42/0.17	-0.30/0.08
18/11/15	0.76/0.58	-0.33/0.23	-0.48/0.10

Observou-se que o LSWI apresentou correlação negativa mais fraca com a TS do que o NDWI, pois os valores mais baixos de LSWI correspondem aos locais que também apresentaram as menores temperaturas. A relação negativa e considerável entre os índices de umidade e a TS mostraram que a medida em que a TS aumenta, a umidade na superfície diminui. Segundo Andriotti (2003) o valor -1 significa uma correlação inversa entre duas variáveis, isto é, se uma aumenta, a outra diminui. Os valores de R^2 explicam em porcentagem o quanto as variações de uma variável explicam a outra (Moraes et al., 2009). Entre os índices

de umidade, os valores de R^2 foram consideráveis. Já o R^2 entre os índices e a TS foram pouco consideráveis, inferiores a 30%, significando que mais de 70% da variação nos índices de umidade é explicada por outras variáveis e não pela temperatura de superfície.

5. Conclusões e Sugestão

Ao analisar os índices de umidade concluiu-se haver correlação moderada a forte entre os valores de NDWI e LSWI. Ambos os índices foram sensíveis aos períodos vegetativos de floração e senescência das espécies, apresentando também seus valores extremos, mais altos e mais baixos, no mesmo período sazonal. Destaca-se o LSWI pela sua maior sensibilidade a umidade da vegetação relacionada a ocorrência de diferentes espécies no banhado do Taim.

Quando relacionados com a temperatura, verificou-se correlação inversa considerável, apontando que a medida em que a temperatura aumenta, os índices de umidade diminuem. Esta relação foi mais forte, ou seja, mais negativa e mais constante entre NDWI e TS. Confirma-se assim a sensibilidade dos índices de umidade para as diferentes condições hídricas na ESEC Taim, caracterizadas através de dados de TS. Os valores observados de R^2 mostram que a TS exerceu pouca influência sobre os índices, porém foi possível caracterizar a relação entre os índices de umidade e a TS. Os resultados apontam que esta metodologia pode ser reproduzida para áreas úmidas semelhantes aos banhados, como o bioma Pantaneiro e em sua bacia, mangues e planícies de inundação.

Sugere-se para trabalhos futuros a utilização de séries temporais maiores de TS, assim como a análise conjunta com dados de precipitação. Dados pluviométricos não foram utilizados nesta metodologia pois as estações meteorológicas presentes na área de estudo não forneciam dados completos.

6. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPQ pela concessão de bolsas de estudo em nível de mestrado.

7. Referências

- Andriotti, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. 2003, Porto Alegre: Unissinos. 165.p.
- Bajgain, R.; Xiao, X.; Wagle, P.; Basara, J.; Zhou, Y. Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites. **ISPRS Journal of Photogrammetry and remote Sensing**. v 108, p. 151–160, 2015.
- Caioni, C.; Neves, S. M. A. S.; Neves, J. R.; Miranda, M. R. S; Junior, S. S. Análise do comportamento de NDWI e temperatura superficial frente a diferentes formas de usos da terra no município de Curvelândia/MT. In: 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. 2014, Campo Grande, MS. **Anais..** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 446-457, 2014.
- Dancey, C.; Reidy, J.. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. 2006. Porto Alegre: Artmed.
- Ferreira, H. S.; Silva, H. A.; Oliveira, T. H.; Neto, R. X. M.; Galvêncio, J. D.; Pimentel, R. M. M. Avaliação dos parâmetros biofísicos da vegetação de caatinga e agricultura irrigada do município de Petrolina – PE através do NDVI, NDWI e Temperatura da Superfície. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. **Anais..** São José dos campos: INPE, 2011. p.1843-1850.
- Heathwaite, A. L., 1995. Overview of the hydrology of british wetlands. In: Hughes, J. M. R.; Heathwaite, L. (eds), **Hydrology and hydrochemistry of british wetlands**, John Wiley & Sons, c. 2, p. 11-20.
- Guasselli, L. A.. 2005. 157 f. **Dinâmica da Vegetação no Banhado do Taim, RS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Porto Alegre, 2005.
- Guasselli, L. A. Caracterização da bacia hidrográfica do Rio Gravataí. In: Guasselli, L. A (Org), **Áreas úmidas: questões ambientais**. 2018, Porto Alegre: Imprensa Livre, c. 2.1, p. 144-153.

IBAMA, Instituto Brasileiro do meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis. Estação Ecológica do Taim. <http://www2.ibama.gov/unidades/estacoes/reuc/3017.htm>.

ICMBIO. Estação Ecológica do Taim será ampliada. 05/11/2012. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/3473-estacao-ecologica-do-taim-sera-ampliada>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

Kim, H. J. **Combined use of vegetation and water indices from remotely-sensed AVIRIS and MODIS data to monitor riparian and semiarid vegetation**. 2006. 158f. University of Arizona, Dissertation (Department of soil, water and environmental science). Arizona, EUA, 2006.

McFeeters, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996.

Moraes, E. C.; Pereira, G.; Cardozo, F. S. 2013, Avaliação da precipitação e sua influência sobre as áreas inundadas no Pantanal. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...**São José dos campos: INPE, 2013. p.7216-7214.

Moraes, A, B. et al. **Estatística**. 2009. Santa Maria: Anater, 149 p.

Motta Marques, D.M.L. Coord. (2002) Relatório 2000/2001 - Sistema Hidrológico do Taim PELD – SITE 7. IPH/UFRGS, FURG e FZB. Porto Alegre, 174p.

Paz A. R.; Schettini, E. B. C. ; Villanueva, A. O. N. Simulação hidrodinâmica bidimensional do banhado do Taim (RS). In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003. **Anais...** Curitiba: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003.

Pancotto, L. P. Influência Dos Eventos Oceano Climáticos Na Costa Sul Do Brasil. In.: Encontro estadual de Geografia. 2007, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, 2007.

Ricklefs. E. R. **A economia da natureza**. Tradução: Cecília Bueno Pedro P. de Lima e Silva. Colaboração: Rogério Ribeiro de Oliveira. Terceira edição, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro-RJ, 1996.

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

Simioni, J. P. D.; Wollmann, C. A. Variabilidade espacial da temperatura e umidade relativa do ar na Estação Ecológica do Taim, RS: análise durante o outono e inverno de 2013. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 3 set./dez, p.135-148, 2014.

Sims, D. A.; Gamon, J.A.. Estimation of vegetation water content and photosynthetic tissue area from spectral reflectance: a comparison of índices based on liquid water and chlorophyll absorption features. **Remote Sens. Environ**. V 84, p. 526-537, 2003.

Verdi, L. Brasil terá três novos sítios Ramsar. Notícias. Ministério do Meio Ambiente. Acesso em: 28 de mai 2017. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agencia-informma?view=blog&id=2203>>.

Wan, Z. Modis Land surface temperature products user's guide collection 5. Icess, University of California, Santa Barbara, 2007.

Wheeler, B. D.; Shaw, S. C. Plants as hydrologists? An assessment of the value of plants as indicators of water conditions in fens. In: Hughes, J. M. R.; Heathwaite, L. (eds), **Hydrology and hydrochemistry of british wetlands**, John Wiley & Sons, c. 5, p. 63-82, 1995.

Xiao, X.; Boles, S.; Froking, S.; Salas, W.; Moore, B.; Li, C.; He, L.; Zhao, R. Landscape-scale characterization of cropland in China using vegetation and Landsat TM images. **International Journal of Remote Sensing**. 23, p. 3579-3594, 2002.