

Índices de vegetação NDVI, EVI e SAVI como indicadores espectrais do crescimento de pastagem natural no bioma Pampa

Daniele Gutterres Pinto¹
Denise Cybis Fontana¹
Carolina Bremm²
Laura Pigatto¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Av. Bento Gonçalves, 7712 - 91540-000 – Porto Alegre-RS, Brasil
daniele.gutterres@gmail.com; dfontana@ufrgs.br; laura_pigatto@yahoo.com.br

² Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO
Rua Gonçalves Dias, 570 - 90130-060 – Porto Alegre-RS, Brasil
carolina-bremm@fepagro.rs.gov.br

Abstract. Pampa biome is one of the five biomes that exist in Brazilian territory. Pampa has been neglected, as a conservation point of view. Grazing can be considered one of the important determining factors for the conservation of the Biome. The objective of this study was to test NDVI, EVI e SAVI vegetation indices as spectral indicators of the vegetation variation and of pasture structural differences caused by grazing intensity. The study area focus on natural grasslands experiment, located in the central depression region of the state of Rio Grande do Sul. Randomized block design is used with two replications with different levels of forage supply: 4, 8, 12 and 16 kg of dry matter per 100 kg of live weight. NDVI, EVI and SAVI images from the Landsat satellite TM and OLI sensor were obtained from 2010 to 2016. Vegetation indices showed a season pattern of variation throughout consistent the year with the growth of natural grasslands. In addition, the vegetation indices showed variation according the different to forage supply levels. The evaluated vegetation indices therefore were able to express the seasonal dynamics of the natural grassland vegetation in the Pampa biome and were able to express differences in pasture structure due to the different forage supply treatments.

Palavras-chave: remote sensing, LANDSAT, grazing intensity. Sensoriamento remoto, LANDSAT, intensidade de pastejo.

1. Introdução

O Bioma Pampa é um dos cinco biomas que existem no território brasileiro. Restrito à metade sul do Estado do Rio Grande do Sul, ele ocupa aproximadamente 63% do território sul rio-grandense, além de parte da Argentina e todo o Uruguai (Suertegaray e Silva, 2012). Embora pareça simples, é um Bioma complexo, composto por vários tipos de formações vegetais. Dentre estas, o campo dominado por gramíneas é a mais representativo, compondo diferentes fisionomias campestres, como por exemplo, os campos sobre solos rasos e solos profundos (campanha), os campos de areia, os campos da Depressão Central e os campos litorâneos (Boldrini, 2012).

O Pampa é um bioma que vem sendo negligenciado, falando-se do ponto de vista de conservação, visto que é muito simples transformar qualquer área campestre pertencente ao Bioma em outros tipos de usos, como lavouras anuais ou cultivos perenes. A fisionomia destes campos vem sofrendo modificações resultantes da ação antrópica, sendo que, desde o século XVII, as intervenções tem se intensificado, especialmente no final do último século. A ação antrópica exercida sobre os campos é principalmente relacionada ao avanço de culturas anuais e de florestas cultivadas. Somam-se a isto, práticas inadequadas de manejo da pecuária, podendo-se destacar problemas como a falta de adequada subdivisão da propriedade em função das condições de solo e vegetação, o uso indiscriminado do fogo, o não uso da prática do diferimento de poteiros e o controle inadequado da intensidade de pastejo (Nabinger et al. 2006).

As condições de pastejo, portanto, são consideradas como um agente de distúrbio e modificação da vegetação campestre, sendo tão influente quanto o solo e clima (Boldrini, 1993). De acordo com a intensidade de pastejo exercida na área é determinado o hábito das espécies ocorrentes na área. Com a redução da pressão de pastejo (menor lotação de gado) predominam plantas altas e eretas, enquanto que com o aumento da mesma (maior lotação de gado) predominam plantas pequenas, prostadas ou rosuladas, e espécies com resposta intermediária, plantas eretas de estatura mediana (Boldrini, 1993). Considerando que o pastejo é um dos pontos determinantes para a conservação do Bioma Pampa, esta é uma prática que deve ser realizada de forma racional, promovendo a conservação do Bioma e ao mesmo tempo aumentando a rentabilidade da propriedade pecuária, que muitas vezes é considerada uma atividade pouco rentável.

E importante, portanto, a avaliação de possíveis indicadores que possam ser usados pelos pecuaristas para monitorar a eficiência do manejo empregado em sua propriedade. A hipótese colocada no presente estudo é de que indicadores espectrais, na forma de índices de vegetação, podem fornecer informações sobre a quantidade e qualidade do pasto, em tempo quase real, com baixo custo e de forma não destrutiva.

Sabidamente, os índices de vegetação, em suas mais diversas formulações disponíveis na literatura, são relacionados com a atividade fotossintética das plantas (Labus *et al.* 2002). Em consequência, os índices podem expressar o nível de oferta de forragem aos animais (Junges *et al.* 2016) ou podem compor modelo de estimativa da taxa de acúmulo de forragem (Fonseca *et al.* 2004), entre outros. Estas informações são importantes e possibilitam adequações nas práticas de manejo, o que pode levar a melhorias na conservação do Bioma Pampa.

O objetivo deste estudo foi, portanto, testar os índices de vegetação NDVI, EVI e SAVI como indicadores espectrais da variação sazonal da vegetação e diferenças estruturais do pasto em função da intensidade de pastejo, para posterior utilização de dados espectrais para modelos agrometeorológicos-espectrais de crescimento da vegetação campestre e da qualidade de pasto.

2. Material e métodos

A área de estudos pertence à Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - EEA/UFRGS. A EEA/UFRGS está sob as coordenadas geográficas 30°05'27''S, 51°40'18''W e 46 m de altitude, localizada no município de Eldorado do Sul, na Depressão Central do Rio Grande do Sul, distante 70 km da capital Porto Alegre.

O clima da região é classificado como Cfa, o tipo predominante no Estado, segundo a classificação climática de Köppen (Köppen, 1948). A precipitação pluvial média anual na EEA/UFRGS é de 1.440 mm com média mensal de 120 mm. A temperatura média do ar varia de 9 °C nos meses mais frios (junho e julho) a 25 °C nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro). As médias diárias da radiação solar global oscilam de 200 (junho) a 500 cal.cm⁻².dia (dezembro) (Bergamaschi *et al.*, 2003).

Na EEA ocorrem tipos de solos pertencentes às unidades de mapeamento São Jerônimo (Argissolo Vermelho distrófico típico), Arroio dos Ratos (Argilúvico Eutrófico abruptico) e Banhado (Gleissolo Háptico eutrófico) (Streck *et al.*, 2008).

A área de estudo abrange um experimento de longa duração, composto de 64 ha de pastagens naturais, que vem recebendo o mesmo nível de interferência antrópica desde 1986. Os tratamentos consistem em diferentes níveis de oferta de forragem, fixas ao longo do ano (Figura 1) e variáveis na estação primaveril. As ofertas fixas são: 4, 8, 12 e 16 kg de MS/100 kg de peso vivo, enquanto as ofertas variáveis são 8-12%, 12-8% e 16-12% kg de MS/100 kg de peso vivo, respectivamente para a primavera e para o restante do ano. Para este estudo foram consideradas apenas as ofertas fixas.

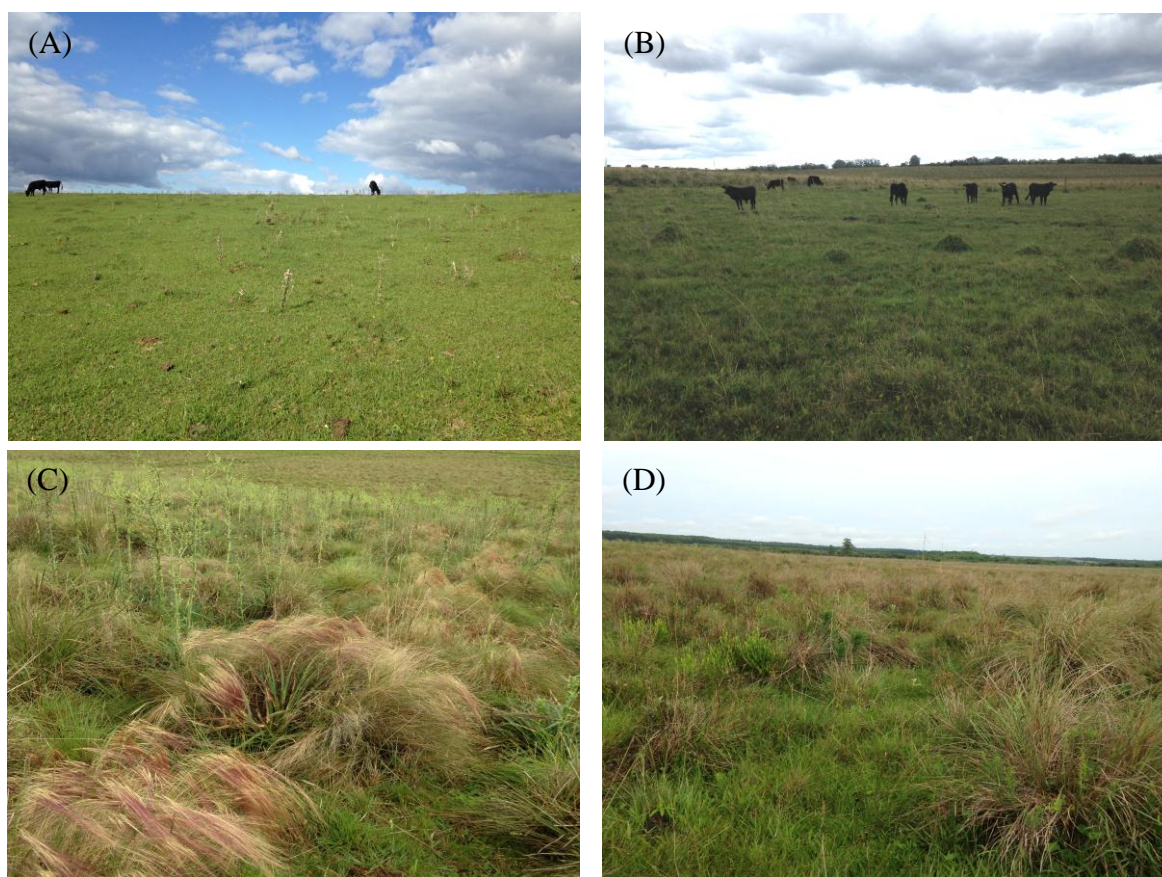


Figura 1. Caracterização dos tratamentos de diferentes ofertas de forragem, (A) 4 kg de MS/100 kg de peso vivo, (B) 8 kg de MS/100 kg de peso vivo, (C) 12 kg de MS/100 kg de peso vivo e (D) 16 kg de MS/100 kg de peso vivo. Eldorado do Sul, RS, Brasil.

O delineamento experimental é de blocos casualizados com duas repetições por tratamento. O método de pastejo utilizado é o de lotação contínua com taxa de lotação variável (Mott e Lucas, 1952), sendo que para o ajuste da lotação animal utiliza-se a oferta de forragem. A carga animal é ajustada em intervalos de aproximadamente 28 dias, de acordo com a massa de forragem disponível para pastejo, nas unidades experimentais. Os animais utilizados nas unidades experimentais são novilhas de corte, oriundas de cruzamentos entre as raças Angus, Hereford e Nelore, com idade média inicial de 12 meses. Os animais permanecem no experimento por aproximadamente um ano, quando retornam à área de origem e novas novilhas iniciam um novo ciclo de avaliações.

Para o estudo foram obtidas, junto ao *site*: <http://earthexplorer.usgs.gov/>, imagens de NDVI - índice de vegetação por diferença normalizada - (Rouse *et al.*, 1973) (Equação 1), de EVI - índice de vegetação melhorado - (Equação 2) (Justice *et al.*, 1998), e de SAVI - índice de vegetação ajustado ao solo - (Equação 3) (Huete *et al.*, 1988), provenientes do sensor TM e OLI - *Operational Land Imager*, a bordo do satélite Landsat 5 e 8 - *Land Remote Sensing Satellite*, respectivamente. As imagens Landsat possuem resolução temporal de 16 dias e resolução espacial de 30 m. Foram utilizadas imagens do período de 2010 a 2016, quando estas se encontravam livre de nuvens sobre a área de estudo, totalizando 23 imagens.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IVP} - \rho_V)}{(\rho_{IVP} + \rho_V)} \quad (1)$$

$$EVI = \frac{G(\rho_{ivp} - \rho_v)}{(L + \rho_{ivp} + C1\rho_v + C2\rho_a)} \quad (2)$$

$$SAVI = \left[\frac{\rho_{ivp} - \rho_v}{\rho_{ivp} + \rho_v + L} \right] (1 + L) \quad (3)$$

Sendo: ρ_{ivp} a reflectância no infravermelho próximo; ρ_v a reflectância no vermelho; ρ_a a reflectância no azul; L é a constante que minimiza o efeito do solo; G é o fator de ganho; $C1$ e $C2$ são os fatores de ajuste para minimização do efeito dos aerossóis da atmosfera

Às imagens de NDVI, EVI e SAVI foram sobrepostos aos polígonos dos poteiros com os diferentes tratamentos que compõem a área experimental e extraídos os valores médios. O processamento das imagens foi realizado no *software* ENVI ©.

3. Resultados e discussão

Os índices de vegetação analisados apresentaram um padrão de variação sazonal condizente com o crescimento dos campos naturais no Estado do Rio Grande do Sul. Os valores foram maiores no período de primavera e verão (principalmente início do verão) e foram menores no período de outono e inverno (Figura 2). Os maiores valores dos índices de vegetação na primavera e verão ocorrem em decorrência da brotação das espécies estivais existentes nos campos naturais do Estado, enquanto que os menores valores dos índices de vegetação no outono e inverno ocorrem em função do encerramento do ciclo destas plantas. Também no período de inverno o Rio Grande do Sul passa pelo chamado vazio forrageiro. O inverno é a estação em que a taxa de acúmulo de forragem é a menor. Nesta época, a disponibilidade de pasto dos campos naturais diminui. Muitos pecuaristas semeiam espécies como o azevém (*Lolium multiflorum*) para aumentar a disponibilidade de forragem. A sazonalidade dos valores dos índices de vegetação encontrada neste estudo foi similar à verificada em outros trabalhos realizados com imagens de satélite no bioma Pampa, como por exemplo, Wagner et al. (2013) e Junges et al. (2016).

Entre os índices de vegetação avaliados, NDVI, EVI e SAVI, também houve variação de valores (Figura 2). Conforme esperado, o NDVI apresentou os maiores valores, enquanto o SAVI e o EVI apresentaram valores com magnitudes menores e próximas entre si.

No perfil do NDVI do tratamento de 4 kg de MS/100 kg de peso vivo de forragem, especialmente em função da maior quantidade de biomassa verde, ressaltando-se que neste tratamento os poteiros não apresentam material senescente, mostrou os conhecidos problemas com saturação (Jensen, 2009). Houve certa estabilização dos valores do índice próximos a 0,75 nos períodos de maior acúmulo de biomassa verde. Nos demais índices, para este nível de oferta de forragem, assim como para os demais índices em todas as ofertas, esta estabilização não foi observada.

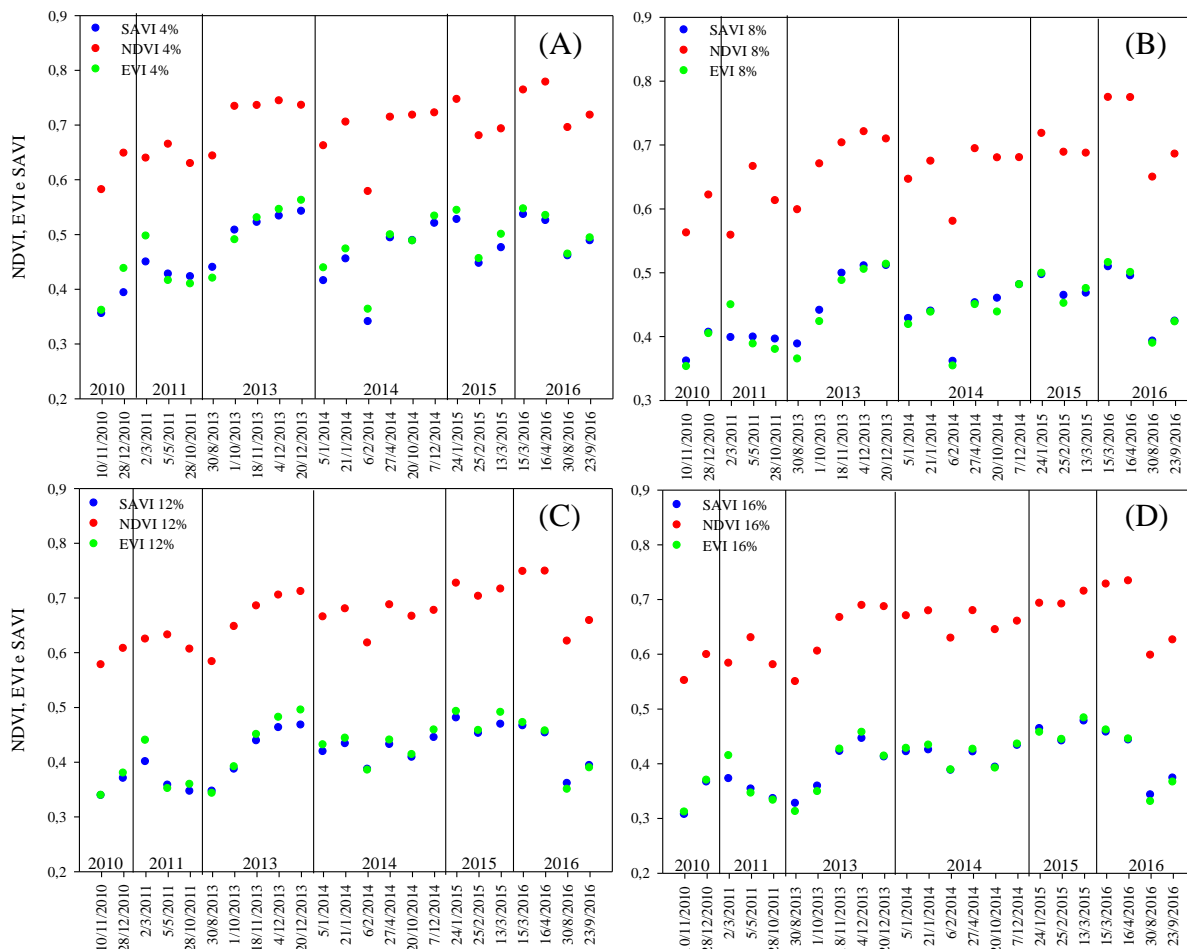


Figura 2. Dinâmica temporal dos índices de vegetação NDVI, EVI e SAVI em área de pastagem natural no Bioma Pampa, em função de quatro tratamentos de oferta de forragem 4 kg de MS/100 kg de peso vivo (A), 8 kg de MS/100 kg de peso vivo (B), 12 kg de MS/100 kg de peso vivo (C) e 16 kg de MS/100 kg de peso vivo (D). Eldorado do Sul, Rs, Brasil.

Houve variação nos valores dos índices de vegetação entre os diferentes níveis de oferta de forragem (Figura 3). Os valores dos índices de vegetação obtidos no tratamento com 4 kg de MS/100 kg de peso vivo são superiores aos valores dos índices de vegetação obtidos nos demais tratamentos. Isto ocorre devido à estrutura do pasto ocasionada pela alta pressão de pastejo.

No tratamento 4 kg de MS/100 kg de peso vivo, a oferta de forragem é baixa, ocasionando alta pressão de pastejo. Isto faz com que os animais não possam selecionar o alimento, assim acabam ingerindo todos os tipos de plantas. Ocasionalmente uma estrutura uniforme de pasto, com estrato único sem touceiras e material senescente, que apesar de possuir menor quantidade de forragem, em relação aos demais tratamentos, e porções de solo descoberto, a vegetação existente se mantém sempre verde na maior parte do ano (Figura 1A). Fazendo com que os maiores valores dos índices de vegetação ocorram neste tratamento. No tratamento com 16 kg de MS/100 kg de peso vivo a oferta de forragem é alta ocasionando uma situação oposta a anterior. Os animais tem a possibilidade de selecionar o seu alimento, deixando de lado as plantas que menos preferem, estas plantas crescem e entram em final de

ciclo e o potreiro apresenta uma maior proporção com material vegetal senescente. Ocorre, em consequência, uma dupla estrutura com estrato inferior composto basicamente por gramíneas rizomatosas e um estrato superior composto por gramíneas cespitosas eretas (Figura 1D). O material vegetal senescente, que ocorre nos potreiros com este tratamento, diminui os valores dos índices de vegetação. O resultado encontrado não foi similar ao encontrado por Junges et al, (2016). Ao analisar índices de vegetação provenientes do sensor MODIS, na mesma área de estudos, encontrou os maiores valores de NDVI e EVI sobre os potreiros com tratamentos de média oferta de forragem (8 e 12 kg de MS/100 kg de peso vivo). Isto pode ter ocorrido em função da diferença de resolução espectral entre os dois sensores, já que o *pixel* do MODIS é maior em relação os *pixel* LANDSAT.

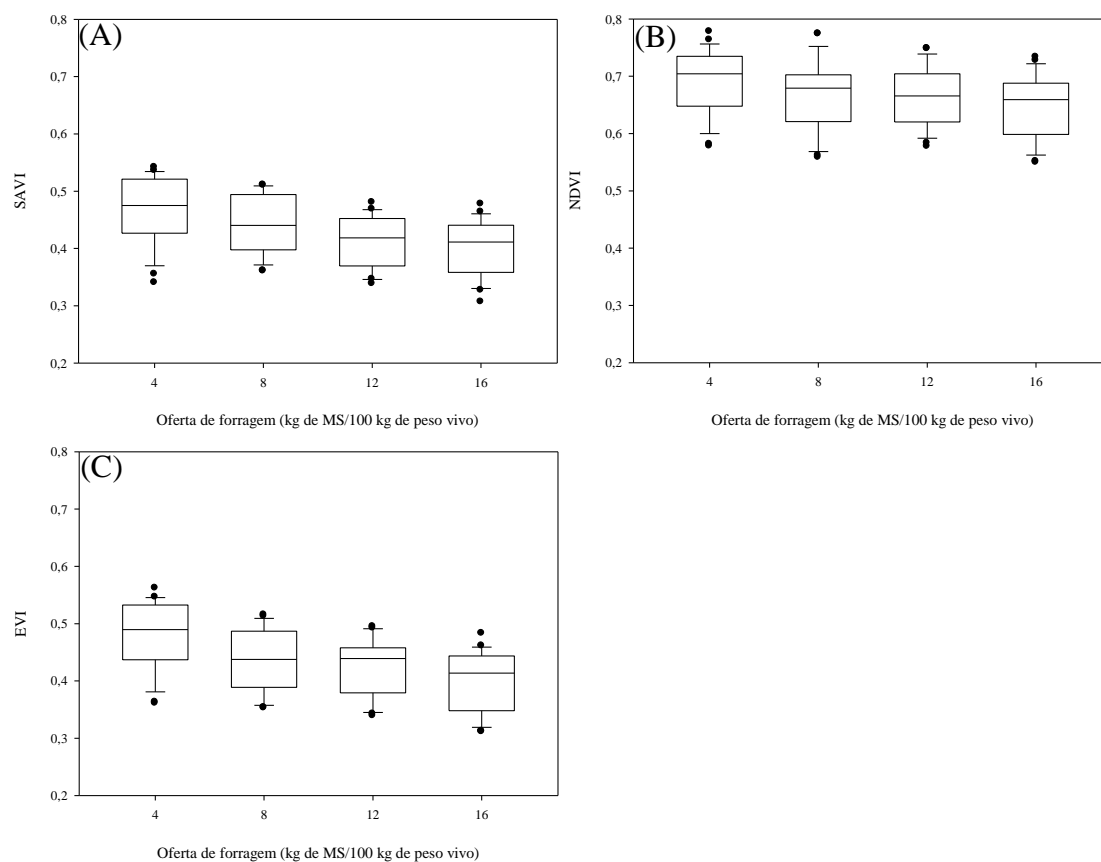


Figura 3. Variabilidade dos índices de vegetação SAVI (A), NDVI (B) e EVI (C), em função dos tratamentos de oferta de forragem 4, 8, 12 e 16 kg de MS/100 kg de peso vivo. Eldorado do Sul, RS, Brasil.

Em estudos no Rio Grande do Sul com imagens Landsat, é difícil obter um número grande de imagens por ano para formar um perfil temporal dos índices de vegetação que expresse o padrão ao longo do ano de forma completa. Isto ocorre devido a abundante nebulosidade existente no Estado. Neste estudo, as imagens obtidas no período de inverno foram poucas, dificultando a avaliação neste período. Este tipo de problema é contornado quando se utiliza imagens de composições de máximo valor do índice de vegetação, como as imagens MODIS. Nestas, é minimizada a interferência atmosférica, especialmente a causada pelas nuvens, e disponibilizadas de forma contínua a cada 16 dias ao longo de todo o ano, totalizando 23 imagens. Apesar da vantagem, em termos de representação temporal, as imagens MODIS apresentam limitação no que se refere à resolução espacial. Dependendo do

tipo de alvo em estudo, o pixel MODIS de 250 m pode não ser compatível, inviabilizando a análise.

4. Conclusões

Os três índices de vegetação (SAVI, NDVI e EVI) avaliados são capazes de expressar a dinâmica sazonal da vegetação dos campos naturais no bioma Pampa. Os três índices de vegetação avaliados são capazes de expressar as diferenças de estrutura da pastagem ocasionada em função da intensidade de pastejo.

5. Referências bibliográficas

- BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da estação experimental da UFRGS** (e região de abrangência). Porto Alegre: UFRGS, 2003. 77 p.
- BOLDRINI, I.I. **Dinâmica da vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem e tipos de solo, Depressão Central, RS**. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 262f. Tese de Doutorado em Zootecnia. 1993.
- BOLDRINI, I. I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.D.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M. DE S.; JACQUES, A.V.A. (ed.) **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, MMA. p. 63-77, 2012.
- FONSECA, E. L. **Desenvolvimento de modelo da disponibilidade de fitomassa aérea para formações campestres naturais a partir de dados espectrais orbitais e agrometeorológicos**. 2004. 181 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 25, p. 295-309, 1988.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ª ed. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 2009. 598 p.
- JUNGES, A. H et al. Temporal profiles of vegetation indices for characterizing grazing intensity on natural grasslands in Pampa biome. **Scientia Agricola**, v. 73, p. 332-337, 2016.
- JUSTICE, C. O. et al. The moderate resolution imaging spectroradiometer (Modis): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 36, n. 4, p. 1228-1249, 1998
- KÖPPEN, W. **Climatología**. México, DF : Fondo de Cultura Económica, 1948, 71 p.
- LABUS, M. P. et al. Wheat yield estimate using multi-temporal NDVI satellite imagery. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 23, n. 20, p. 4169-4180, 2002.
- MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: **International Grassland Congress**, 6, 1952. Proceedings...Pensylvania, State College Press, p.1380-1395, 1952.
- NABINGER, C. et al. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 28º, **Anais...** Piracicaba, FEALQ. p.37-86, 2006.
- ROUSE, J. W. et al. Monitoring Vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTHRESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE - 1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. **Proceedings**. Washington, 1973. v.1, sec A, p. 309-317.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2º Ed. Porto Alegre: EMATER/RS – ASCAR, 2008. 220 p.



SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, L. A. P. Tchê Pampa: histórias da natureza gaúcha. In: PILLAR, V.D.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M. DE S.; JACQUES, A.V.A. (ed.) **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, MMA. p. 63-77, 2012.

WAGNER, A. P. L. **Dinâmica temporal de índices de vegetação no Pampa do Rio Grande do Sul e Uruguai e suas relações com os elementos meteorológicos regionais**. 2013. 147 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.