

## CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO DOS BIOMAS PAMPA E CERRADO MONITORADAS POR NDVI

## VEGETATION CHARACTERISTICS OF PAMPA AND CERRADO BIOMES MONITORED BY NDVI

Carline Biasoli Trentin<sup>1</sup>

Aline Biasoli Trentin<sup>2</sup>

Andreise Moreira<sup>3</sup>

Eléia Righi<sup>4</sup>

### RESUMO

O monitoramento das variações espaciais e temporais da vegetação vem sendo realizado a partir de dados de Sensoriamento Remoto, especialmente os Índices de Vegetação (IV). O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um dos IV mais aplicados nestes estudos e utiliza dados de reflectância nas bandas espectrais do vermelho e infravermelho, a fim de identificar as características biofísicas e estruturais da vegetação. Nesse sentido, objetivou-se monitorar e comparar as características fenológicas da vegetação campestre nos biomas Pampa e Cerrado a partir de perfis temporais do NDVI para o período de 2001 a 2019. Foram utilizados os dados do sensor MODIS – produto MOD13Q1, disponibilizado gratuitamente pela ferramenta Web SATVeg. A partir dos perfis temporais de NDVI analisados, identificou-se que a vegetação campestre nos biomas Pampa e Cerrado possuem características semelhantes, com maior produção de biomassa entre a primavera e verão e menor entre o outono e inverno, com valores que variam entre 0,20 e 0,88 no Cerrado e 0,34 e 0,88 no Pampa. Os dados permitiram concluir que as fases de crescimento da vegetação variam de acordo com os fatores climáticos de cada bioma: a precipitação no Cerrado e a temperatura no Pampa.

**Palavras-chave:** Índices de Vegetação; Vegetação Campestre; Biomas.

### ABSTRACT

The monitoring of spatial and time variations of vegetation has been realized from Remote sensing data, especially vegetation indices (IV). The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is an of the IV most applied in these studies and uses reflectance data in the spectral bands of red and

<sup>1</sup> Doutora em Sensoriamento Remoto, Curso de Geografia/Instituto de Ciências Humanas e Sociais/Universidade Federal do Mato Grosso. [carlinetrentin@ufmt.br](mailto:carlinetrentin@ufmt.br). ORCID - <https://orcid.org/0000-0002-7678-1320>.

<sup>2</sup> Doutora em Geografia, Universidade Federal do Pampa - Campus São Gabriel. [alinetrentin@unipampa.edu.br](mailto:alinetrentin@unipampa.edu.br) ORCID - <https://orcid.org/0000-0001-9747-9289>.

<sup>3</sup> Doutora em Sensoriamento Remoto, Prefeitura Municipal de Chapecó. [andrisem@gmail.com](mailto:andrisem@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6932-2794>.

<sup>4</sup> Doutora em Geografia, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul / Unidade Universitária de Caxias do Sul / [eleia-righi@uergs.edu.br](mailto:eleia-righi@uergs.edu.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2766-8719>

infrared, in order to identify the biophysical and structural characteristics of the vegetation. In this sense, the objective was to monitor and compare the phenological characteristics of the grassland in the Pampa and Cerrado biomes from ndvi time profiles for the period from 2001 to 2019. Modis sensor data - MOD13Q1 product, available free of charge by the SATVeg Web tool, were used. From the NDVI time profiles analyzed, it was identified that the grassland in the Pampa and Cerrado biomes have similar characteristics, with higher biomass production between spring and summer and lower between autumn and winter, with values ranging from 0.20 to 0.88 in the Cerrado and 0.34 and 0.88 in the Pampa. The data allowed us to conclude that the growth phases of the vegetation vary according to the climatic factors of each biome: precipitation in the Cerrado and temperature in the Pampa.

**Keywords:** Vegetation Index; Grassland; Biomes.

## INTRODUÇÃO

Diferentes desafios como a pressão sobre o uso da terra, o aumento da produção, a diminuição da reserva de terras e a restrição hídrica tornam essencial o desenvolvimento de ferramentas que compilam dados confiáveis para o monitoramento da vegetação. Nessa temática estão inseridos os dados e produtos de sensoriamento remoto, que apresentam potencial crescente no monitoramento das condições da vegetação em diferentes abordagens e escalas espaciais (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

A aplicação do sensoriamento remoto com ênfase em estudos da vegetação iniciou com os mapeamentos temáticos em meados da década de 1940. Aproximadamente até a década de 1990, os estudos restringiam-se às abordagens qualitativas dos dados. Com o avanço das técnicas de processamento de imagens e a compreensão de aspectos radiométricos dos dados de sensoriamento remoto, as pesquisas avançaram no sentido quantitativo, abordando correlações com parâmetros biofísicos e a biomassa da vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

Entre as principais aplicações dos dados de sensoriamento remoto estão os estudos desenvolvidos a partir de índices de vegetação, que permitem caracterizar a dinâmica temporal e vigor da vegetação (FORMAGGIO; SANCHES, 2017), identificar a distribuição espacial dos tipos de vegetação (JENSEN, 2009), assim como, avaliar as variações sazonais e os parâmetros biofísicos (HUETE *et al.*, 2002). Além disso, os índices de vegetação são essenciais, especialmente quando objetiva-se verificar a quantidade e as condições das plantas em extensas áreas e com repetitividade

adequada (SANO; BORGES 2019). Estas informações possibilitam melhorar o manejo das áreas tornando-as mais sustentáveis (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Os índices de vegetação utilizam dados espectrais principalmente das regiões do vermelho e infravermelho próximo, permitindo avaliações e estimativas da cobertura vegetal através de diversos parâmetros (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). Dentre estes parâmetros estão a área foliar, biomassa, porcentagem de cobertura do solo (JENSEN, 2009), atividade fotossintética, produtividade, variabilidade espacial das plantas, o conteúdo de água na vegetação, desenvolvimento fenológico, mapeamento de culturas e áreas produtivas, monitoramento de distúrbios e estatísticas agrícolas (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Os índices de vegetação obtidos do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) são utilizados frequentemente na detecção de mudanças da cobertura da terra e monitoramento sazonal e temporal da vegetação (FERREIRA *et al.*, 2003). Especificamente, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um dos índices mais explorados (SANO; BORGES, 2019), com diferentes abordagens em estudos climáticos e de culturas agrícolas e florestais (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

Análises espaço-temporais do NDVI têm permitido comparar as variações sazonais, interanuais e a longo prazo, da estrutura da vegetação (RATANA; HUETE; FERREIRA, 2005), bem como, identificar os ciclos fenológicos da vegetação, duração do período de crescimento, pico de verde, alterações fisiológicas das folhas e períodos de senescência (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). Apesar de ser um índice suficientemente estável (RATANA; HUETE; FERREIRA, 2005) nessa temática, para a sua interpretação recomenda-se considerar fatores limitantes como pontos de saturação nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, a interferência atmosférica e do solo, a largura das bandas e a resolução espacial do sensor (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012; SANO; BORGES, 2019).

Estudos realizados a partir de séries temporais de índices de vegetação, permitem identificar as condições da cobertura vegetal, descrever e reconstituir dados das variações fenológicas. Quando aplicadas no estudo de campos e savanas, as séries temporais são necessárias para identificar o estado fenológico da vegetação e suas alterações no espaço e no tempo, uma vez que estes biomas apresentam níveis elevados de variação espectral e fenológica (HILL, 2013).

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi monitorar e comparar as características fenológicas da vegetação campestre nos biomas Pampa e Cerrado a partir de séries temporais do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, no período entre 2001 e 2019.

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Neste estudo foram definidas as áreas amostrais da vegetação campestre (gramíneas) em diferentes municípios que compõem os biomas Pampa e Cerrado, para este, restringindo ao estado do Mato Grosso.

As áreas amostrais no Cerrado correspondem aos municípios da microrregião do Médio Araguaia no leste do estado do Mato Grosso, Araguaiana, Barra do Garças, Cocalinho e Novo Santo Antônio. Este bioma caracteriza-se pela vegetação de cerrado *sensu lato* com três categorias fisionômicas, divididas de acordo com Ribeiro e Walter (1998) em: formações florestais, savânicas e campestres, relacionadas aos fatores edáficos como fertilidade, teor de alumínio e grau de saturação do solo, e modificações pelo fogo e corte (ICMBio, 2020). O clima da região é o tropical com destaque a duas estações climáticas bem definidas no ano: a estação seca, com início no mês de maio e a estação chuvosa, em outubro, com precipitação variando em média de 750 a 2000 mm por ano (ICMBio 2020).

No bioma Pampa, as áreas amostrais estão localizadas nos municípios de Aceguá, Alegrete, Jari, Santo Antônio das Missões e São Gabriel. Este bioma é caracterizado pelo clima temperado úmido com verão quente – Cfa, de acordo com a classificação de Köppen, com verão quente e seco e inverno frio e úmido. A vegetação se caracteriza por plantas herbáceas do tipo C3 e C4 adaptadas à transição do clima subtropical para o temperado (BOLDRINI, 2009; OVERBECK *et al.*, 2007; HERINGER; JACQUES, 2002).

### **METODOLOGIA**

Para o monitoramento das características fenológicas da vegetação campestre nos biomas Pampa e Cerrado, foram utilizados perfis temporais do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do sensor MODIS – produto MOD13Q1, adquiridas gratuitamente pela ferramenta Web SATVeg (Sistema de Análise Temporal da Vegetação), desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada proposto por Rouse et al. (1973), é calculado pela diferença de reflectância entre a banda espectral do infravermelho próximo ( $\rho_{NIR}$ ) e do vermelho ( $\rho_{RED}$ ) dividida pela soma destas mesmas bandas ( $\rho_{NIR}$  e  $\rho_{RED}$ ) (Equação 1), resultando em um valor no intervalo de  $-1$  a  $+1$ , sendo que altos valores do índice indicam maior presença de vegetação (JENSEN, 2009). Este índice visa eliminar diferenças sazonais do ângulo de elevação solar e minimizar os efeitos da atenuação atmosférica em imagens multitemporais (LATORRE *et al.*, 2007; NASA, 2020).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (1)$$

Sendo:

$\rho_{NIR}$  = Reflectância na banda do Infravermelho próximo

$\rho_{Red}$  = Reflectância na banda do vermelho

Foram utilizados os dados do índice de vegetação NDVI disponibilizados a cada 16 dias e correspondentes à série temporal entre os anos de 2001 e 2019, em doze (12) pontos amostrais para cada bioma, correspondendo a 24 pixels (amostras) com resolução espacial de 250 metros.

Para diminuir o efeito de ruídos e aumentar o grau de confiabilidade nas análises das séries temporais, aplicou-se a técnica de filtragem/suavização *Savitzky-Golay*, a qual emprega polinômios de mínimos quadrados para a remoção de ruídos, preservando a forma do espectro nas séries temporais (SAVITZKY; GOLAY, 1964). A escolha desta técnica de filtragem foi baseada em estudos que apontam o filtro *Savitzky-Golay*, eficiente para minimizar ou eliminar ruídos sem modificar o padrão do perfil espectro temporal dos índices de vegetação (CHEN *et al.* 2004; TRINDADE *et al.*, 2019)

Os dados das séries temporais de NDVI foram plotados em gráficos com a finalidade de monitorar a sazonalidade da vegetação e comparar as características fenológicas entre a vegetação dos biomas Cerrado e Pampa. Para facilitar a análise visual, os gráficos foram organizados com as amostras coletadas em cada um dos municípios analisados.

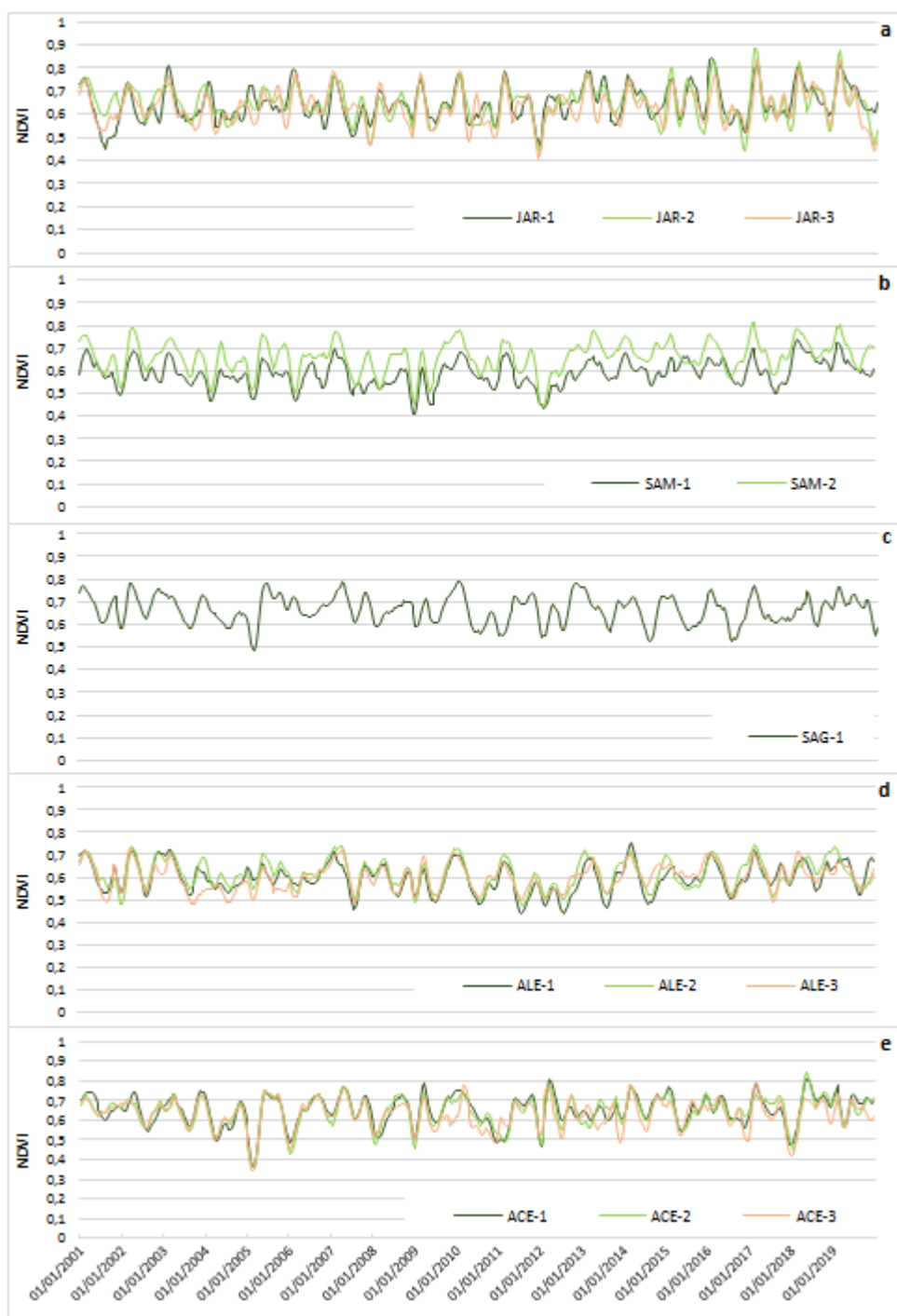
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

De forma geral, o padrão comportamental do NDVI observado para as áreas campestres está relacionado aos fatores climáticos característicos de cada bioma analisado, com maiores valores entre os meses de outubro a março, quando decaem com o começo do outono e atingem os menores valores no inverno. Estes intervalos estão relacionados com a distribuição da precipitação pluvial no bioma Cerrado e com a temperatura média do ar no bioma Pampa. Este padrão observado corrobora com a afirmação de Clapham Jr. (1973, p. 14), de que "[...]a distribuição dos biomas é controlada em última instância por fatores ambientais abióticos - especialmente o clima".

Para o bioma Pampa, os meses de outubro a março estão relacionados ao início da primavera e ao período do verão, coincidindo com os meses de maior disponibilidade de radiação solar e temperaturas mais altas. Estes fatores contribuem para uma maior produção de biomassa para as espécies de gramíneas predominantes no bioma Pampa (C3 e C4) (HERINGER; JACQUES, 2002) e conseqüentemente, o aumento da resposta espectral da vegetação na região do infravermelho próximo. Com relação a diminuição dos valores de NDVI, entre o outono e inverno, esse período corresponde a diminuição da temperatura média do ar, conforme verificado por Trentin (2015).

Nas amostras analisadas, o NDVI apresentou valores entre 0,34 e 0,88 (Figura 1), sendo o valor mínimo no município de Aceguá e o valor máximo identificado no município de Jari. Decorrente, principalmente das mudanças sazonais da vegetação, observou-se menor variação entre os valores mínimo e máximo (diferença de 0,25) no município de Alegrete, enquanto a maior diferença (0,48) foi encontrada em Aceguá.

Figura 1 - Série Temporal de NDVI do bioma Pampa no município de Jari (a), Santo Antônio das Missões (b), São Gabriel (c), Alegrete (d) e Aceguá (e) no estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 2001 e 2019.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2021).

A média de NDVI, considerando todo o período, variou entre 0,58 e 0,66, sendo estes valores observados em amostras localizadas nos municípios de Santo Antônio das Missões e São



Gabriel, respectivamente. Resultados semelhantes a este estudo foram encontrados por Trentin e Fonseca (2011) e Cordeiro et al. (2017), que identificaram valores médios de NDVI para áreas campestres no bioma Pampa de 0,51 (inverno) e 0,78 (verão) e 0,58 (inverno) e 0,70 (verão), respectivamente.

Os perfis temporais de NDVI mostraram diferenças entre os municípios em relação ao comportamento sazonal e quando observado alguns períodos da série temporal. Esse resultado pode estar associado com as características ambientais dos locais amostrados, como solo ou tipologia campestre, como verificado em estudo desenvolvido por Moreira *et al.* (2019), no qual os autores, considerando os valores de EVI e NDVI obtidos de distintas fisionomias campestres, obtiveram 3 grupos com perfis temporais semelhantes no bioma Pampa. A discriminação das fisionomias campestres para ambos os índices é fortemente condicionada pela variação da temperatura do ar. Em específico para o NDVI, há a possibilidade de identificar diferenças entre as fisionomias somente no inverno, ressaltando a influência exercida pela temperatura do ar sobre a fenologia campestre no bioma Pampa.

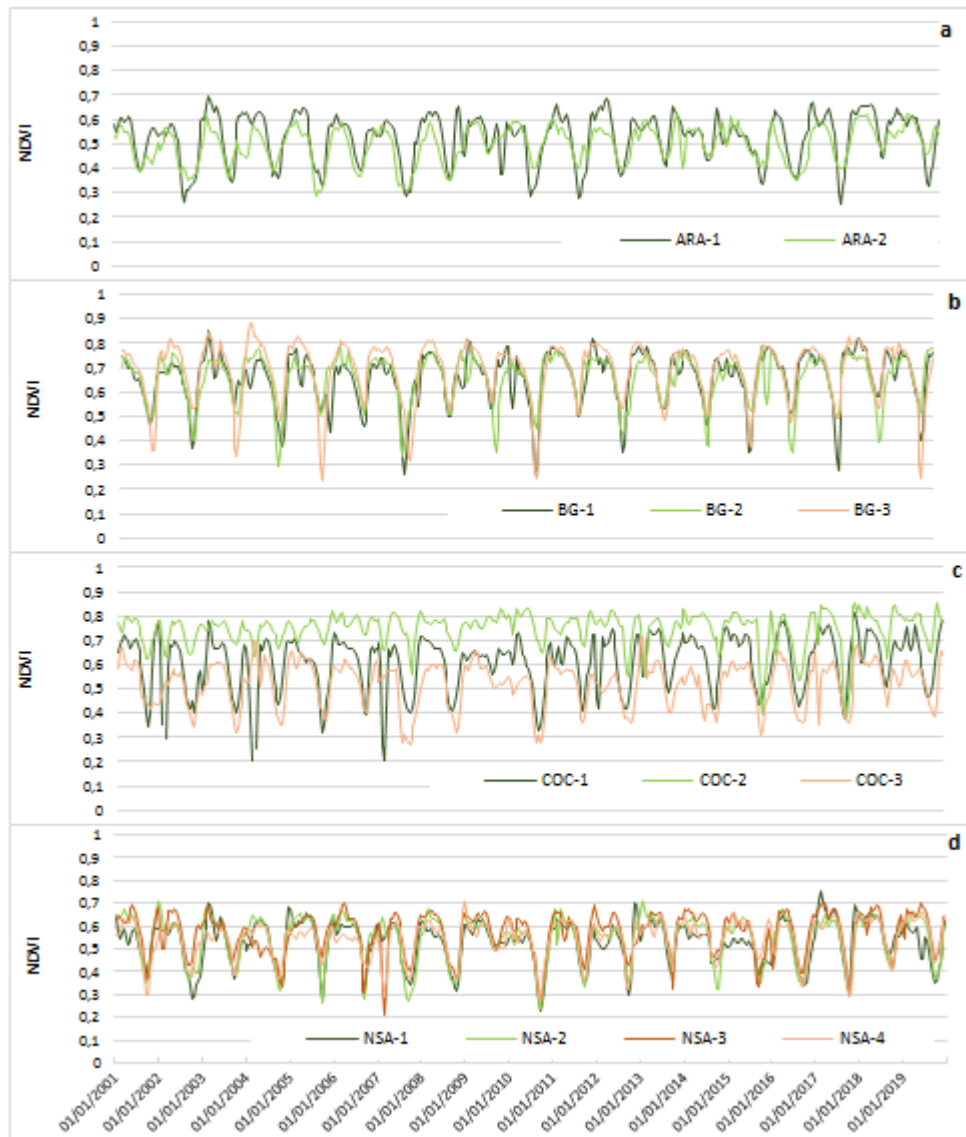
Outros estudos envolvendo análises fenológicas e o uso de índices de vegetação têm sido associados à variabilidade climática no Pampa. Wagner (2013) descreveu os padrões da dinâmica espaço/temporal dos índices de vegetação NDVI e EVI para o Pampa do RS e Uruguai, estabelecendo uma relação entre os índices e a variabilidade climática interanual. Os índices NDVI e EVI apresentaram padrões médios temporais similares entre si, com maior variabilidade no verão, picos máximos em março e setembro e mínimos valores no inverno. Da mesma forma, Junges et al. (2016) observaram que durante as estações quentes do ano (primavera e verão) ocorre incremento nos valores de EVI e NDVI e diminuição nas estações mais frias (outono e inverno). Durante o inverno, em decorrência das baixas temperaturas ocorre o período de senescência da vegetação campestre com reflexo na diminuição dos valores de EVI e NDVI (JUNGES *et al.*, 2016).

Para o bioma Cerrado, a vegetação também apresenta maiores valores de NDVI entre os meses de outubro a março, onde são registrados os maiores índices de precipitação pluvial, correspondendo ao início da estação chuvosa. Os menores valores de NDVI são registrados entre abril e setembro, nos meses considerados secos, quando as fisionomias vegetais diminuem a



produtividade de biomassa e estão sujeitas à queimadas, sendo este o padrão esperado para a vegetação campestre no bioma (Figura 2).

Figura 2. Série Temporal de NDVI do bioma Cerrado nos municípios de Araguaiana (a), Barra do Garças (b), Cocalinho (c) e Novo Santo Antônio (d) no estado do Mato Grosso entre os anos de 2001 e 2019.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2021).

Estes resultados são corroborados por Ferreira e Huete (2004) e Becerra; Shimabukuro; Alvalá (2009) que identificaram para o bioma Cerrado, maiores valores dos índices de vegetação (IVs) durante a estação chuvosa e menores na estação seca, atribuindo este comportamento a uma maior atividade fotossintética e acumulação de biomassa durante o período chuvoso, e redução da

biomassa verde em função da menor disponibilidade hídrica. Assim, com a diminuição de biomassa verde há diminuição da reflectância da vegetação no infravermelho (JENSEN, 2009), e consequentemente redução nos valores dos IVs.

Ainda, Trentin e Trentin (2017) destacaram que os índices de vegetação EVI e NDVI, permitem monitorar o início da estação de crescimento da vegetação de pastagem no Cerrado, e esse período está relacionado com um aumento na precipitação pluvial e diminuição da temperatura de superfície. Da mesma forma, Anderson e Shimabukuro (2007) empregaram o NDVI a fim de registrar a fenologia e a sazonalidade da vegetação verificando correlação com amostras de diferentes formações vegetais e a precipitação pluvial.

Nas amostras analisadas, o NDVI apresentou valores entre 0,20 e 0,88, com valor mínimo identificado nos municípios de Cocalinho e Novo Santo Antônio e valor máximo em Barra do Garças. Os perfis de NDVI no município de Barra do Garças variaram entre 0,23 e 0,88 e foram extraídos em áreas correspondentes às terras indígenas Xavante São Marcos e Merure, que apresentam concentração de formações savânicas com extratos de arbustos e gramíneas nessas fitofisionomias (MOTA JUNIOR *et al.* 2020), o que pode ter interferido nos valores de NDVI. Em Cocalinho, o NDVI teve uma variação entre 0,20 e 0,84. Nesses dois municípios identificam-se as maiores variações entre os valores mínimos e máximos da série temporal. Carvalho Júnior et al (2008) destacam que em áreas com predomínio de campo no Cerrado os valores de NDVI possuem grande oscilação, destacando que na época seca os valores de NDVI são os mais baixos e possuem maior amplitude entre os dados.

O município de Araguaiana apresentou a menor variação entre os valores mínimos e máximos de NDVI, entre 0,25 e 0,69. No município de Novo Santo Antônio, as amostras foram coletadas na área do Parque Estadual do Araguaia, zona de contato entre o Cerrado e a Floresta Amazônica, o qual apresenta extensas áreas de campos sazonalmente inundados. Neste local, os valores de NDVI variaram entre 0,20 e 0,75, podendo indicar uma maior dependência de disponibilidade hídrica para a vegetação, assim como em Araguaiana.

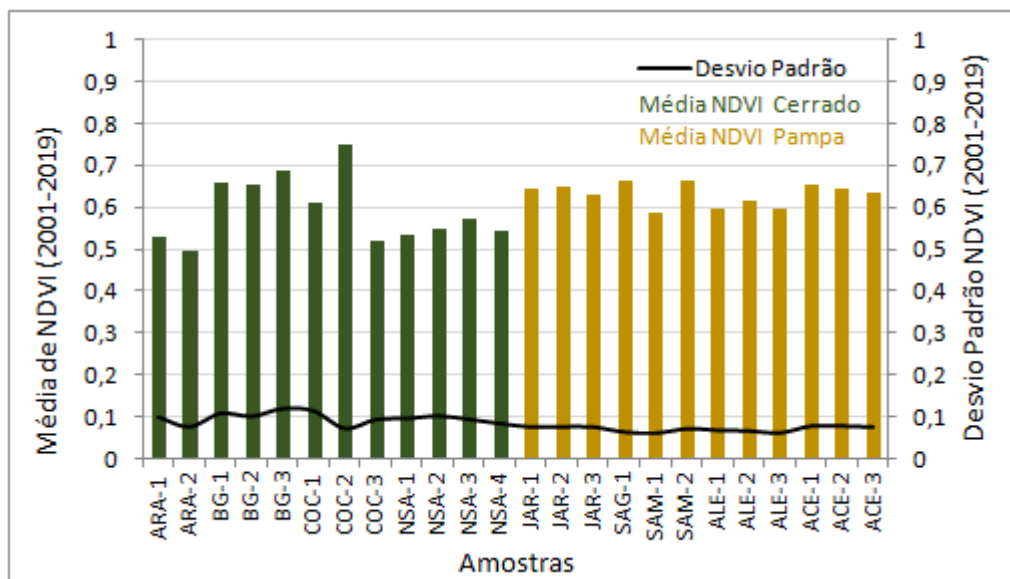
Observou-se uma pequena variação do NDVI no bioma Cerrado entre os anos de 2008 e 2010, indicando que neste período, a vegetação apresentou menor perda de biomassa no período seco do ano, possivelmente ocasionado por uma precipitação melhor distribuída ao longo dos

meses, do que o esperado. Estudos apontam que o padrão sazonal da vegetação de campo no Cerrado está relacionado com a precipitação. Esta relação foi descrita por Becerra; Shimabukuro; Alvalá (2009) e Trentin e Trentin (2017), que encontraram um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) de aproximadamente 0,61 entre a precipitação e o NDVI de campo cerrado.

Comparativamente, no bioma Pampa os valores médios de NDVI foram superiores aos encontrados no bioma Cerrado (Figura 3), com média geral de 0,63 para a vegetação do Pampa e de 0,59 para a vegetação do Cerrado. Observou-se, ainda, maior variação entre os dados nas amostras do bioma Cerrado, a qual pode estar relacionada à alteração sazonal (relacionada às mudanças sazonais) observada nos perfis temporais das amostras localizadas nos municípios do estado do Mato Grosso. As maiores médias e a menor variação do NDVI no bioma Pampa podem indicar que a vegetação característica do local possui maior disponibilidade de biomassa se comparada a vegetação do Cerrado, ou ainda, pode-se destacar que a vegetação do bioma Cerrado é mais impactada pelo déficit hídrico, quando comparada ao efeito da temperatura do ar no bioma Pampa.

Cabe destacar que no bioma Cerrado a vegetação é caracterizada pela presença de pequenos arbustos em meio a vegetação de campo, enquanto o bioma Pampa se caracteriza pela vegetação de porte rasteiro e cespitoso o que também pode ter influenciado na resposta espectral da vegetação. Outro fator que interfere na resposta espectral é a presença de pastagem plantada em meio às áreas naturais. Sano e Borges (2019) comentam que as curvas da série temporal da vegetação campestre e pastagem cultivada são muito semelhantes e mesmo numa série temporal a discriminação entre estes tipos de vegetação é pouco efetiva.

Figura 3 - Valores médios e desvio padrão de NDVI dos biomas Cerrado e Pampa entre os anos de 2001 e 2019, nos municípios de Araguaiana (ARA), Barra do Garças (BG), Cocalinho (COC), Novo Santo Antônio (NSA), Jari (JAR), São Gabriel (SAG), Santo Antônio das Missões (SAM), Alegrete (ALE), Aceguá (ACE).

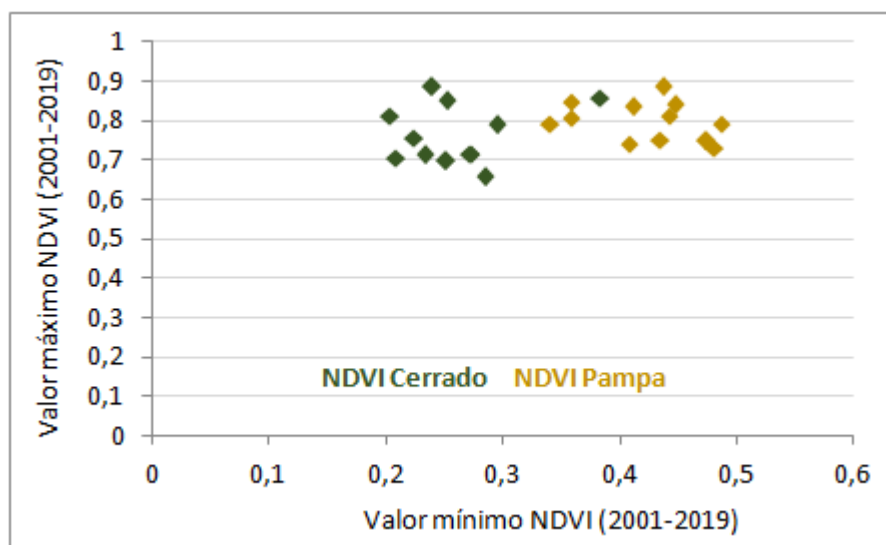


Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando os valores mínimos e máximos de NDVI (Figura 4) observou-se que a vegetação campestre do bioma Cerrado apresenta valores mínimos menores se comparado a vegetação do Pampa. Para a maior parte das áreas amostrais, os valores máximos também são superiores no Pampa. O comportamento desses valores resulta em dois agrupamentos de valores de NDVI, demonstrando que há diferença entre as fisionomias campestres do Cerrado e do Pampa, quanto ao vigor vegetativo nos períodos de menor NDVI.

As subdivisões biológicas com propriedades funcionais e fisionômicas da vegetação distintas, relacionadas principalmente com o clima, especialmente com a temperatura do ar e a precipitação pluvial, demonstram ser possível definir e caracterizar a vegetação nos diferentes biomas. No entanto, mesmo em condições climáticas, características do solo e biomas distintos, é possível reconhecer semelhanças entre a vegetação dos biomas Pampa e Cerrado, como a dependência desta tipologia de vegetação aos efeitos climáticos e os períodos de menor e maior vigor vegetativo e acumulação de biomassa pela vegetação.

Figura 4 -Dispersão dos valores mínimos e máximos de NDVI dos biomas Cerrado e Pampa entre os anos de 2001 e 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vegetação campestre nos biomas Pampa e Cerrado possui características semelhantes, com maior produção de biomassa entre a primavera e verão e menores valores entre o outono e o inverno.

As fases de crescimento da vegetação variam de acordo com os fatores climáticos de cada bioma: a precipitação pluvial no Cerrado e a temperatura do ar no Pampa.

Dados de Índices de Vegetação disponibilizados gratuitamente são eficazes e importantes para o monitoramento espacial e temporal das características fenológicas da vegetação para as regiões estudadas, demonstrando que mesmo com características ambientais distintas é possível monitorar a fenologia da vegetação por sensoriamento remoto.

### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Chamada MCTI/CNPq Nº 20/2017 – Nexus II, referente aos dados do bioma Pampa.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Monitoramento da cobertura terrestre: fenologia e alterações antrópicas. In: B. F. T. RUDORFF; Y. E. SHIMABUKURO; J. C. CEBALLOS. (Org.). **Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. p. 185-206.
- BECERRA, J. A. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; ALVALA, R. C. dos S. Relação do padrão sazonal da vegetação com a precipitação na região de cerrado da Amazônia Legal, usando índices espectrais de vegetação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 125-134, 2009.
- BOLDRINI, I.I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S; JACQUES, A.V.A. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. p. 63 - 77.
- CARVALHO JUNIOR, O. A. et al. Classificação de padrões de savana usando assinaturas temporais NDVI do sensor MODIS no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 4, p. 505-517, 2008.
- CLAPHAM Jr., W.B. **Natural ecosystems**. New York: McMillan, 1973.
- CHEN, J. et al. A simple method for reconstructing a high quality NDVI time series data set based on the Savitzky-Golay filter. **Remote Sensing of Environment**, v. 91, p. 332-344, 2004.
- CORDEIRO, A. P. A. et al. Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 883-896, 2017.
- FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 10. p. 1837-1860, 2004.
- FERREIRA, L. G. et al. Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: An analysis within the Large-Scale Biosphere–Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA). **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 534–550, 2003.
- FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 288p.
- HERINGER, I.; JACQUES, A. V. A. Acumulação de forragem e material morto em pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo em relação às queimadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p.599-604, 2002.
- HILL, M. J. Vegetation index suites as indicators of vegetation state in grassland and savanna: An analysis with simulated SENTINEL 2 data for a North American transect. **Remote Sensing of Environment**, v. 137, p. 94 – 111, 2013.

HUETE, A., et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 195-213, 2002.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Disponível em:

<<http://www.icmbio.gov.br/cecat/conservacao-da-biodiversidade/biodiversidade.html>>. Acesso em: 20 out. 2020.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

JUNGES, A.H. et al. Temporal profiles of vegetation indices for characterizing grazing intensity on natural grasslands in Pampa biome. **Scientia Agrícola**, v. 73, n. 4, p. 332-337, 2016.

LATORRE, et al. Produtos para ecossistemas terrestres - MODLAND. In: Rudorff, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J.C. (Org.) **O sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007, p. 422.

MOREIRA, A. et al. Seasonal dynamics of vegetation indices as a criterion for grouping grassland typologies. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.76, n.1, p.24-32, 2019.

MOTA JUNIOR, E. R. et al. Monitoramento da degradação da pastagem e a incorporação de atividades agrícolas na microrregião do Médio Araguaia/MT. **Revista Geoaraguaia**, v. 10, n. 2, p. 160-174, 2020.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer). Disponível em: <<https://modis.gsfc.nasa.gov/data/>> Acesso em: 15 set. 2020.

OVERBECK, G. E. et al. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics**, v.9, n. 1, p. 101-116, 2007.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. Oficina de Textos, 2012. 176 p.

RATANA, P.; HUETE, A. R.; FERREIRA, L. Analysis of Cerrado Physiognomies and Conversion in the MODIS Seasonal-Temporal Domain. **Earth Interactions**, v. 9, n. 3. p. 1-22, 2005.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: Ambiente e flora**. Brasília: EMBRAPA Cerrados, 1998.

ROUSE, J. W; et al. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. Greenbelt: National Aerospace Spatial Administration, 1973. 371p.



SANO, E. E.; BORGES, E. F. Séries temporais: comportamento espectral de imagens multidas. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de; BAPTISTA, G. M. de M. (orgs). **Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

SAVITZKY, A.; GOLAY, M. J. E. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. **Analytical Chemistry**, v.36, p.1627-1639, 1964.

TRENTIN, C. B. Os estoques de carbono nas áreas de vegetação campestre da APA do Ibirapuitã. 2015. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). PPGSR/UFRGS, Porto Alegre. 2015.

TRENTIN, C. B.; FONSECA, E. L. Monitoramento da fenologia da vegetação campestre do bioma Pampa e sua relação com a temperatura média do ar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais [...]** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1628.

TRENTIN, C. B.; TRENTIN A. B. Fenologia das pastagens no bioma Cerrado e sua relação com variáveis meteorológicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18, (SBSR), 2017, Santos. **Anais [...]** São José dos Campos, INPE, 2017. p. 2989-2995.

TRINDADE, F. S. et al. Aplicabilidade do filtro Savitzky-Golay em séries temporais EVI durante o ciclo fenológico da Soja. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19, (SBSR), 2019, Santos. **Anais [...]** São José dos Campos, INPE, 2019.

WAGNER, A. P. L., et al. Tendências temporais de índices de vegetação nos campos do Pampa do Brasil e do Uruguai. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 48, n. 9, p. 1192-1200, 2013.