

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS POR SENSORIAMENTO REMOTO: UM SUBSÍDIO PARA O PLANO DE AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Mateus Benchimol Ferreira de Almeida¹, Margareth Simões^{1,2}, Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz³

¹Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente/Doutorado Multidisciplinar (PPGMA)/FEN/DESC/UERJ, Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lyra Filho, 12 Andar, Bloco F, Sala 12005, Bairro Maracanã, RJ, e-mail1: mateusbenchimol@hotmail.com, e-mail2: mateus.almeida@colaborador.embrapa.br; ²Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, RJ, e-mail1: margareth.labex@gmail.com, email2: margareth.simoese@embrapa.br; ³Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, RJ, e-mail1: rodrigo.demonte@embrapa.br, e-mail2: rodrigo.demonte@gmail.com

RESUMO

O plano ABC surgiu do compromisso firmado pelo Brasil na COP15 em Copenhague/2009, sendo uma política pública que visa alcançar metas de redução dos Gases de Efeito Estufa, adotando-se medidas mais sustentáveis. Assim, mapear pastagem degradadas para recuperação é fundamental. Neste trabalho objetivou-se realizar separabilidade dos níveis de degradação de pastagens N1, N2, N3 e N4, respectivamente leve, moderado, forte e muito forte, por Sensoriamento Remoto, com uso de imagens Sentinel-2.

Neste estudo realizou-se correção atmosférica, NDVI, SAVI e Análise de Mistura Espectral (AME). O NDVI e o SAVI apresentaram perfis temporais similares, porém não foram eficientes. A AME apresentou resultados bastante promissores, porém o grau de confiança só será determinado após validação dos resultados em campo. Essa validação ocorrerá no período úmido (outubro/2018) e no período seco (julho/2019), na área de estudo situada no município de Valença, Vale do Paraíba, região marcada por fortes degradações nas áreas de pastagens.

Palavras-chave — Sentinel-2, Análise de Mistura Espectral (AME), Vegetação Não Fotossinteticamente Ativa (VNFA), Indicadores biofísicos.

ABSTRACT

The ABC plan emerged from commitment made by Brazil at COP15 in Copenhagen/2009, being a public policy that aims to reduce greenhouse gas emissions, adopting more sustainable measures. Thus, mapping degraded pasture for recovery is necessary. The objective of this work was to perform the separation of degradation levels of N1, N2, N3 and N4, respectively, light, moderate, strong and very strong by remote sensing using Sentinel-2.

In this study, atmospheric correction, NDVI, SAVI and Spectral Mixing Analysis (SMA) were performed. NDVI and SAVI presented similar temporal profiles, but weren't

efficient. The SMA presented very promising results, but the degree of confidence will only be determined after validation of the results in the field. This validation will occur in the wet season (October/2018) and in the dry season (July/2019), in the study area located in Valença municipality, Vale do Paraíba, a region marked by heavy degradation in pasture areas.

Key words — Sentinel-2, Spectral Mixture Analysis (SMA), Non-Photosynthetic Vegetation (NPV), Biophysical indicators.

1. INTRODUÇÃO

A degradação de pastagens tem sido uma grande preocupação no setor da pecuária a nível global, impactando diretamente na produtividade de carne, face a demanda alimentar que tem sido um problema cada vez mais evidente na atualidade. Estima-se que até o ano 2050 a população humana na Terra será de cerca de 9 bilhões de habitantes [1]. Segundo a FAO, a demanda de alimentos de origem animal a nível mundial aumentará nos próximos anos, devido o crescimento populacional e o aumento do consumo per capita [2]. Em uma pastagem degradada a produção animal pode ser seis vezes menor do que numa pastagem em bom estado ou recuperada [3]. No Brasil, o pasto constitui a principal fonte de nutrição do gado [4].

Assim, saber onde as pastagens degradadas estão localizadas e a que nível de degradação se encontram, é de grande importância em nível de planejamento agropecuário, pois constituirá numa ferramenta essencial aos tomadores de decisão, permitindo a execução de projetos de recuperação de pastagens, identificando zonas prioritárias à intervenção. Desse modo, o Sensoriamento Remoto se apresenta como uma ferramenta indicada para essa tarefa, pois algoritmos de processamento digital de imagens mais eficazes e sensores cada vez mais poderosos têm revolucionado essa área do conhecimento científico. A presente pesquisa está inserida no projeto GeoABC (Metodologias e Inovações Tecnológicas e o Planejamento da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono em Apoio à Governança do Plano ABC) que atua na problemática do Plano ABC (Plano

Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas Visando à Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura), e tem como objetivo avaliar métodos e técnicas inovadoras na área do Sensoriamento Remoto e integração de dados espaciais para o norteamo de sistemas de produção agrícola alinhados às políticas de baixa emissão de carbono na agricultura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração da presente pesquisa foram necessários os seguintes materiais:

11 imagens Sentinel-2 livres de nuvens ou com baixa ocorrência, do período de dezembro de 2016 a setembro de 2018; Dados vetoriais (formato *shapefile*) do Brasil (fonte: IBGE, 2013); 12 pontos georreferenciados de coleta de pastagens degradadas nos níveis N1, N2, N3 e N4, respectivamente, leve, moderado, forte e muito forte, da área de estudo, levantados nos períodos de 28 a 31 de agosto de 2017 (N1 e N4) e de 17 a 19 de outubro de 2017 (N2 e N3) (Cortesia do Dr. Fabiano, Pesquisador da Embrapa Solos); Software ArcGIS 10.5; Software ENVI 5.5; Microsoft Office Excel 2007.

A área de estudo da presente pesquisa corresponde a uma região de pastagens cultivadas no Vale do Paraíba, no município de Valença, no Estado do Rio de Janeiro (RJ), conforme a (Figura 1). Nesta área encontra-se a Fazenda Santa Mônica (Fazenda Experimental da Embrapa) situada no distrito Barão de Juparanã, município de Valença (RJ) na qual já se encontra instalado um experimento de campo para a calibração das pastagens na respectiva área de estudo.



Figura 1. Mapa de localização da área de Estudo, situada no município de Valença, no Estado do Rio de Janeiro.

Na presente pesquisa utilizaram-se os seguintes métodos:

- Correção atmosférica das imagens Sentinel-2 pelo *plugin* Sen2Cor da Agência Espacial Europeia (ESA);

A correção atmosférica pelo Sen2Cor corresponde a um modelo de transferência radiativa que processa as imagens Sentinel-2 do nível L1C (ortoimagem em reflectância no topo da atmosfera) ao nível L2A (ortoimagem em reflectância de superfície) [5]. O Sen2Cor realiza a correção atmosférica, a correção do terreno e a correção das nuvens cirros das imagens L1C para as imagens L2A [5]. A correção atmosférica do Sen2Cor resulta como produto as seguintes bandas: B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8A, B11 e B12;

sendo que na presente pesquisa, para uma melhor separabilidade dos alvos do terreno, selecionaram-se as seguintes bandas: B4, B5, B6, B7, B8A, B11 e B12. A correção atmosférica do Sen2Cor exige a reamostragem das imagens de saída para uma única resolução, quer seja, 10m, 20m ou 60m; sendo que na presente pesquisa selecionou-se a resolução de saída de 20m.

- Níveis de degradação de pastagens:

Os níveis de degradação de pastagens N1, N2, N3 e N4 são definidos em função das características das pastagens descritas por [4]:

Tabela 1 – estádios de degradação (ED) de pastagens segundo parâmetros limitantes, indicadores de queda na capacidade de suporte (QCS), e nível de degradação (nível).

ED	Parâmetro limitante	QCS (%)	Nível
1	Vigor e solo descoberto	Até 20	Leve
2	Estádio 1 agravado + plantas invasoras	21 - 50	Moderado
3	Estádio 2 agravado ou morte das forrageiras (degradação agrícola)	51 - 80	Forte
4	Solo descoberto + erosão (degradação biológica)	> 80	Muito forte

Fonte : [4]

- Cálculo do NDVI;

O NDVI é um índice de vegetação relevante que permite representar a sazonalidade, fenologia, período de crescimento, pico de verde, mudanças fisiológicas das folhas e períodos de senescência da vegetação [6]. O NDVI se expressa pela seguinte fórmula matemática:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} ; NDVI = \frac{B8A - B4}{B8A + B4}$$

onde a banda B8A corresponde à imagem na região do infravermelho-próximo e a banda B4 corresponde à imagem na região do vermelho do Sentinel-2. O NDVI é sensível em ecossistemas com baixa biomassa (como as pastagens), porém é bastante afetado pelo solo [7]. Por isso, achou-se útil calcular também o SAVI.

- Cálculo do SAVI;

O SAVI se expressa matematicamente pela seguinte fórmula:

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{nir} - \rho_{red})}{\rho_{nir} + \rho_{red} + L} ; SAVI = \frac{(1+1)(B8A - B4)}{B8A + B4 + 1}$$

onde L é uma constante com a finalidade de minimizar o efeito do solo, os valores variam de 0 a 1, sendo 1 para baixas densidades de vegetação, 0,5 para médias densidades e 0,25 altas densidades. Na presente pesquisa selecionou-se L=1, pois pastagens possuem baixas densidades de vegetação [6, 7].

- Análise de Mistura Espectral (AME).

A mistura espectral resulta devido a heterogeneidade dos alvos no terreno, sendo que a resposta dos pixel é uma média da resposta espectral dos alvos que estes cobrem no terreno. Análise de Mistura Espectral (AME) tem a finalidade de estimar a proporção dos componentes (pixels puros) da mistura espectral, para cada pixel das bandas

selecionadas do sensor em questão, resultando assim, nas imagens-fração com o mesmo nome dos pixels puros. A AME requer a satisfação de duas condições básicas:

$$\sum_{i=1}^N F_i = F_1 + F_2 + \dots + F_N = 1 \quad (\text{EQ. 2.1})$$

$$DN_{\lambda} = F_1 DN_{\lambda,1} + F_2 DN_{\lambda,2} + \dots + F_N DN_{\lambda,N} + E_{\lambda} \quad (\text{EQ. 2.2})$$

onde DN_{λ} é o número digital de um determinado pixel na banda λ ; F_1, F_2, \dots, F_N são as proporções dos componentes puros no respectivo pixel; $D_{\lambda,1}, \dots, D_{\lambda,N}$ são os componentes puros do respectivo pixel; e E_{λ} é o termo de erro [6].

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da aplicação da correção atmosférica das 11 imagens Sentinel-2 pelo *plugin* Sen2Cor da ESA, foi possível elaborar o perfil temporal da (Figura 2), a partir do qual observou-se o comportamento espectral e temporal dos diferentes níveis de degradação de pastagens (N1, N2, N3 e N4). A partir desse perfil temporal foi possível observar em que período havia uma melhor separabilidade dos diferentes níveis de degradação de pastagens. Desse modo, observou-se que a imagem de 18 de fevereiro de 2017 apresentava uma melhor separabilidade dos diferentes níveis de degradação de pastagens. Assim, realizou-se o processamento da imagem de 18 de fevereiro de 2017 e da imagem de 06 setembro de 2017, essa última a mais próxima da data de coleta dos dados de campo, isto é, de 28 a 31 de agosto.

As fases posteriores de processamento dos dados consistiram no cálculo do NDVI, do SAVI e da Análise de Mistura Espectral (AME). A partir do cálculo do NDVI foi possível gerar um outro perfil temporal (Figura 4), permitindo uma observação de uma outra perspectiva dos níveis de degradação de pastagens, porém a separabilidade não foi muito eficiente. Uma vez que as pastagens são ecossistemas de baixa densidade vegetação achou-se oportuno calcular o SAVI, uma vez que esse índice de vegetação reduz a influência do solo nos valores das pastagens, porém o perfil temporal do SAVI (Figura 5) foi muito similares ao perfil temporal do NDVI, não sendo eficientes na separabilidade dos níveis de degradação de pastagens.

Posteriormente, com base nas imagens Sentinel-2 de fevereiro e de setembro, realizou-se a AME (de cada uma delas separadamente) que teve como componentes puros 3 pixel de pastagens degradadas no nível N1, 3 pixel no nível N4, 3 pixel de solo exposto e 3 pixel de água/sombra, com a finalidade de realizarem uma boa separabilidade dos diferentes alvos terrestres de interesse para a presente pesquisa (Figura 3.a). Desse modo, obtiveram-se as imagem-fração N1, N4, solo exposto e água/sombra. Assim, a imagem-fração N4 foi importada num SIG, onde se realizaram operações de análises espaciais com a ferramenta *Raster Calculator*, de modo a se localizar as regiões que

apresentam maiores índices de degradação de pastagens no nível N4, vide (Figura 3.b). Observou-se uma grande similaridade relativamente aos padrões das regiões degradadas nas imagens de fevereiro e de setembro.

A presente pesquisa ainda se encontra em andamento e os resultados ainda são preliminares, precisando estes últimos serem validados em campo para a apuração do grau de confiança dos mesmos. A validação ocorrerá no período úmido de outubro de 2018 e no período seco de julho de 2019, na área de estudo localizada no município de Valença, Vale do Paraíba, onde há ocorrência de degradações de pastagens nos diferentes níveis. Contudo, os estudos continuam, pois é necessário encontrar-se uma metodologia mais refinada que permita separar as pastagens nos níveis de degradação N1, N2, N3 e N4, algo que ainda não foi alcançado até o momento.

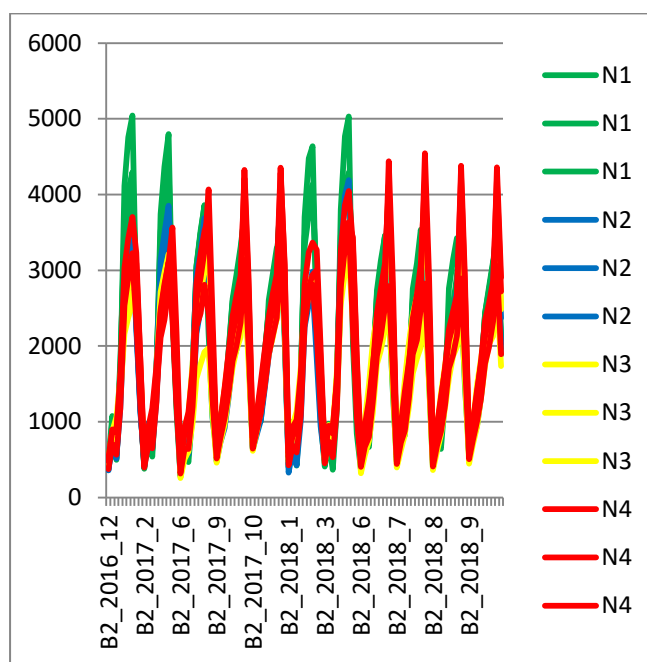


Figura 2. Perfil temporal das imagens Sentinel-2 corrigidas atmosféricamente pelo Sen2Cor no período de 2016/12 a 2018/09.

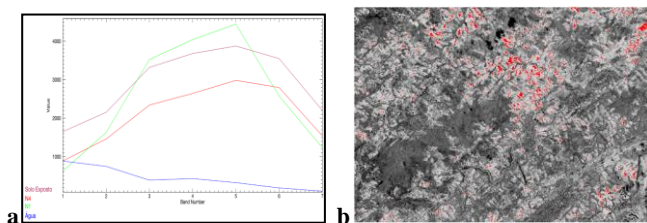


Figura 3. (a) Comportamento espectral dos componentes puros da Análise de Mistura Espectral N1, N4, Solo Exposto e Água com as bandas B4, B5, B6, B7, B8A, B11 e B12. (b) Imagem-fração N4 com as possíveis áreas de degradação de pastagens. As pastagens degradadas estão representadas em vermelho. Imagem original obtida no dia 06/09/2017.

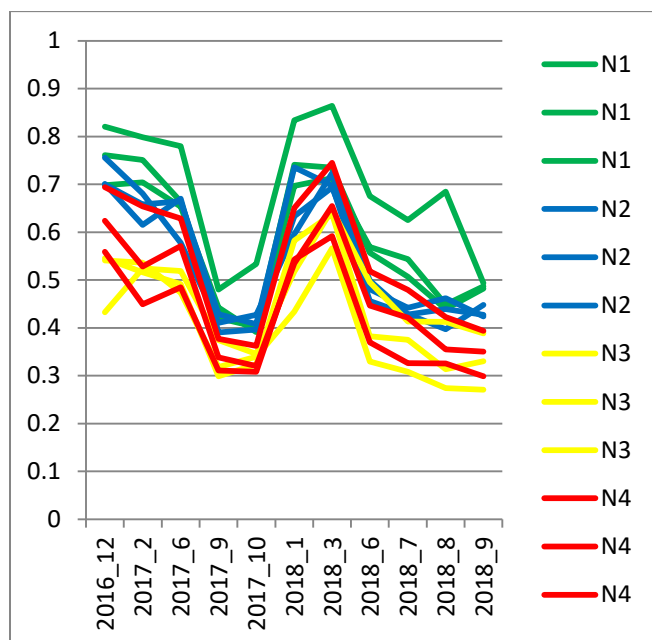


Figura 4. Perfil temporal do NDVI.

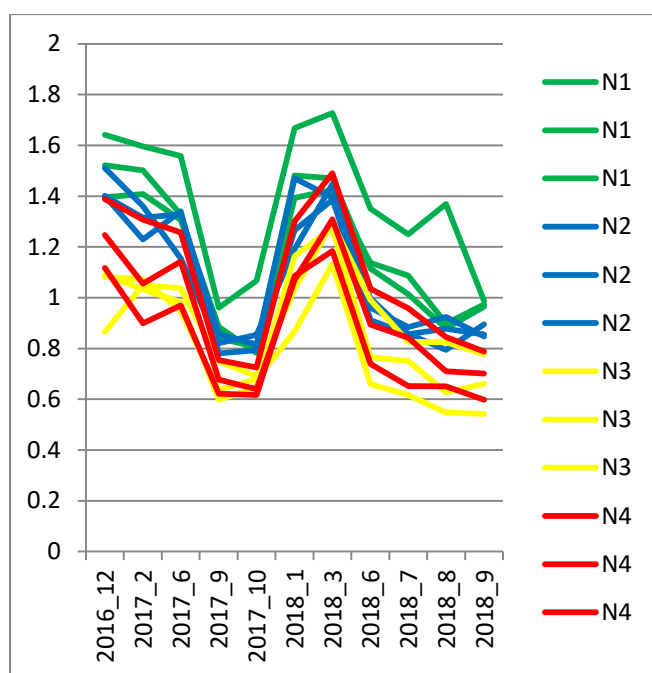


Figura 5. Perfil temporal do SAVI.

4. CONCLUSÕES

A metodologia proposta na presente pesquisa para a separabilidade dos diferentes níveis de degradação de pastagens N1, N2, N3 e N4, respectivamente leve, moderado, forte e muito forte, por meio da Análise de Mistura Espectral, permitiu alcançar até o momento resultados promissores, com posterior validação em campo. Os índices de vegetação NDVI e SAVI apresentaram perfis temporais muito similares entre si e, por si só, não

apresentaram resultados eficientes na separabilidade dos níveis de degradação de pastagens, podendo estes, na continuidade dos estudos, serem cruzados com outros índices para a melhoria dos resultados. Estudos mais elaborados da percepção do fenômeno através da Análise de Mistura Espectral estão sendo realizados para uma melhor separabilidade da degradação das pastagens. As bandas da região do *red edge* B5, B6 e B7 do Sentinel-2, nas quais a vegetação verde apresenta um forte declive ascendente no seu comportamento espectral, estão sendo exploradas para a melhoria da separabilidade dos níveis de degradação de pastagens.

Além do acréscimo dos dados de campo para uma análise mais robusta, também pretende-se realizar a integração de sensores hiperspectrais tais como o EO-1 Hyperion (NASA) e o CHRIS-PROBA (ESA), os quais possuem bandas com comprimentos de onda da ordem dos 10 nm, permitindo uma análise minuciosa do comportamento espectral dos diferentes níveis de degradação de pastagens. Alguns estudos com sensores hiperspectrais têm calculado o Índice de Absorção da Celulose (CAI), que uma vez cruzado com o NDVI, permite separar a Vegetação Não Fotossinteticamente Ativa (vegetação seca), a Vegetação Fotossinteticamente Ativa (vegetação verde) e o solo exposto, sendo a Vegetação Não Fotossinteticamente Ativa é um forte indicador das pastagens degradadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de reconhecer o apoio financeiro do Programa Capes/Cofecub para o Projeto GeoABC (Nº845/15). Os autores também gostariam de reconhecer o apoio financeiro do Projeto BID Rural Sustentável.

6. REFERÊNCIAS

- [1] UN. United Nations. World population prospects: The 2008 revision. New York, 2009.
- [2] FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food and agriculture: Livestock in the balance. Roma, 2009.
- [3] Macedo, M.C.M., Kicher, A.N., Zimmer, A.H. Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens (Comunicado técnico). Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, 2000.
- [4] Dias-Filho, M. B. Degradação de Pastagens: Processos, causas e estratégias de recuperação. 4. Ed. Pará: Ed. do Autor, 2015.
- [5] ESA. European Spacial Agency. Sen2Cor. Disponível em: <<http://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/sen2cor/>> acesso em 11 out. 2018.
- [6] Ponzoni, F. J., Shimabukuro, Y. E., Kuplish, T. M. Sensoriamento remoto da vegetação. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 160 p.
- [7] Jensen, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. Ed. São Paulo: Parêntese, 2011, 598 p.