



DETERMINAÇÃO DAS FITOFISIONOMIAS DA "APA SANTUÁRIO ECOLÓGICO DA PEDRA BRANCA", CALDAS - MG, POR MEIO DO NDVI (ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA). MAIS UM RECURSO PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE?

R. C. L. Elias^{1,4}

M. G. Rezende^{1,4}; M. Malafaia Filho^{2,4}; G. F. M. Alfenas^{1,4}; F. R. G. Salimena^{3,4}

1-Mestrado em Ecologia (PGECOL); 2-Departamento de Geociências; 3 - Departamento de Botânica; 4-Universidade Federal de Juiz de Fora, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário, Bairro São Pedro - CEP: 36036 - 330 - Juiz de Fora - MG-ricardo.l.elias@gmail.com

INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica sofreu grandes intervenções desde a colonização do Brasil, ficando reduzida a 9.62% do tamanho original (Fundação SOS & INPE, 2008). No estado de Minas Gerais ela também vem diminuindo a cada ano, sendo que no período de 2000 a 2005 houve um decréscimo de 41.349 ha (1,46%) dessa cobertura florestal. Entretanto, ainda é o estado com maior área original de Mata Atlântica, mesmo sem considerar disjunções nos outros domínios do estado (Fundação SOS & INPE, 2008).

O decréscimo dos remanescentes florestais da Floresta Atlântica contribuiu para a criação de inúmeras unidades de conservação. Dentre essas, encontra-se a Área de Proteção Ambiental "Santuário Ecológico da Pedra Branca", Caldas, MG, estabelecida pela Lei Municipal nº 1973 de 29 de dezembro de 2006 (Conforti, *et al.*, 2007). Segundo Drummond *et al.*, (2005), a APA está inserida em uma área avaliada como extrema prioridade para a conservação da flora de Minas Gerais, o que justifica a necessidade de mais estudos na região.

Entre os índices de vegetação existentes destacam-se o SR (Razão Simples) que consiste na razão entre as bandas do infravermelho próximo e vermelho, o Índice de Vegetação Ajustado ao solo (SAVI) que utiliza um valor para reduzir os efeitos do substrato do dossel sobre o resultado final do índice (JENSEN, 2009) e o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) (LIU, 2006).

Para o presente estudo, foi escolhido o NDVI que se destaca por ser o mais utilizado e aceito para analisar a cobertura vegetal utilizando o sensoriamento remoto orbital (LIU, 2006; DEBIASI *et al.*, 2007), isto porque, além de um diagnóstico detalhado da fitomassa sinteticamente ativa, ele corrige os efeitos das sombras oriundas das elevações topográficas sobre a imagem do satélite (Costa, Filho, &

Risso, 2007) e elimina parcialmente os efeitos de presença dos constituintes atmosféricos das perturbações geométricas e radiométricas (Holben, 1986).

O NDVI é mais comumente aplicado em imagens Landsat (Transer & Palmer, 1999; Ruiz - Luna & Berlanga - Robles, 1999; Oliveira, 2008), imagens CBERS (Roseback *et al.*, 2005; Baptista *et al.*, 2005) e também a produtos específicos dos sensores Modis e Noaa para os Índices de Vegetação (LIU, 2006).

A APA ocupa uma área total de 11.955,43 ha tornando inviável a determinação *in loco* de fitofisionomias e principalmente o acompanhamento da dinâmica da vegetação. Sendo assim, o sensoriamento remoto torna-se uma ferramenta importante para essa finalidade, utilizando análises de imagens de satélite para monitorar e quantificar as condições e distribuições espaciais da vegetação, usando os dados digitais de reflectâncias espectrais da radiação eletromagnética (LIU, 2006). Com intuito de auxiliar essas análises foram criados os índices de vegetação, que ressaltam o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre (Moreira, 2005).

OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivos:

- Quantificar e determinar as fitofisionomias da "APA Santuário Ecológica da Pedra Branca" através da análise exploratória por NDVI.
- Avaliar a aplicabilidade do NDVI nos estudos de monitoramento da vegetação da "APA Santuário Ecológico da Pedra Branca".

MATERIAL E MÉTODOS

- Área de estudo

A APA “Santuário Ecológico da Pedra Branca” ocupa uma área de 11.955,43 ha, limitada pelas coordenadas UTM 348000 a 36300 E e 7576000 e 7564000 S fuso 23S, situada no município de Caldas, sudoeste do Estado de Minas Gerais (Conforti, *et al.*, 007).

- Determinação das Fisionomias Florestais

As fitofisionomias determinadas na área foram classificadas segundo a classificação de Veloso *et al.*, (1991) adaptada ao estado de Minas Gerais por Scolforo & Carvalho (2006).

- Amostragem

Para aplicação do sensoriamento remoto foram utilizadas imagens digitais do satélite LANDSAT 5 TM, Órbita: 219, Ponto: 75, Data 01/05/2009 (INPE, 2009).

- Tratamento dos dados

Conforme descrito por LIU (2006) o NDVI é calculado pela diferença da reflectância entre a faixa de NIR (reflectância da faixa de infravermelho próximo: 0,725 a 1,10 μm) e a de VIS (reflectância da faixa vermelho visível: 0,4 a 0,7 μm). Essa diferença é normalizada pela divisão da soma das faixas dos níveis de cinza de NIR e VIS, conforme a equação: $\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{VIS})/(\text{NIR} + \text{VIS})$.

Ainda segundo Liu (2006), os sensores a bordo dos satélites têm suas faixas espectrais diferentes. Portanto, são utilizadas as duas bandas espectrais dos sensores dos diferentes satélites que correspondem às faixas NIR e VIS. No caso do Landsat TM, TM3 (banda 3 do sensor TM: 0,63 a 0,69 μm) corresponde a NIR e, TM4 (banda 4 do sensor TM: 0,76 a 0,90 μm) corresponde à VIS ficando a equação da seguinte forma: $\text{NDVI} = (\text{TM4}-\text{TM3})/(\text{TM4}+\text{TM3})$.

O valor de NDVI varia de - 1 a +1. Os valores negativos representam as nuvens, ao redor de zero representam solo nu ou sem vegetação e, valores positivos indicam grau verde mais alto da superfície, que pode ser usado para inferir a existência de uma vegetação mais densa ou em pleno vigor de crescimento (LIU, 2006).

As imagens do satélite Landsat 5 TM foram vetorizadas com a utilização do software gratuito Diva - Gis 5.4[®] (Guimarães, 2007), a preparação da imagem, georreferenciamento e classificação pixel - a - pixel do NDVI, as correções necessárias e a determinação e delimitação das áreas foram feitas utilizando o software gratuito Spring 5.0.4 [®] (Camara, *et al.*, 1996).

RESULTADOS

O NDVI foi funcional para determinar e delimitar as áreas de cada fitofisionomia, assim como proposto por de LIU (2006). Porém, JENSEN (2009) afirma que produtos empíricos de NDVI podem ser instáveis, sendo influenciados pela cor do solo e sua umidade, subestimando ou superestimando alguns dados. Entretanto, comparando o memorial descritivo da “APA Santuário Ecológico da Pedra Branca” realizado por CONFORTI, *et al.*, (2007) com os dados obtidos pelo NDVI, percebe - se que a diferença entre a área das fitofisionomias amostradas em campo e a área obtida pelo NDVI são próximas.

As altas densidades de biomassa apresentaram maior valor de NDVI. Este fato ocorre devido à característica das plantas de absorver a maior parte do espectro eletromagnético vermelho visível (radiação utilizada no processo de fotossíntese) e refletir o espectro eletromagnético infravermelho próximo (não utilizado nos processos fisiológicos da planta) (Kaspebauer, 1994). Sendo assim, quanto maior a densidade de biomassa vegetal, maior será a absorção de espectro vermelho e maior será a reflectância do infravermelho, implicando em um maior valor de NDVI.

Os fragmentos florestais da APA da Pedra Branca com altitudes mais elevadas são definidos como Floresta Ombrófila Densa (Scolforo & Carvalho, 2006). Porém em algumas regiões com altitudes mais baixas em relação ao topo, notam - se fragmentos com algumas características de Floresta Estacional Semidecidual Altimontana (Oliveira - Filho, 2006). Os valores de NDVI adotados para os fragmentos florestais variaram entre 0,6 e 0,8.

Nas áreas antropizadas a ocupação do solo ocorre por meio de pastagens ou culturas vegetais diversas, apresentando menor biomassa em relação às áreas florestais estabelecidas. Sendo assim, o NDVI desta fisionomia variou de 0,21 a 0,59.

Sobre os afloramentos graníticos da APA foi definida a fisionomia Campos de Altitude (Scolforo & Carvalho, 2006), que é facilmente determinada pelo NDVI devido a grande exposição de rocha nua. Ao contrário das áreas com cobertura vegetal densa, nos campos de altitude as rochas absorvem a radiação infravermelho e refletem o vermelho, resultando em menores valores de NDVI. A biomassa dessa fitofisionomia é consideravelmente menor em relação às áreas florestais, sendo os valores de NDVI menores ou iguais a 0,2.

A área ocupada por remanescentes florestais de acordo com os dados obtidos pelo NDVI corresponde a 13,63% da área total da APA, a área de campos de altitude corresponde a 7,78% e a área antropizada a 78,59%. Estas duas fitofisionomias: campo e floresta são relativamente menores em comparação à área antropizada, corroborando para inferir que a Floresta Atlântica da região compreendida pela APA foi reduzida a 21% do tamanho original. Esse valor é superior aos 9,62% aos quais foi reduzida a Floresta Atlântica no estado de Minas Gerais (Fundação SOS & INPE, 2008). O município de Caldas não dispõe de um plano Diretor ou lei municipal de uso e ocupação do solo e não é legalmente obrigado a expedir - lo, pois possui menos de 20 mil habitantes (IBGE, 2007). Esse fato contribui ainda mais para a diminuição da Floresta Atlântica na região.

O local é dotado de algumas peculiaridades que levam a um grande endemismo citando como exemplo a espécie vegetal *Astroemeria variegata* M.C.Assis, recém descoberta no local e descrita por ASSIS (2002). Na região da Serra da Pedra Branca já existe um caso comprovado de extinção: a espécie vegetal *Octomeria leptophylla* Barb. Rodr. (Martins & Drummond, 2007). Deste modo a supressão da vegetação pode levar a uma perda irreparável da biodiversidade local, tanto da fauna quanto da flora. A perda desse bem fungível pode ainda ser considerada um dos grandes problemas ambientais atuais, justificando o monitoramento via sensoriamento remoto para acompanhar a dinâmica da veg-

etação da APA. Esse monitoramento torna - se viável já que as imagens de satélite são geradas em intervalos regulares e disponibilizadas gratuitamente pelo catálogo de imagens do INPE desde 1984 a 2009 (INPE, 2009).

CONCLUSÃO

O NDVI mostrou ser uma ferramenta útil e funcional para estudos da vegetação em Unidades de Conservação. É importante salientar que, apesar do NDVI ser fisicamente adimensional e sua exata significância conceitual não ser completamente entendida, existe um importante componente de validação que afirma fortes correlações entre o NDVI e parâmetros biofísicos chave na superfície da Terra.

Um especial agradecimento à CAPES e FAPEMIG por financiar o projeto e à Transportadora Menezes pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

Assis, M. C. (2002). Novas espécies de *Alstroemeria* L. (Alstroemeriaceae) de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasil. Bot.* , 25 (2), pp. 177 - 182.

Baptista, G. M., Carvalho, J. M., Camacho, R. G., Ribeiro, R. J., Bias, E. d., & Zara, L. F. (2005). Comportamento sazonal da vegetação da caatinga na região de Lucrécia, RN, em 2003 e 2004, por meio dos dados do sensor CCD do CBERS - 2. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 797 - 804). Goiânia: INPE.

Camara, G., Souza, R. C., Freitas, U. M., Garrido, J., & II, F. M. (1996). *Spring: Integrating Remote Sensing And Gis By Objectoriented Data Modelling*. *Computers & Graphics* , 20: (3) , pp. 395 - 403.

Conforti, T. B., Ramos, E., Adami, S. F., Rosas, P. F., Filho, J. J., Caponi, H. L., *et al.*, (2007). Zoneamento da APA "Santuário Ecológico da Pedra Branca" Unidade de Conservação Municipal, Caldas, MG. Relatório Técnico apresentado ao CODEMA de CALDAS, MG. Caldas: Codema.

Costa, F. H., Filho, C. R., & Risso, A. (2007). Análise temporal de NDVI e mapas potenciais naturais de erosão na região do Vale do Ribeira. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 3833 - 3839). Florianópolis: INPE.

Debiasi, P., Eckhardt, R. R., Castolli, G., Madruga, R., & Coutinho, A. (2007). Fusão de imagens MODIS com NDVI do Landsat para a classificação de áreas de cultivo de Soja. *anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 5707 - 5714). Florianópolis: INPE.

Drummond, G. M., Martins, C. S., Machado, Â. B., Sebaio, F. A., & Antonini, Y. (2005). *Biodiversidade em Minas Gerais-Um atlas para sua conservação* (2ª ed.). Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: Fundação Biodiversitas.

Fundação SOS Mata Atlântica & INPE. (2008). *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2000 - 2005*. São Paulo.

Guimarães, D. P. (2007). Contribuição para a popularização dos Sistemas de Informações Geográficas. *Anais XIII*

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (pp. 1499 - 1506). Florianópolis: INPE.

Holben, B. N. (1986). Characteristics of maximum - value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* , v. 7, pp. 1417 - 1434.

IBGE. (2007). Cidades. Acesso em 04 de Março de 2009, disponível em Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

INPE. (2009). Catálogo de Imagens. Acesso em 16 de Fevereiro de 2009, disponível em INPE: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

Jensen, J. R. (2009). Sensoriamento Remoto da Vegetação. In: J. R. Jensen, *Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres* (pp. 357 - 410). São José dos Campos: Parêntese Editora.

Kaspebauer, M. J. (1994). Light and plant development. In: R. E. Wilkinson, *Plant - environment interactions* (p. 599). New York: Marcel Dekker.

Liu, W. T. (2006). Índices de Vegetação. In: W. T. LIU, *Aplicações de Sensoriamento Remoto* (pp. 215 - 250). Campo Grande: Editora UNIDERP.

Martins, C. S., & Drummond, G. M. (junho de 2007). Revisão das Listas da Flora e da Fauna Ameaçadas de Extinção do Estado de Minas Gerais. Acesso em 02 de 03 de 2009, disponível em Fundação Biodiversitas: <http://www.biodiversitas.org.br/listas - mg/consulta.asp>

Moreira, M. A. (2005). *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação* (3ª ed.). Viçosa: UFV.

Oliveira, L. M. (2008). *Estudo das Regiões Fitoecológicas Brasileiras pela FAPAR/NDVI e Relações com Séries Temporais de Dados Pluviométricos*. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Engenharia Civil . Rio de Janeiro, RJ.

Oliveira - Filho, A. T. (2006). *TreeAtlan 1.0. Tree flora of the South American Atlantic Forest : A database involving geography, diversity and conservation*. Acesso em 05 de Março de 2009, disponível em *Treetatlan*: <http://www.icb.ufmg.br/treetatlan/>

Rosemback, R., França, A. M., & Florenzano, T. G. (2005). Análise comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS - 2 e TM/Landsat - 5 em área urbana. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 1075 - 1082). Goiânia: INPE.

Ruiz - Luna, A., & Berlanga - Robles, C. A. (1999). Modifications in Coverage Patterns and Land Use around the Huizache - Caimanero Lagoon System, Sinaloa, Mexico: A Multi - temporal Analysis using Landsat Images. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* , v. 49, pp. 37-44.

Scolforo, J. R., & Carvalho, L. M. (2006). Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais. Lavras: Editora UFLA.

Traner, F. C., & Palmer, A. R. (1999). The application of a remotely - sensed diversity index to monitor degradation patterns in a semi - arid, heterogeneous, South African landscape. *Journal of Arid Environments* , V. 43, pp. 477-484.

Veloso, H. P., Rangel - Filho, A. L., & Lima, J. C. (1991). *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE.