

Aplicação do Índice de Vegetação por Diferenças Normalizadas na avaliação da recuperação de danos em áreas degradadas

Bruno Esteves Távora

Analista em Engenharia Ambiental, perito do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios (MPDFT); mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Renato Egert

Analista em Engenharia Agrônômica, perito do MPDFT.

Luiz Beltrão

Analista em Biologia, perito do MPDFT; mestre em Ciências Florestais.

Resumo: A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no acompanhamento da recuperação de áreas degradadas demonstra-se ferramenta indispensável na atuação do Ministério Público. Isso porque apresenta baixo custo por reduzir a demanda de perícias de campo, muitas vezes em locais remotos e de difícil acesso. O uso de imagens de satélite vai muito além de sua interpretação visual no espectro visível do olho humano. A utilização de imagens com comprimentos de onda fora da faixa considerada visível traz vantagens por realçar feições não captadas pelo olho humano. Exemplo disso é a utilização do Índice de Vegetação por Diferenças Normalizadas (NDVI), obtido pelo produto matemático composto pela banda do espectro visível do vermelho e do infravermelho não perceptível aos olhos humanos. Esse índice encontra estreita relação com a densidade foliar e pode ser empregado para avaliar a evolução temporal da recuperação de uma área degradada.

Palavras-chave: Recuperação de áreas degradadas. Sensoriamento remoto. NDVI.

Abstract: The application of remote sensing techniques in the assessment of the recovery of degraded areas is a remarkable tool on the role of the Prosecutor. Because it does not require field diligence, often in remote and inaccessible areas, the remote sensing techniques are considered inexpensive and fast way to get the recovery status. The use of satellite images goes far beyond its visual interpretation by the human eye in the visible spectrum. The use of images at wavelengths outside the visible range brings advantages by enhancing features not captured by the human eye. An example is the use of normalized difference vegetation index (NDVI) obtained by mathematical processing of the visible red spectrum band and infra-red band, this last one not perceptible to human eyes. This index is closely related to the leaf density and can be used for the purpose of measuring the evolution of the recovery of the recovery of a degraded area over time

Keywords: Degraded areas recovery. Remote sensing. NDVI.

Sumário: 1 Introdução. 2 Material e métodos. 3 Resultados e discussão. 4 Conclusões.

1 Introdução

O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado é assegurado pela Constituição Federal (art. 225). Defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações é, de acordo com o texto constitucional, obrigação não apenas do Poder Público como também da coletividade. O que a Constituição visa a assegurar é um direito fundamental, inalienável e indisponível, uma vez que esse mesmo meio ambiente é essencial à sadia qualidade de vida.

Por óbvio que não objetiva a Constituição a intocabilidade dos recursos naturais. Isso bem o expressa o termo “bem de uso comum do povo”, relativo ao meio ambiente (art. 225). Usar e fruir são verbos que implicam, no mais das vezes, algum grau de alteração da qualidade ambiental, donde surge a necessidade de regras

que definam os limites quantitativos e qualitativos dessa utilização, bem como os parâmetros e padrões necessários para sua recuperação, quando necessária e possível.

De fato, um dos princípios da Política Nacional de Meio Ambiente, que visa a assegurar no país condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, é precisamente a recuperação de áreas degradadas (Lei n. 6.938/1981, art. 2º, VIII), para a qual se deve elaborar projeto técnico, devidamente subscrito por profissional habilitado, a ser aprovado pelo órgão ambiental competente.

Se defender e preservar o meio ambiente é uma imposição constitucional para o Poder Público e para a coletividade, de modo particular também o é para o Ministério Público. Entre suas funções institucionais, estabelecidas pela própria Constituição Federal, consta promover o inquérito civil e a ação civil pública para a proteção do meio ambiente (art. 129, III). Ademais, de acordo com a Lei Complementar n. 75/1993, que dispõe sobre a organização, as atribuições e o estatuto do Ministério Público da União (MPU), compete ao MPU a defesa do meio ambiente (art. 5º, III, *d*).

No cumprimento deste papel constitucional, muitas vezes os membros do MPU necessitam de fundamentação técnica para dar lastro aos seus instrumentos de atuação. É justamente nesse contexto que o uso de técnicas de sensoriamento remoto, como a discutida neste artigo, contribui para a atuação ministerial.

As técnicas de sensoriamento remoto apresentam múltiplas aplicações, a exemplo do campo da Agronomia com a avaliação de produtividade de lavouras (FERNANDES; ROCHA; LAMPARELLI, 2011), do crescimento, monitoramento e previsão de safras dessas lavouras (SIMÕES; ROCHA; LAMPARELLI, 2005).

Já as aplicações ambientais são igualmente vastas, podendo auxiliar na caracterização da dinâmica sazonal de fitofisionomias dos biomas (LIESENBERG; PONZONI; GALVÃO, 2007; GURGEL; FERREIRA; GALVÃO, 2003) ou mesmo no monitoramento do desmatamento em grandes regiões, como é o caso do Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM).

Na análise do comportamento de áreas florestadas, é possível computar, a partir de imagens de satélite, o contraste existente entre a vegetação e as áreas adjacentes por meio de índices de vegetação obtidos pelo comportamento espectral da vegetação. Segundo Mascarenhas, Ferreira M. e Ferreira L. (2009), o índice de vegetação mais empregado é o NDVI, que, ao realçar o contraste da radiação refletida nos intervalos espectrais do vermelho e infravermelho, que é diretamente proporcional à atividade fotossintética, favorece a identificação das distintas fitofisionomias, bem como os impactos relacionados à atividade antrópica.

No presente artigo, foram computados os índices de vegetação por diferenças normalizadas a fim de avaliar a recuperação de uma área degradada objeto de atuação do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios. Trata-se de uma área de proteção de manancial que passou por processo de supressão vegetal com destoca em uma região no interior de sua poligonal.

2 Material e métodos

A fim de melhor avaliar a evolução da recuperação da área degradada, procedemos à aplicação de técnicas de sensoriamento remoto confrontando duas imagens do satélite norte-americano Landsat 5.

Tendo em vista a influência da sazonalidade do ciclo hidrológico e a resposta diferenciada da vegetação à disponibilidade hídrica dos períodos de seca e de chuva, foram selecionadas imagens de um

mesmo período hidrológico, porém de anos distintos. A primeira imagem trabalhada data de agosto de 1994, período este imediatamente após o desmatamento e a destoca realizados na área em questão. Já a segunda imagem foi capturada pelo satélite em julho de 2010, mês da realização da primeira diligência ao local.

Para tornar a avaliação mais objetiva possível, procedeu-se ao cálculo, a partir das imagens, do Índice de Vegetação por Diferenças Normalizadas. Este índice permite não só mapear a vegetação, mas também medir a quantidade e a condição da vegetação em uma determinada área. Consequentemente, ele pode ser utilizado no estudo do ciclo de crescimento da vegetação e na análise de eventuais perturbações em seu ciclo sazonal¹. O índice pode assumir valores entre -1 e +1, sendo os valores mais próximos à unidade positiva atribuídos à maior cobertura do solo por vegetação. Foi realizado o processamento do NDVI para toda a área de proteção de manancial (APM) Corguinho com resolução espacial de 30 m x 30 m.

3 Resultados e discussão

A APM Corguinho localiza-se na Região Administrativa de Sobradinho-DF. O riacho Corguinho é tributário do Rio São Bartolomeu e sua área de drenagem, a montante do ponto de captação, é de aproximadamente 1.135 ha. A captação no ribeirão Corguinho é feita por meio de barragem de nível que se localiza próximo à Rodovia BR-020, que corta a APM em sentido sudoeste-nordeste.

O trecho desmatado e destocado em meados de 1993, dentro dos limites da APM, aproximadamente 130 ha, encontra-se atualmente em recuperação. São visíveis os terraços e as bacias de retenção construídos pela Companhia de Saneamento do Distrito Federal (CAESB).

1 CPTEC – Índice de Vegetação por Diferenças Normalizadas (NDVI). Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br//ndvi//info_ndvi.jsp>.

A vegetação ainda é constituída basicamente de gramíneas e algumas árvores esparsas. A área distingue-se da área cercada e bem preservada.

A Figura 1 apresenta a região em apreço com a localização da área de proteção de manancial. A APM Corguinho apresenta atualmente distintas condições de conservação. Merece destaque a área cercada pela CAESB, que apresenta cerrado em bom estado de conservação e mata de galeria ao redor das nascentes e ao longo dos cursos d'água.

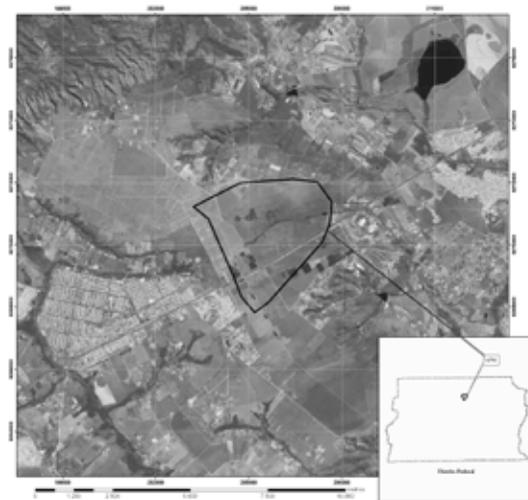


Figura 1 –Visão geral e localização da APM Corguinho

Os produtos do processamento das imagens de satélite podem ser observados nas Figuras 2 e 3, em que foram calculados os valores de NDVI no interior da poligonal da APM. Os valores do índice vegetacional foram associados a uma escala variando do preto (valores iguais a 1) ao branco (valores iguais a -1). Destaca-se que nenhum processamento foi realizado na imagem externa ao polígono que delimita a área de proteção, sendo esta imagem mantida apenas a título de efeito visual e localização.

Depreende-se das figuras uma sensível melhora na cobertura vegetal no interior da APM entre os anos de 1994 e 2010, sendo os diferentes tons claros atribuídos à cobertura menos densa de cerrado e os tons escuros atribuídos à vegetação mais densa das matas de galerias. As áreas em branco traduzem a ausência de cobertura vegetal com exposição do solo.

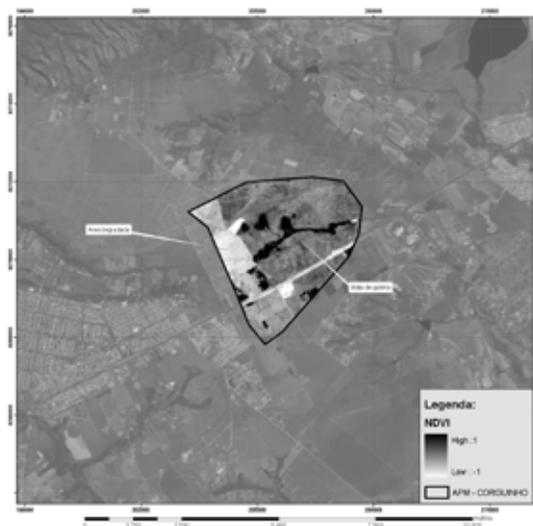


Figura 2 – Composição NDVI na APM no ano de 1994

É possível constatar visualmente a recuperação das áreas de cerrado e a estabilidade das áreas de mata. A área degradada localiza-se na porção oeste do polígono que delimita a APM nas proximidades da área com traçado urbano, definido para parcelamento de solo.

Uma avaliação mais objetiva da recuperação da área foi feita por meio da estatística descritiva no NDVI na área da APM para os anos de 1994 e 2010. Os dados para o ano de 1994 indicam valores médios de cobertura de 0,09, contra uma média de 0,23 para o ano de 2010. Vale lembrar que, quanto mais próximo do valor 1, maior é a cobertura vegetal da área. Esses dados estatísticos sugerem que atualmente

a área da APM apresenta uma densidade de cobertura média 2,55 vezes maior que em 1994. Ainda mais significativa é a evolução da recuperação da cobertura vegetal quando se avalia isoladamente a área desmatada em meados de 1993 no interior da APM. Nesta área, o valor médio de índice de cobertura vegetal passou de $-0,03$ em 1994 para $0,14$ em 2010.

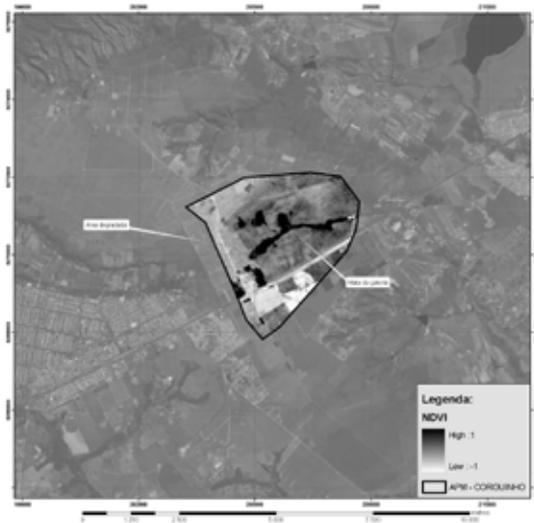


Figura 3 – Composição NDVI na APM no ano de 2010

Outra informação do produto NDVI é obtida da interpretação isolada da Figura 3. Na região onde houve a destoca, a densidade da cobertura vegetal, com NDVI médio de $0,14$, ainda não se igualou às áreas menos perturbadas próximas à área degradada, de forma que ainda há a necessidade de monitorar a recuperação da área. Para efeito de comparação, destacamos que as áreas de cerrado em bom estado de conservação apresentam valores de NDVI, para este período do ano, variando entre $0,25$ e $0,35$, indicando que a vegetação da área degradada ainda não atingiu total estado de recuperação.

Embora a técnica acima demonstre-se bastante objetiva para o acompanhamento da evolução da recuperação de áreas degradadas,

algumas limitações devem ser observadas. Por se tratar de um índice baseado no comportamento da resposta espectral da fitofisionomia local, este método sofre influência da sazonalidade climática a que este local está exposto. Esta sazonalidade foi estudada para os grandes biomas brasileiros por Gurgel, Ferreira e Luiz (2003). Os autores identificaram para a região do cerrado um ciclo anual de NDVI bastante nítido, apresentando valores máximos entre março e maio, relacionados ao período chuvoso. Os valores mínimos, segundo os autores, são bem definidos e observados no mês de setembro. A variabilidade do NDVI no cerrado está associada à característica caducifólia desta fitofisionomia.

Importa, assim, que, ao aplicar o NDVI na avaliação temporal da evolução de recuperação de áreas degradadas, devemos levar em consideração essa variação sazonal do índice, não sendo possível a comparação de dados provenientes de períodos hidrológicos distintos, a exemplo de dados provenientes de períodos chuvosos comparados com dados provenientes de períodos secos.

É possível ainda que variações pluviométricas interanuais prejudiquem a análise da evolução da recuperação de áreas degradadas. Isso porque eventos climáticos com variabilidade interanual, a exemplo dos fenômenos climáticos *el niño* e *la niña*, podem prejudicar a análise quando esses fenômenos possuem expressão mais acentuada que o normal em um dado ano. Nesses casos, a comparação com outras áreas de uma mesma imagem notadamente livre de ações antrópicas pode evidenciar o grau de similaridade que a área degradada guarda com a área livre de degradação.

4 Conclusões

A área no interior da APM, onde foram promovidos desmatamento e destoca, apresenta-se em processo de recuperação com boa

regeneração das áreas de cerrado. A análise temporal das imagens de satélite, a partir do índice NDVI, sugere que o local encontra-se com cobertura vegetal bastante superior quando comparado ao ano de 1994. Porém, o índice sugere, ainda, que a área não se encontra com densidade vegetacional igual às outras áreas preservadas no interior da APM, com mesma fitofisionomia. Dessa forma, a área degradada ainda não se apresenta completamente recuperada.

Referências

FERNANDES, Jeferson Lobato; ROCHA, Jansle Vieira; LAMPARELLI, Rubens Augusto Camargo. Sugarcane yield estimates using time series analysis of spot vegetation images. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, Piracicaba, v. 68, n. 2, Apr. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162011000200002&lng=en&nrm=iso>.

GURGEL, Helen da C.; FERREIRA, Nelson J.; LUIZ, Alfredo J. B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 7, n. 1, Apr. 2003.

LIESENBERG, Veraldo; PONZONI, Flávio Jorge; GALVÃO, Lênio Soares. Análise da dinâmica sazonal e separabilidade espectral de algumas fitofisionomias do cerrado com índices de vegetação dos sensores Modis/Terra e Aqua. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 31, n. 2, Apr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622007000200012&lng=en&nrm=iso>.

MASCARENHAS, Luciane Martins de Araújo; FERREIRA, Manuel Eduardo; FERREIRA, Laerte Guimarães. Sensoriamento

remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. *Soc. nat. (Online)*, Uberlândia, v. 21, n. 1, Apr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132009000100001&lng=en&nrm=iso>.

SIMÕES, Maurício dos Santos; ROCHA, Jansle Vieira; LAMPARELLI, Rubens Augusto Camargo. Spectral variables, growth analysis and yield of sugarcane. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, Piracicaba, v. 62, n. 3, Jun. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162005000300001&lng=en&nrm=iso>.