

Análise multitemporal da vegetação na Bacia do Rio Brumado – BA com uso do Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada (NDVI)

Mateus Tinôco Silva ¹
Luana Menezes Vianna ¹
Odair Lacerda Lemos ¹

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Caixa Postal 95 - 45083-900 – Vitória da Conquista - BA, Brasil
mateus-tinoco@hotmail.com; lm.vianna@hotmail.com; odairlacerda@hotmail.com

Abstract. This study aimed to analyze the transformations occurred in the Brumado river basin using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) calculated within Landsat 5 images in a temporal scale (07/10/1987 and 06/10/2011). NDVI is one of the most popular vegetation index, because it can compensate differences in illumination conditions, surface slope and any other unknown reason. It's proved that the vegetation has influence in the quality and the quantity of water in a basin. The studied area is located in the Center-South region of Bahia, and is an important tributary of Contas River, belonging to the Eastern Atlantic hydrographic region. The river basin is the basis for the management of water resources; for that, studies in these areas are so important. The images were processed in a GIS software. The results show the efficiency of the NDVI and image processing techniques to portray the land cover of an area and the changes that had happened. The percentage of the area without vegetation or covered by low density biomass increased among the years, while the portion covered by medium and high density biomass has decreased. Certainly, this had happened due the human impact against the vegetated areas, mostly for agricultural uses.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, environmental degradation, vegetation cover, sensoriamento remoto, processamento de imagens, degradação ambiental, cobertura vegetal.

1. Introdução

A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, designa a bacia hidrográfica como sendo “a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (Brasil, 1997). Dessa forma, no Brasil, a gestão dos recursos hídricos tem como base as bacias hidrográficas, evidenciando a importância dos estudos realizados nessas áreas.

A bacia hidrográfica é definida como a área na qual ocorre a captação natural da precipitação gerando um escoamento para um rio principal e seus afluentes conforme as suas características geográficas e topográficas. A bacia é formada pelos desníveis dos terrenos que orientam os cursos d’água, ocorrendo sempre das áreas mais altas para as mais baixas (Barbarotto Junior et al., 2015).

A presença ou ausência da cobertura vegetal em uma bacia hidrográfica influencia tanto a qualidade quanto a quantidade da água, uma vez que interfere diretamente na conservação dos solos e nas suas propriedades físicas, fatores determinantes na intensidade e no tipo do escoamento gerado (Duarte et al., 2009). Neste contexto, a análise da densidade da cobertura vegetal, bem como a sua distribuição espacial, é um importante mecanismo para estudos relacionados a gestão e planejamento dos recursos naturais, compreensão dos processos hidrológicos, diagnóstico do dinamismo no espaço agrário entre outras finalidades (Santos et al., 2008).

As técnicas de sensoriamento remoto, incluindo o uso de imagens de satélites orbitais, têm sido muito utilizadas para estudos da vegetação, já que permitem a quantificação de áreas de forma rápida, levando em consideração as diferentes escalas regionais (Wagner, 2013). Por meio da utilização dos índices de vegetação, é possível minimizar o trabalho de análise dos dados orbitais, visto que eles são responsáveis por maximizar as informações espectrais da vegetação ao menor número de bandas de operação dos sensores, realçando, dessa forma, o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e aos outros alvos da superfície terrestre (Moreira, 2005).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Acrônimo em inglês - NDVI) é o índice de vegetação mais popularmente utilizado pois auxilia na compensação das mudanças das condições de iluminação, inclinações da superfície, aspectos da superfície e outros fatores estranhos (Lillesand et al., 2008). Nesta perspectiva, o objetivo desse trabalho foi analisar a vegetação e cobertura do solo com auxílio do NDVI, na bacia hidrográfica do Rio Brumado, numa escala temporal (anos de 1987 e 2011), por meio de imagens capturadas pelo sensor Landsat 5.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Brumado possui 3193 Km², faz parte da Região Hidrográfica do Atlântico Leste e está localizada na mesorregião Centro-sul do estado da Bahia. Sua nascente se encontra na Serra das Almas, município de Rio de Contas, de onde se estende por Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio e Brumado, desaguando no Rio de Contas, em um ponto de limite entre três municípios (Tanhaçú, Ituaçú e Brumado). Um reservatório com capacidade de mais de 100 milhões de metros cúbicos de água foi criado no município de Rio de Contas pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas na década de 80, visando a perenização do rio. Graças a esse feito, tornou-se possível a implantação de grandes projetos de irrigação no Vale do Rio Brumado, tornando-o um polo de fruticultura economicamente importante.

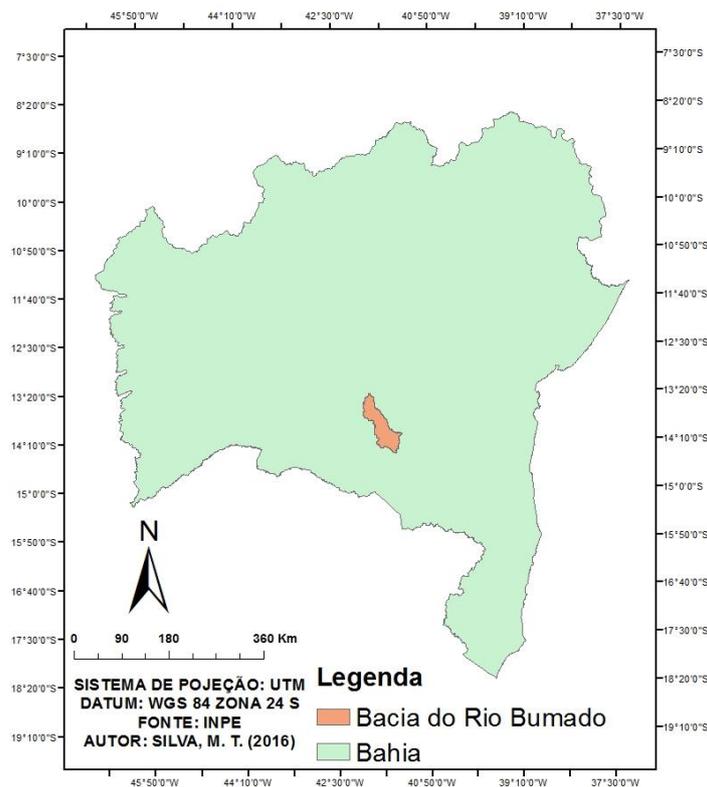


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2 Obtenção do NDVI

Para abranger toda a área da bacia hidrográfica do Rio Brumado foi necessária a aquisição de quatro cenas do satélite Landsat 5-TM por meio do site do INPE. As imagens foram escolhidas por apresentarem cobertura de nuvens inferior a 20% localizadas na órbita/ponto 217/69 e 217/70 para as datas de 10/07/1987 e 10/06/2011.

Todas as imagens foram processadas em software de SIG. Para o georreferenciamento das mesmas, utilizou-se como base o arquivo vetorial de rodovias fornecido pelo site do Ministério do Meio Ambiente (2016). Para a delimitação da bacia foi utilizado o *shapefile* gerado a partir de delimitação automática.

Para obtenção do NDVI, foi necessária a execução de três etapas descritas por Santos et al. (2008). Na primeira etapa, realizou-se a transformação do número digital de cada pixel da imagem para valores de radiância espectral aparente (L_λ) através da equação 1.

$$L_\lambda = \left(\frac{L_{\text{máx}} - L_{\text{mín}}}{255} \right) \times Q_{\text{cal}} + L_{\text{mín}} \quad (1)$$

Em que: $L_{\text{máx}}$, $L_{\text{mín}}$ = Constantes de calibração e Q_{cal} = número digital para cada pixel.

Na etapa seguinte, obteve-se a refletância (ρ_λ) dos objetos presentes na imagem por meio da equação 2.

$$\rho_\lambda = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{\text{ESUN}_\lambda \cdot \cos(\theta)} \quad (2)$$

Sendo: L_λ = radiância espectral aparente; d = distância Sol-Terra; ESUN_λ = irradiância solar no topo da atmosfera das bandas utilizadas e θ = ângulo zenital solar.

Na terceira e última etapa, foi calculado o NDVI através da equação 3.

$$\text{NDVI} = (\rho_{\text{iv}} - \rho_{\text{v}}) / (\rho_{\text{iv}} + \rho_{\text{v}}) \quad (3)$$

Onde: ρ_{iv} = Refletância no infravermelho próximo (banda 4); ρ_v = Refletância no vermelho (banda 3).

Posteriormente, o NDVI foi reclassificado em 5 classes, de acordo com a densidade da biomassa da vegetação, tomando-se como referência os estudos realizados por Oliveira Junior e Lobão (2014) em região próxima à área de interesse deste estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Classes de NDVI.

Intervalo NDVI	Classe NDVI
< 0	Água, nuvens e ruídos
0 - 0,299	Solo exposto/baixa densidade
0,300 - 0,499	Média densidade
0,500 - 0,699	Média alta densidade
> 0,7	Alta densidade

Adaptado de Oliveira Junior e Lobão (2014).

O NDVI foi classificado mais uma vez com apenas três classes, representando água, nuvens e ruídos ($NDVI < 0$), solo exposto e vegetação rasteira ($0 > NDVI < 0,299$) e solo coberto por vegetação de médio e grande porte ($NDVI > 0,300$). Em seguida, foi realizada subtração entre a imagem de 2011 e a de 1987 para que as alterações ocorridas neste período fossem evidenciadas.

3. Resultados e Discussão

Como pode-se observar ao comparar os mapas de cobertura vegetal do ano de 1987 (Figura 2) e do ano de 2011 (Figura 3), houve um grande aumento na área que se enquadra na faixa que representa solo exposto e biomassa de baixa densidade, de acordo com a divisão proposta por Oliveira Junior e Lobão (2014). Houve ainda uma diminuição considerável na classe com solo recoberto por biomassa de média densidade entre a primeira e a segunda análise.

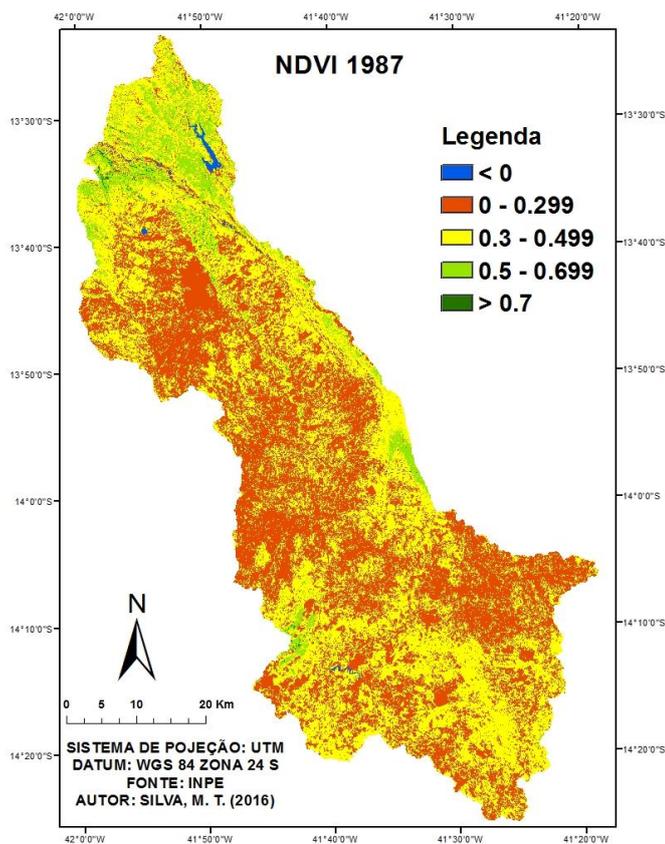


Figura 2. NDVI do ano de 1987.

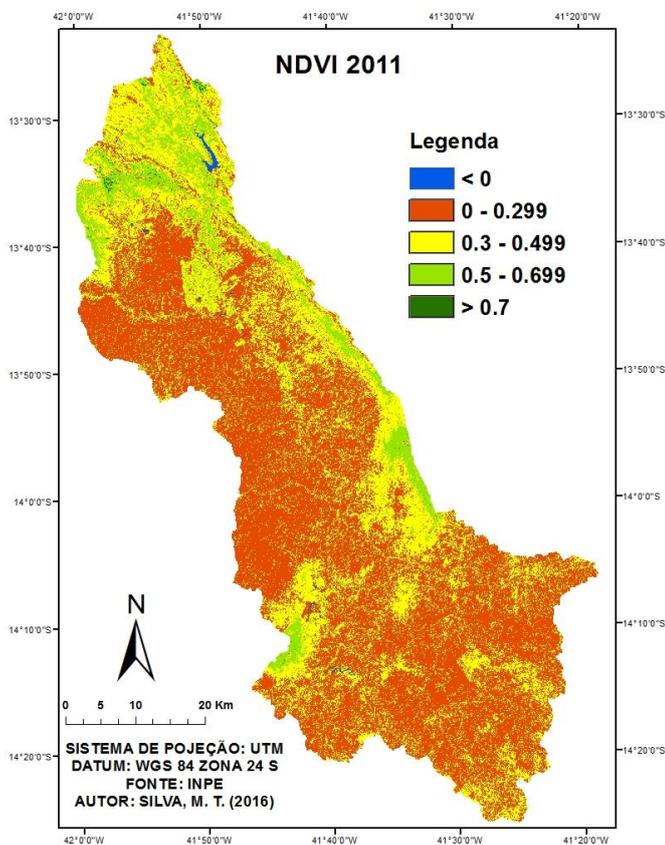


Figura 3. NDVI do ano de 2011.

Como observa-se na Tabela 3, no ano de 1987 a biomassa de média densidade ocupava maior parte da área da bacia, com mais de 150 mil hectares; seguida pela de baixa densidade, como mais de 140 mil hectares. A classe que representa a biomassa densa ocupou a menor porção, com a apenas 723 hectares.

No ano de 2011, a porção que ocupava maior área foi a classe de baixa densidade, com mais de 180 mil hectares, o que indica um aumento na ordem de 40 mil hectares quando se compara as duas análises. De acordo com Liu (2007), os índices próximos a zero representam solo exposto ou sem cobertura vegetal. Dessa forma, o aumento da área nessa classe pode ser explicado por conta da conversão de novas áreas a serem utilizadas na agricultura. A biomassa de média densidade ocupou a segunda maior porção da bacia, com mais de 100 mil hectares. No entanto, houve uma diminuição de mais de 40 mil hectares da área abrangida por essa classe entre os anos de 1987 e de 2011 que também pode ser explicada pelo avanço da agricultura.

No que se refere à porção coberta por vegetação densa, foram encontrados pouco mais de 570 hectares, indicando uma perda de quase 150 hectares com relação ao ano de 1987. O incremento encontrado nas áreas cobertas por biomassa de média-alta densidade – de 20 para 26 mil hectares – ocorreu principalmente por conta do avanço da agricultura irrigada, além da possível existência de áreas em processo de regeneração natural em estágio avançado.

De acordo com Barbosa et al (2006), as mudanças da cobertura vegetal do Nordeste podem ocorrer não somente pela ação antrópica, como também por conta do regime pluviométrico e pela dinâmica natural da vegetação. Pelo fato de as imagens utilizadas no trabalho terem sido captadas nos meses de junho e julho - que são no período de déficit hídrico – e boa parte da formação vegetal da região apresentar a deciduidade como caráter marcante, os índices de vegetação para a região podem ter ficado um pouco abaixo do esperado para os períodos chuvosos.

Na figura 4 pode-se visualizar porcentagem das porções de área ocupada por cada uma das cinco classes nos dois anos em que foi feita a análise da cobertura do solo na bacia.

Tabela 3. Quantificação das áreas pertencentes às cinco classes NDVI.

CLASSES	ÁREA 1987 (ha)	ÁREA 2011 (ha)	DIFERENÇA (ha)	%
< 0	1287,45	1338,21	50,76	0,0158921
0 - 0.299	144051,75	184438,71	40386,96	12,644491
0.3 - 0.499	152958,78	106245,36	-46713,42	-14,6252
0.5 - 0.699	20355,57	26806,77	6451,2	2,0197643
> 0.7	723,51	574,56	-148,95	-0,046634

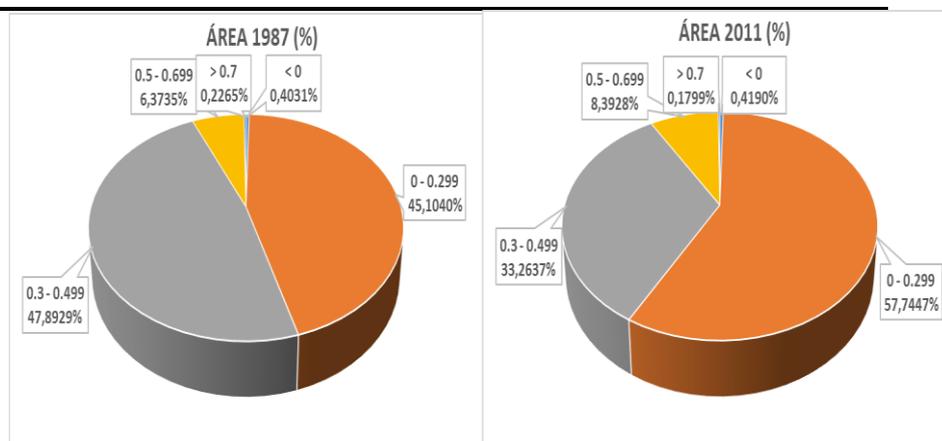


Figura 4. Porcentagem ocupada pelas 5 classes em 1987 e 2011.

Na Figura 5, pode-se visualizar a imagem oriunda da subtração ente o NDVI dos anos de 2011 e de 1987. Os valores na Tabela 4 representam a área para cada uma das classes de mudança. Percebe-se que o perda de vegetação foi a alteração de maior representatividade, ocorrendo em pouco mais de 80 mil hectares. Já a eventual regeneração natural e avanço da agricultura, representaram uma área maior (39 mil hectares) do que a área em que não ocorreu alguma alteração (quase 20 mil hectares). As mudanças provocadas pela agricultura são bastante visíveis na mancha verde ao norte da imagem, área que compreendida pelo polo de fruticultura do Vale do Rio Brumado, implantado que teve seu crescimento após a implantação da barragem na década de 80.

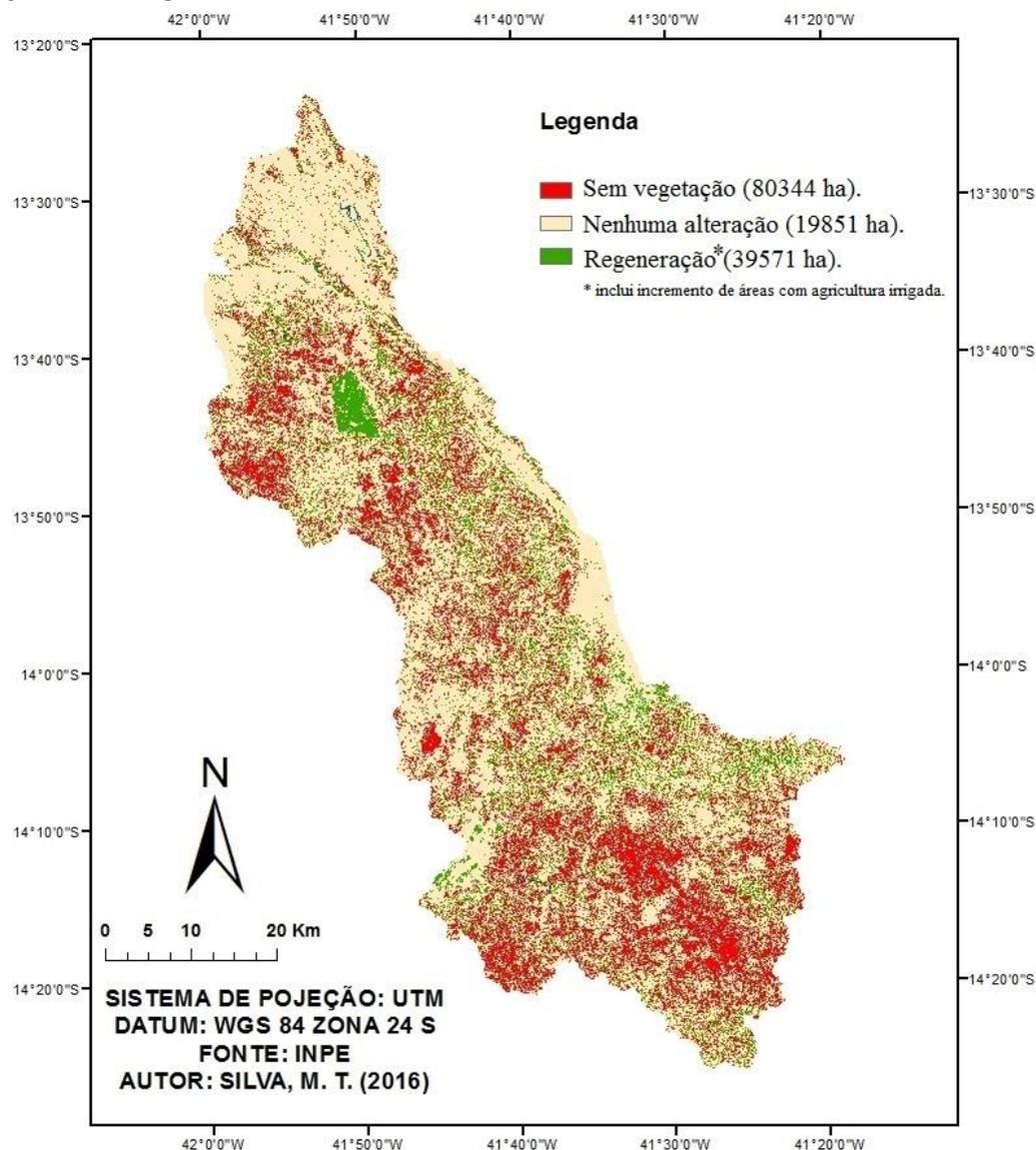


Figura 5: Alterações na cobertura do solo entre os anos de 2011 e 1987.

Tabela 4. Quantificação das áreas pertencentes às classes mudança.

CLASSES	ÁREA (ha)
Sem vegetação	80343,99
Nenhuma mudança	19851,21
Regeneração*	39570,66

*inclui incremento de áreas com agricultura irrigada.

4. Conclusões

Percebeu-se que as porções da Bacia do Rio Brumado recobertas por biomassa densa, e de média densidade diminuíram ao longo dos anos em que as análises foram feitas. Ao passo em que a porção com solo exposto e biomassa de baixa densidade aumentou bastante. Isso indica que a ação do homem tem provocado alterações na cobertura do solo na bacia estudada, o que prejudica a captação de água pela bacia e intensifica o escoamento superficial, alterando as entradas e saídas desse sistema e, conseqüentemente, modifica a vazão dos seus cursos d'água.

Referências Bibliográficas

BARBOSA, H. A.; HUETE, A. R.; BAETHGEN, W.E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. *Journal of Arid Environments*, v.67, p. 288-307, 2006.

BARBAROTTO JUNIOR, J. L.; KODAMA, G. S.; SOUZA, P. H. A. G. A.; BRITO, W. B.; MONTANHER, O. C. M. Proposta de divisão hidrográfica para o município de Umuarama – PR. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 21., 2015, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015., p. 1-7. Online. ISSN 2318-0358. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-1095_proposta-de-divisao-hidrografica-para-o-municipio-de-umuarama-pr>. Acesso em: 01 nov. 2016.

BRASIL. **Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 01 nov. 2016.

DUARTE, C. C.; SOUZA, S. F.; GALVÍNCIO, J. D.; MELO, I. D. F. de. Detecção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Tapacurá – PE através da Análise por Componentes Principais. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 5765-5772. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.18.34/doc/5765-5772.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 15.out.2016.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation.** 6. ed. United States: John Wiley & Sons, Inc., 2008. 756 p.

LIU, W. T. **Aplicações de sensoriamento remoto.** Campo Grande, RJ: UNIDERP, 2007. 865p.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 30.out.2016.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de aplicação.** 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 320p.

OLIVEIRA JUNIOR, I.; LOBÃO, J. S. B. Degradação no polo regional de Guanambi-Bahia: a análise multitemporal do NDVI aplicado em imagens MODIS. In: *Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – GEONORDESTE*, 7., 2014, Aracajú. **Anais...** Aracajú: UFS, 2014. p. 261-265.

SANTOS, A. M. DOS; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. de. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para identificação da cobertura fitogeográfica da Bacia Hidrográfica do rio Goiana-PE. In: *Simpósio de Geografia Física do Nordeste*, 2., 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB: DGEOC: CCEN: PPGG, 2008. p. 1-9.

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. 146 f. Dissertação (Dourado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.