

# Distribuição Espaço-Temporal do NDVI sob Condições de Caatinga Preservada

## Spatiotemporal Distribution of NDVI in Preserved Caatinga Conditions

Valéria Ramos Lourenço<sup>i</sup>  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brasil

Nívia Nara de Lucena Alves Ramos<sup>ii</sup>  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brasil

Carlos Alexandre Gomes Costa<sup>iii</sup>  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brasil

**Resumo:** O monitoramento ambiental é indispensável para o controle da degradação e manutenção da preservação, principalmente em áreas do bioma Caatinga. Assim, essa pesquisa objetiva identificar modificações temporais na Caatinga preservada por meio do índice de vegetação (NDVI). A área foco desse estudo é a Bacia Experimental de Aiuaba (12 km<sup>2</sup>), localizada no município de Aiuaba-Ceará na microrregião dos sertões dos Inhamuns totalmente preservada e localizada na Estação Ecológica de Aiuaba, sendo essa a maior unidade de conservação do bioma Caatinga. Os resultados dessa pesquisa permitem concluir que: i) a área, mesmo sob condições de preservação, apresenta modificações sazonais nos valores de NDVI; ii) há uma inter-relação entre a variação do NDVI e o período ano, sendo que as alterações são reflexo da área foliar da Caatinga e não da densidade da vegetação.

**Palavras-chave:** Monitoramento; Vegetação; SIG.

**Abstract:** Environmental monitoring is essential for the control of degradation and preservation, particularly in the areas of the Caatinga biome. The aim of this research is to identify temporal change in preserved Caatinga vegetation using the NDVI vegetation index. The area of research is the Experimental Basin of Aiuaba (12 km<sup>2</sup>), located in the municipality of Aiuaba, Ceará state. This basin is located in the micro region of Inhamuns

---

<sup>i</sup> Departamento de Engenharia Agrícola. ramos.valeria74@yahoo.com.

<sup>ii</sup> Departamento de Engenharia Agrícola. nilvia.nara@gmail.com.

<sup>iii</sup> Departamento de Engenharia Agrícola.

of the Brazilian semi-arid zone. It is fully preserved because it is situated within the Ecological Station of Aiuaba, the largest federal conservation unit of the Caatinga biome. The results of this research showed that there is strong variation in NDVI values during the year due to seasonal variation of leaf cover and not the density of vegetation.

**Keywords:** Monitoring; Vegetation; GIS.

## Introdução

A evolução nos métodos de diagnóstico e monitoramento da vegetação se dá em parte ao uso do sensoriamento remoto. As técnicas advindas do sensoriamento remoto proporcionam continuidade no monitoramento, permitindo identificar padrões nas variáveis em análise e, por exemplo, identificar alterações na vegetação em virtude de ações antrópicas. Assim, o sensoriamento remoto preocupa-se em como a vegetação processa a radiação eletromagnética (PONZONI, 2001).

Para melhor entender as respostas da vegetação em relação à radiação eletromagnética, muitos índices espectrais de vegetação ou índices de vegetação, foram desenvolvidos e alguns têm sido amplamente utilizados para monitorar a cobertura vegetal (MIURA et al., 2001, ZANZARINI et al., 2013). Esses índices são combinações de dados espectrais de duas ou mais bandas, selecionadas com o objetivo de sintetizar e melhorar a relação desses dados com os parâmetros biológicos e físicos da vegetação (PONZONI, 2001).

Dentre esses índices, o índice de vegetação mais difundido é o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (COHEN et al., 2003; DORIGO et al., 2007), tendo seu uso comprovado, por exemplo, na análise da degradação em vegetação esparsa (RAMOS et al., 2010) e na identificação de classes de uso do solo e da cobertura vegetal (ROCHA et al., 2013; KE et al., 2015) O NDVI é um dos mais antigos e bastante utilizado ainda. Ele foi proposto por Rouse et al. (1973) e trata da normalização dos dados espectrais das bandas do infravermelho próximo e do vermelho. Além da comprovada aplicabilidade, o NDVI favorece comparações espaciais e temporais da vegetação, facilitando o monitoramento sazonal dos parâmetros estruturais, fenológicos e biofísicos da vegetação (WANG et al., 2003).

Estudos desenvolvidos sobre o bioma Caatinga são importantes e se justificam em função da necessidade de conservação, tendo em vista a manutenção do seu alto grau de endemismo e riqueza de espécies do único bioma exclusivamente brasileiro. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) o bioma Caatinga possui uma área de aproximadamente 844.453 km<sup>2</sup>, constituído em sua maioria por plantas xerófilas e florestas perenifólias e subperenifólias.

Diante da relevante importância do bioma Caatinga, associada à necessidade de monitoramento e à operacionalidade que as técnicas de sensoriamento remoto permitem, essa pesquisa foi conduzida com o objetivo de identificar modificações temporais na vegetação de Caatinga preservada através do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).

## Área de Estudo

A área foco desse estudo é a Bacia Experimental de Aiuaba (BEA). A área total dessa bacia é de 12 km<sup>2</sup>, controlada pelo reservatório Boqueirão (60 mil m<sup>3</sup>) em seu exutório, localizada no município de Aiuaba, na microrregião dos sertões dos Inhamuns, Estado do Ceará, Brasil. A BEA é totalmente preservada e localizada integralmente dentro da Estação Ecológica (ESEC) de Aiuaba, sendo essa a maior unidade de conservação federal do bioma Caatinga, a qual é administrada pelo IBAMA. O clima é 'Bs' de acordo com a classificação de Köppen, apresentando precipitação média de 560 mm/ano; evaporação do tanque classe A de 2500 mm/ano (DE ARAÚJO & PIEDRA, 2009).

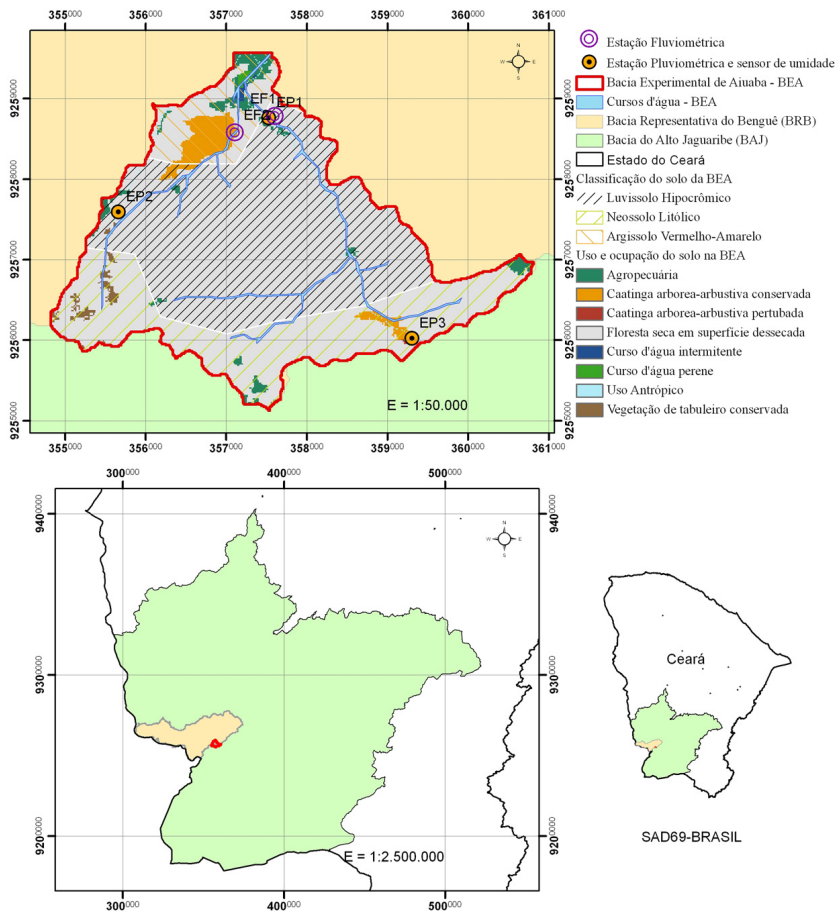


Figura 1 – Mapa de Localização da Região de Estudo e Instrumentação da Bacia Experimental de Aiuaba (BEA).

Fonte: COSTA, 2012.

## Material e Métodos

Para a análise da evolução temporal da vegetação foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5 TM, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A seleção das imagens se fez com base em dois critérios: i) período do ano, se no período seco (julho a dezembro) ou no período chuvoso (fevereiro a maio) e período de transição (janeiro e junho) conforme proposto por Pinheiro et al. (2016); e ii) qualidade das imagens.

O índice utilizado para a análise da vegetação foi o NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada) (BEZERRA et al., 2011; da SILVA et al., 2009; MELO et al., 2011; de LIMA et al., 2014). A escolha desse índice baseou-se no fato de que esse favorece o realce sobre as alterações de densidade da cobertura vegetal em virtude do comportamento espectral entre as bandas B3 (vermelho) e B4 (infravermelho próximo) do satélite. Conforme proposição de Rouse et al. (1973), o NDVI normaliza a razão simples para o intervalo de -1 a +1. Onde as áreas de vegetação mais intensa aproximam-se dos patamares superiores, e áreas inundadas do limite inferior. Constitui-se em um dos índices de vegetação de maior difusão, com larga aplicabilidade em estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticos (LI et al., 2014; KE et al., 2015). O NDVI, por sua vez, é representado pela diferença e soma da banda de infravermelho próximo e do vermelho conforme a Equação 1.

$$NDVI = \frac{NIV-RED}{NIV+RED} \quad (1)$$

Em que: NIV: valor da reflectância da banda no Infravermelho próximo; RED: valor de reflectância da banda no vermelho.

Em seguida os dados foram submetidos às análises de estatística descritiva para obtenção de valores de mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação.

## Resultados e Discussão

Os valores mínimos de NDVI não apresentam grandes variações entre período chuvoso e seco, diferente dos valores máximos e médios. Para os valores máximos e médios observa-se diferenças que variam em 56%, nos máximos e 19% a 60%, nos médios. Na estação chuvosa a média dos valores máximos para o período em análise é de 0,619. Já no período seco, 0,463 para os valores máximos médios, no período de transição 0,705 para a média máxima. A amplitude de variação do NDVI para uma área preservada, independente da época do ano, apresenta-se elevada com os valores variando de 0,001 a 0,764. Os valores de desvio padrão da média para o NDVI das imagens analisadas são inferiores a 0,12 e os do coeficiente de variação variam de 13% a 25% (Tabela 1).

Tabela 1 – Variação Temporal do NDVI para a Bacia Experimental de Aiuaba (BEA)

<b>Período analisado (mês/ano)</b>	<b>Min</b>	<b>Máx</b>	<b>Méd</b>	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>CV(%)</b>
Período chuvoso (abr/10)	0,003	0,764	0,674	0,09	13
Período chuvoso (mar/05)	0,003	0,744	0,617	0,12	20
Período de transição (jan/07)	0,003	0,711	0,483	0,1	20
Período de transição (jun/11)	0,003	0,699	0,487	0,12	25
Período seco (jul/07)	0,002	0,627	0,407	0,1	24
Período seco (set/05)	0,002	0,425	0,131	0,03	25

Min: Valores Mínimos; Máx: Valores Máximos; Méd: Valores Médios;  
 $\Sigma$ : Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação.

Em analogia às espécies vegetais cultivadas, onde existe uma relação direta da densidade da vegetação com o NDVI (LOPES et al., 2011), podemos inferir que os valores desse índice para vegetação de caatinga preservada variam em função da área foliar, uma vez que, para o intervalo de tempo em estudo, não é possível verificar um aumento expressivo na densidade de plantas e se tratado de uma área preservada há mais de 30 anos, pode-se esperar que exista uma estabilidade vegetacional da comunidade de plantas neste estado de preservação. Outros trabalhos verificaram, para florestas decíduas, boa correlação entre parâmetros da vegetação e sua resposta espectral (WANG et al., 2005; BARBOSA et al., 2006).

Apesar da redução significativa dos valores de NDVI do período chuvoso para o período seco observa-se valores máximos aproximados. Principalmente, no primeiro mês do período seco (julho) devido à variabilidade das espécies em utilizar o mecanismo de perda de folhas.

A influência do período sobre a variabilidade espacial do NDVI e conseqüentemente da sazonalidade da vegetação pode ser observada na Figura 2.

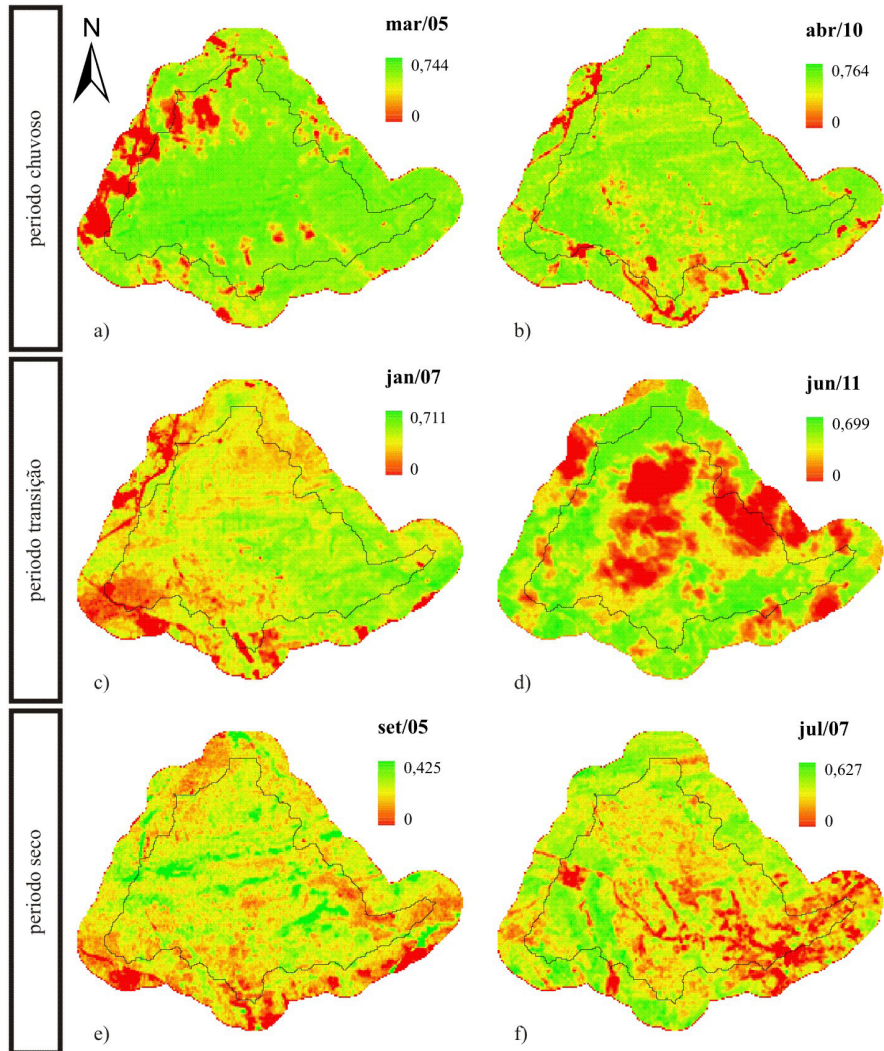


Figura 2 – Distribuição Espaço-Temporal do NDVI para a Bacia Experimental de Aiuaba (BEA)

No período chuvoso (imagens a e b) verifica-se uma maior ocorrência de valores mais elevados de NDVI quando comparado às imagens do período seco (imagens c e f). Assim, observa-se que a precipitação exerce forte influência sobre as características da vegetação, expressados pelos valores de NDVI encontrados. Além disso, a análise dessas imagens permite identificar um comportamento típico da vegetação de caatinga, a caducifólia. Nas imagens correspondentes ao período chuvoso a vegetação encontra-se em plena atividade fotossintética e com expressiva biomassa foliar, sendo isso representado

pelos maiores valores de NDVI. Nas imagens do período seco, há predominância de menores valores de NDVI que estão associados ao declínio da atividade fotossintética e consequente perda da biomassa foliar.

Diferenças nos valores de NDVI no mesmo período dentro da bacia podem ser atribuídos a variações de precipitação no mesmo ano em diferentes áreas da bacia, em estudo de Pinheiro et al. (2016) foi observado, no ano de 2007, uma variação de precipitação na qual o setor noroeste da bacia apresentou uma precipitação de 740 mm, o setor nordeste apresentou uma precipitação 30% menor (490 mm) enquanto no setor sul foi registrado uma precipitação 60% maior com 1300 mm. Além disso variações na distribuição temporal de precipitação para a mesma área são reportadas por Medeiros & Araújo (2014) tendo casos que os valores podem chegar ao dobro de precipitação.

Ainda, observa-se que a homogeneidade representada pelo NDVI e encontrada em áreas sob práticas agrícolas intensivas como, por exemplo, em canaviais (ZANZARINI et al., 2013), não pode ser constatada na vegetação de Caatinga preservada, mesmo no período chuvoso. A desuniforme espacial do NDVI encontrada, tanto no período seco como no chuvoso, ocorre em função da grande diversidade de famílias botânicas nativas da Caatinga, que apresentam diferentes comportamentos de crescimento e porte diferenciado (LEMOS & RODAL, 2002).

Estudos anteriores (Costa et al. 2013, Pinheiro et al. 2013) agrupam a BEA em três setores a partir de uma associação dos diferentes tipos de solo com a vegetação. O primeiro setor fica na região noroeste, o segundo na região nordeste e o terceiro setor na região sul da bacia. Pinheiro et al. 2016 identificou que os teores de água no solo a 0,2m do primeiro setor são maiores que dos demais setores, o que pode ser associado aos valores não tão baixos de NDVI no período seco como pode ser observado na Figura 2.

## Conclusões

A área em estudo apresenta variações sazonais nos valores de NDVI mesmo sob condições de preservação. As variações apresentam forte dependência com a época do ano, permitindo diferenciar as imagens em cada período (seco, chuvoso e de transição). Além disso, a variabilidade temporal em decorrência das diferentes associações do solo com a vegetação na Bacia Experimental de Aiuaba (BEA). O NDVI para a vegetação de caatinga preservada apresenta alterações temporais significativas, principalmente, em função da área foliar da vegetação que apresenta redução significativa devido à perda das folhas iniciada ao final do período chuvoso e acentuada no período de transição o período chuvoso para o período seco.

## Referências Bibliográficas

ALVES, J. J.A.; ARAUJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v.9, n.27, set. 2008. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

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. doi:10.1016/j.jaridenv.2006.02.022

BEZERRA, M.V.C., BERNARDO, B. da S.; BERGSON, G. B. “Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2011, July, Vol.15(7), p.709(9).

COHEN, W. B.; MAIERSPERGER, T. K.; GOWER S. T.; TURNER, D. P. An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM+ data. *Remote Sensing of Environment*, v.84, p. 561-571, 2003.

COSTA, C. A. G. *Umidade do solo e disponibilidade hídrica na zona das raízes em condições naturais de Caatinga preservada*. 2012. Tese (Doutorado) – Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

COSTA, C. A. G.; LOPES, J.W.B.; PINHEIRO, E.A.R.; De ARAÚJO, J.C.; GOMES FILHO, R.R. Spatial behaviour of soil moisture in the root zone of the Caatinga biome. *Revista Ciência Agronômica*, [s.l.], v. 44, n. 4, p. 685-694, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902013000400004>.

DA SILVA, A.P.N.; MOURA, G.B de A.; GIONGO, P.G. Spatial-temporal dynamic of vegetation in the semi-arid of Pernambuco state. *Revista Caatinga*, 2009, vol.22(4), p. 195-205.

DE ARAÚJO, J. C.; PIEDRA, J. I. G. Comparative hydrology: analysis of a semiarid and a humid tropical watershed. *Hydrological processes*, v.23, p. 1169-1179, 2009.

DE LIMA JUNIOR, C.; ACCIOLY, L.J. de O.; GIONGO, V.; LIMA, R.L.F de A.; SAMPAIO, E.V de S. B.; MENEZES, Estimation of “caatinga” woody biomass using allometric equations and vegetation index. *Scientia Forestalis*, 2014 Jun, Vol.42(102), p. 289-298.

DORIGO, W. A.; MILLA, R. Z.; DE WIT, A. J. W.; BRAZILE, J.; SINGH, R.; SCHAEPMAN, M. E. A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.9, p. 165-193, 2007.

KE, Y.; IM, J.; LEE, J.; GONG, H.; RYU, Y. Characteristics of Landsat 8 OLI-derived NDVI by comparison with multiple satellite sensors and in-situ observations. *Remote Sensing of Environment*, v.164, p. 298–313, 2015. doi: 10.1016/j.rse.2015.04.004

LEMOIS, J. R.; RODAL, M. J. N. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. *Acta Bot. Bras.* vol.16, n.1, p. 23-42, 2002.



LI, P.; JIANG, L.; FENG, Z. Cross-comparison of vegetation indices derived from Landsat-7 enhanced thematic mapper plus (ETM+) and Landsat-8 operational land imager (OLI) sensors. *Remote Sensing*, v.6, p. 310-329, 2014. doi:10.3390/rs6010310

LOPES, H. L.; ACCIOLY, L. J. De O.; da SILVA, F. H. B. B.; SOBRAL, M. do C. M.; de ARAÚJO FILHO, J. C.; CANDEIAS, A. L. B. Espacialização da umidade do solo por meio da temperatura da superfície e índice de vegetação. *R. Bras. Eng. Agríc. e Ambiental*, v.15, p.973-980, 2011.

MELO, E.T.; SALES, M.C.L.; OLIVEIRA, J.G.B. de. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateus-CE. *Ra e Ga*, 2011. Oct, Issue 23, p. 520(14).

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. *Caatinga: iniciativas de conservação 2015*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga/iniciativas-de-conservacao>>. Acesso em: 10 maio 2015.

MIURA, T.; HUETE, A. R.; YOSHIOKA, H.; HOLBEN, B. N. An error and sensitivity analysis of atmospheric resistant vegetation indices derived from dark target-based atmospheric correction. *Remote Sensing of Environment*, v.78, p. 284-298, 2001.

PINHEIRO, E. A. R.; METSELAAR, K.; VAN LIER, Q. de J.; De ARAÚJO, J. C. Importance of soil-water to the Caatinga biome, Brazil. *Ecohydrology*, [s.l.], v.9, n.7, p. 1313-1327, 29 fev. 2016. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/eco.1728>.

PINHEIRO, E.A.R.; COSTA, C.A.G.; De ARAÚJO, J.C. Effective root depth of the Caatinga Biome. *Journal of Arid Environments* [s.l.], v. 89, p. 1-4, fev. 2013.

PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In. *Sensoriamento remoto – reflectância dos alvos naturais*. Brasília: UnB, EMBRAPA, 2001. p.157-199.

RAMOS, R. R. D.; LOPES, H.L.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; CANDEIAS, A. L. B.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. *Anais...III Simpósio de Brasileiro de Ciência Geodésicas e Tecnologias da Informação*. Recife-PE. 2010.

ROCHA, A. S.; MEIRELES, T. A. V; ANDRADE JÚNIOR, I. O. Uso do NDVI na identificação de classes de uso do solo. In: *XIV Seminário de Pesq. e Pós-Graduação*. 2013.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Third ERTS Symposium*. NASA SP-351 I: 309-317, 1973.

WANG, Z. X.; LIU, C.; HUETE, A. From AVHRR NDVI to MODIS-EVI: Advances in vegetation index research. *Acta Ecologica Sinica*, v.23, n.5, p. 979- 988, 2003.

Valéria Ramos Lourenço, Nívia Nara de Lucena Alves Ramos e Carlos Alexandre Gomes Costa

WANG, Q.; ADIKU, S.; TENHUNEN, J.; GRANIER, A. On the relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site. *Remote sensing of environment*. v. 94, p. 244-255, 2005.

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, [s.l.], v.17, n.6, p. 608-614, jun. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662013000600006>.

Recebido em: 27/7/2016

Aceito em: 10/1/2017