

Análise espaço temporal da cobertura vegetal do município de Arcoverde (Pernambuco)

Manuella Lima Damasceno^{1*}, João Antônio Dos Santos Pereira², Carlos Alberto Borba Schuler³

¹ Mestranda no Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco

² Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

³ Doutorado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná, Professor da Universidade Federal de Pernambuco.

Histórico do Artigo: Artigo publicado no VII Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação e convidado para primeira edição da Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto

RESUMO

Considerando a vegetação um parâmetro indicador da qualidade ambiental, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise espaço-temporal da cobertura vegetal do município do Arcoverde no período de 2009-2010 através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Utilizou-se imagens do satélite LANDSAT 5-TM, para as datas de passagem: 20 de novembro do ano de 2009 e 29 de setembro de 2010. As imagens foram processadas utilizando-se o software QGIS versão 2.14 e após as etapas de calibração radiométrica e reflectância, foram geradas cartas temáticas de albedo da superfície, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Área Foliar (IAF) e saldo de radiação. A análise do comportamento do NDVI e do IAF, permitiu concluir que a precipitação pluviométrica foi identificada como fator de controle decisivo da tendência destes parâmetros, uma vez que condiciona a cobertura da superfície do solo. O albedo de superfície e o saldo de radiação tiveram comportamento similar aos índices de vegetação e os resultados foram semelhantes no estudo realizado por Lins (2017) na estimativa dos parâmetros biofísicos de Arcoverde-PE no período de 2015-2016.

Palavras-Chaves: Parâmetros biofísicos; saldo de radiação; Arcoverde.

Remote Sensing applied to the space-temporal analysis of the vegetable coverage of Arcoverde (Brazil) municipality

ABSTRACT

The vegetation is a good indicator of environmental quality. This work aimed to perform a spatial-temporal analysis of the vegetation cover of the Arcoverde municipality in the period 2009-2010 through geoprocessing and remote sensing techniques. Images from the LANDSAT 5-TM satellite used for the dates: November 20, 2009, and September 29, 2010. The images were processed using QGIS software version 2.14. After the radiometric calibration and reflectance steps, thematic maps of surface albedo, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Foliar Area Index (IAF) and radiation balance generated. The analysis of the behaviour of NDVI and HFI allowed the conclusion that rainfall was identified as a decisive control factor of the trend of these parameters since it conditions the soil surface coverage. The surface albedo and radiation balance behaved similarly to the vegetation indices. The results were similar in the study conducted by Lins (2017) in the estimation of the biophysical parameters of Arcoverde-PE in the period 2015-2016.

Keywords: Biophysical parameters; radiation balance; Arcoverde.

Damasceno, M.L., Pereira, J.A.S., Schuler, C.A.B. (2020). Análise espaço temporal da cobertura vegetal do município de Arcoverde (Pernambuco). *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.1, n.1, p.38-50.



Direitos do Autor. A Revista utiliza a licença *Creative Commons* - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC.

1. Introdução

A cobertura vegetal tem grande importância na proteção ambiental, porque evita o impacto direto das gotas de chuva no solo, reduzindo a desagregação das partículas e com isso impedindo o aumento dos índices de erosão, ao mesmo tempo em que evita compactação do solo, no qual diminui a capacidade de absorção de água, além de dar suporte a uma vida silvestre dependente, seja fauna ou flora, aumentando a porosidade e a permeabilidade do solo (COELHO et al., 2015).

Nesse sentido, diversos índices de vegetação têm sido propostos na literatura com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação, especialmente nas faixas espectrais do visível e do infravermelho próximo, como o Índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) (Rouse et al., 1973) e o Índice de Área Foliar (IAF) (Allen et al. (2002). Esses índices são relacionados a variáveis biofísicas da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar, além de minimizarem os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, que influenciam os valores de refletância da vegetação e são citados por Ponzoni et al., (2012). O referido autor evidencia ainda que quanto maior for a densidade da cobertura vegetal de uma determinada área, maior será a refletância na região do visível, em razão da maior oferta de pigmentos fotossintetizantes. Maior será a refletância verificada na região do infravermelho próximo, devido ao espalhamento múltiplo da radiação eletromagnética na estrutura foliar das plantas.

Em regiões áridas e semiáridas de todo o mundo, há diversos estudos que utilizaram o NDVI e o IAF para a classificação da cobertura terrestre com base nas variáveis ambientais (clima, solo, geologia) que influenciam a variação das características fenológicas das plantas. Nesse contexto, são destacadas as pesquisas de Weiss et al. (2004) que utilizou o NDVI para analisar 11 anos (1990-2000) de variabilidade sazonal e interanual no centro do Novo México, EUA e Karnieli (2000), que aplicou o NDVI para monitorar durante dois anos a cobertura vegetal no deserto de Negev, Israel. Ramos et al (2010), utilizaram o NDVI para analisar a degradação no interior do Parque Nacional Boqueirão de Onça (PNBO), no sub-médio da Bacia do Rio São Francisco e aponta este índice de vegetação como sendo mais sensível a vegetação esparsa, como é o caso da caatinga.

Outros parâmetros biofísicos empregados no monitoramento ambiental são: albedo da superfície e o saldo de radiação, este último refere-se ao balanço entre as entradas e saídas de radiação de ondas curtas (Sol) e longas (atmosfera). Uma das ferramentas que tem se apresentado ao estudo do monitoramento ambiental em grandes áreas quantificando parâmetros biofísicos como os citados, é o Sensoriamento Remoto (SR), já que os métodos convencionais representam grande dispêndio de recursos materiais e humanos. Esta tecnologia, constitui-se uma solução de baixo custo e abrangência de grandes áreas geográficas e registros temporais. Dentre outros usos, detecta alterações na cobertura do solo e presença de água, proporcionando através de índices de vegetação, o diagnóstico e planejamento socioambiental (FERREIRA et al., 2001).

Os autores Hoppe & Ulbricht (1978) citam que as imagens do satélite LANDSAT podem ser úteis não apenas para levantamentos em pequena escala, mas para mapeamentos mais detalhados. Souza et al (2008), utilizando imagens do satélite LANDSAT 5 e estimando parâmetros biofísicos, realizaram um estudo da evolução da cobertura vegetal dos municípios de Boa Vista-PB, chegando à conclusão que a cobertura vegetal deste município foi reduzida ao longo do período de 1987 a 2004, comprovando a eficiência das técnicas aplicadas. Conforme Sá (2008), a contribuição dos índices de vegetação, sobretudo, o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) têm se mostrado satisfatória na avaliação da cobertura vegetal, podendo ser utilizado no monitoramento ambiental e na identificação de possíveis alterações do uso e ocupação do solo em determinada região.

Sendo a Caatinga o único e exclusivo bioma brasileiro, tem-se a necessidade da sua conservação, tendo em vista a manutenção do seu alto grau de endemismo e riqueza de espécies (QUEIROZ, 2009), pois, ao longo do processo de uso e ocupação do espaço semiárido, este bioma vêm passando por intensos processos de degradação devido às práticas agropecuárias e o extrativismo vegetal, realizados de forma intensiva resultando na perda da cobertura vegetal. No município de Arcoverde, este tipo de cobertura vegetal vem passando por diversos processos de deterioração ambiental devido a rápida e inadequada expansão da malha urbana, entre outros processos, conforme pode-se constatar nos trabalhos efetuados por Koechlin (1980), Sousa (2007),

Nascimento (2013), dentre outros estudos voltados para a análise da questão ambiental na área de abrangência do bioma Caatinga.

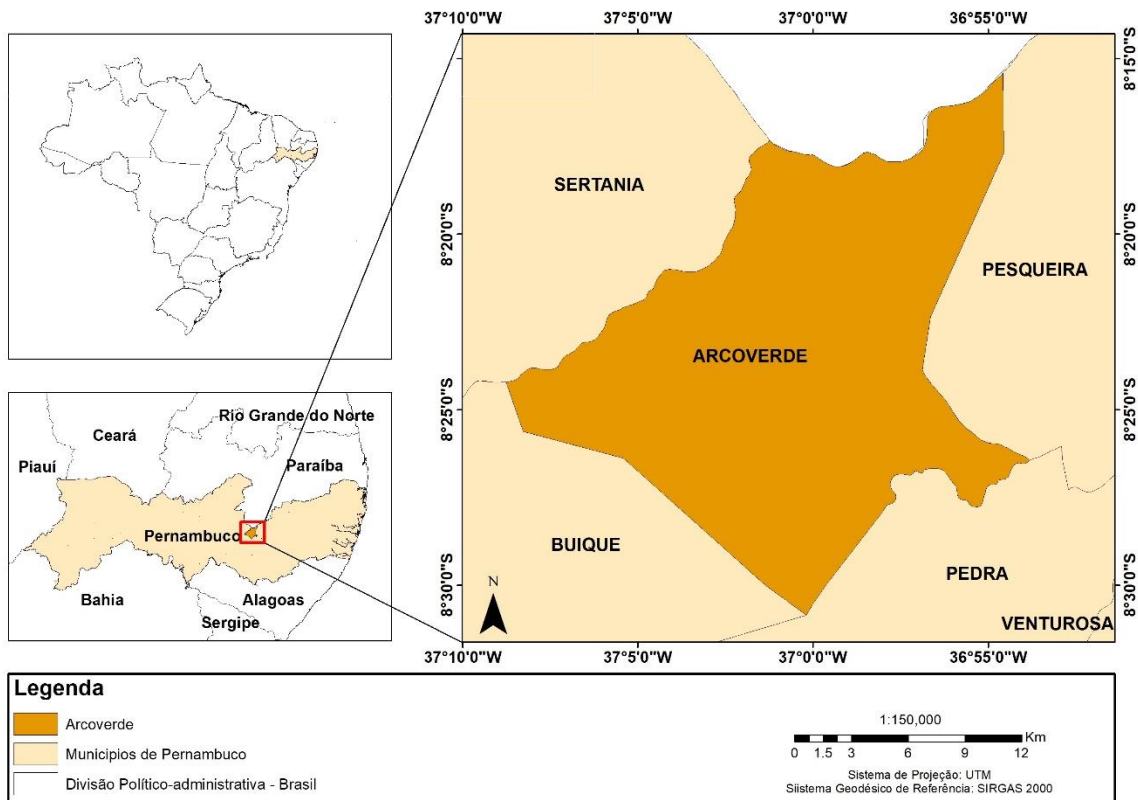
Diante das características ambientais apresentadas e considerando a vegetação um parâmetro indicador da qualidade ambiental, o presente trabalho buscou analisar a distribuição espaço-temporal da cobertura vegetal a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Área Foliar (IAF), Albedo da superfície e do Saldo de radiação, considerando-se dados de precipitação pluviométrica e utilizando-se técnicas de sensoriamento remoto orbital para a área de abrangência do município de Arcoverde..

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

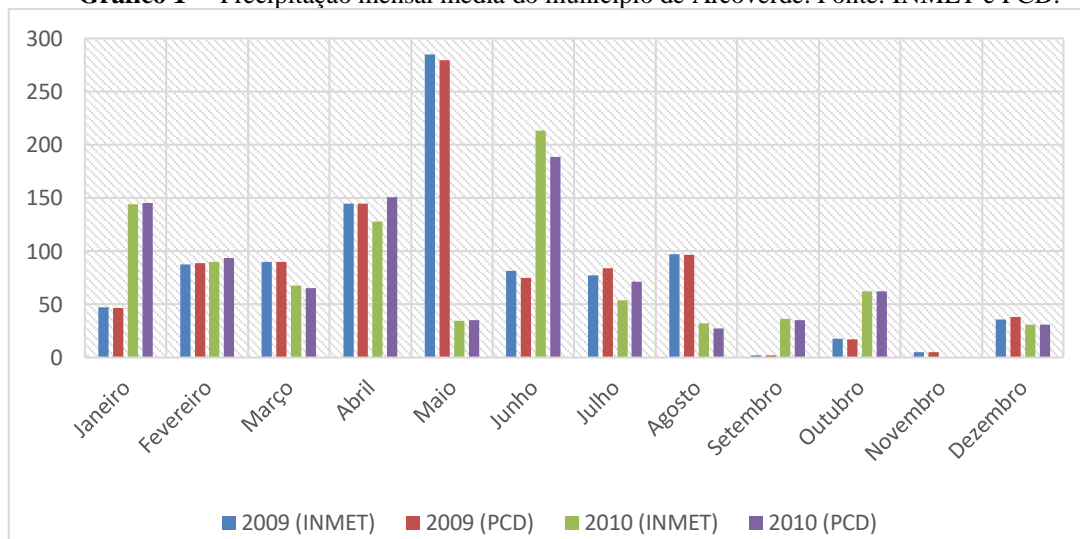
A área de estudo compreende o município de Arcoverde, que está localizado na mesorregião Sertão e na Microrregião Sertão do Moxotó no Estado de Pernambuco, limitando-se ao norte com o Estado da Paraíba, ao sul com Buíque e Pedra, a Leste com Pesqueira e a oeste com Sertânia (Figura 1). A área municipal ocupa 379 km² e representa 0.38 % do Estado de Pernambuco. Está inserido nas Folhas SUDENE de Sertânia, Pesqueira, Venturosa e Buíque na escala 1:100.000. A sede do município tem uma altitude aproximada de 663 metros e coordenadas geográficas de 08° 25'08" latitude sul e 37° 03'14" longitude oeste, distando 254 km da capital, cujo acesso é feito pela BR-232.

Figura 1 – Mapa de localização do município de Arcoverde.



De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Bshs', com precipitação pluviométrica média anual de 653 mm, conforme dados de pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O Gráfico 1 mostra a precipitação mensal média relativa aos dois anos estudados, obtidos nas duas estações pluviométricas utilizadas no estudo: INMET e Plataforma de Coleta de Dados de Pernambuco (PCD). O período chuvoso inicia no mês de janeiro ou fevereiro estendendo-se até julho (APAC, 2017). As temperaturas médias variam entre 12 e 25 °C. A vegetação é constituída por florestas Caducifólias e Subcaducifólias (CPRM, 2005; IBGE, 2008).

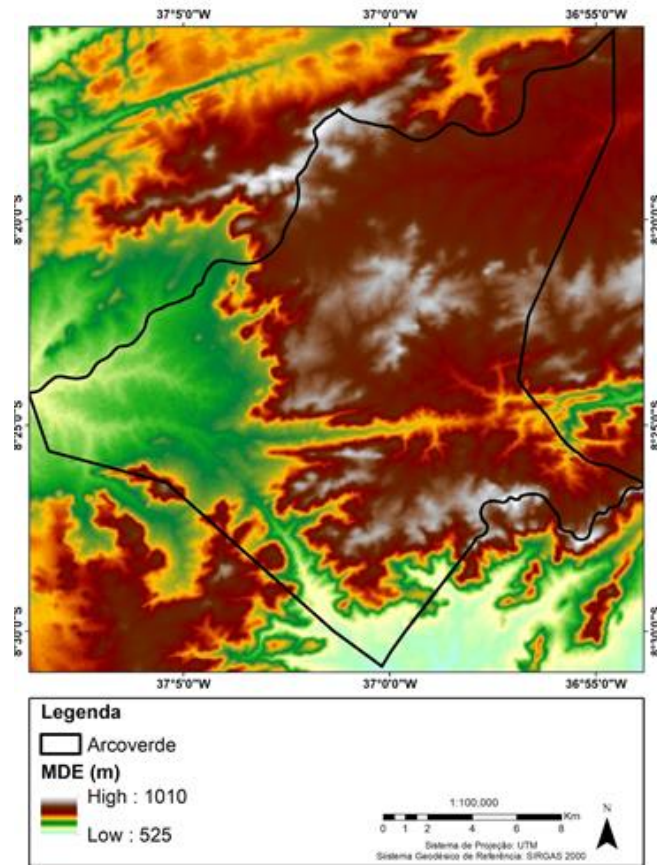
Gráfico 1 – Precipitação mensal média do município de Arcoverde. Fonte: INMET e PCD.



2.2 Figuras Modelo Digital de Elevação

O Modelo Digital de Elevação (Figura 2) das cenas foi utilizado na geração do mapa de altitude e reamostrado para 30x30m, proporcionando a estimativa da pressão atmosférica em cada pixel. Espacializar as áreas de encostas, afloramentos e de maior altitude, ajuda a entender a relação destas regiões com a vegetação de maior porte, assim como se relaciona com o desenvolvimento da vegetação nativa.

Figura 2 – Modelo de elevação digital do município de Arcoverde.

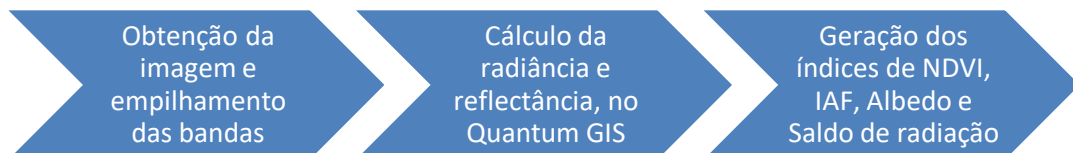


2.3 Processamento das imagens

Foram adquiridas de forma gratuita junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), duas imagens do satélite Landsat 5, órbita 215 e ponto 66, referentes a: 20 de novembro do ano de 2009 e 29 de setembro de 2010. As imagens foram processadas utilizando-se o software Quantum GIS versão 2.14. As bandas foram empilhadas, reprojetaadas para o sistema EPSG31984 e em seguida, a cena foi recortada para a área de estudo, corresponde ao município de Arcoverde.

Dessa forma, foram geradas cartas temáticas de albedo de superfície, NDVI, IAF e saldo de radiação. A sequência metodológica utilizada no desenvolvimento do presente trabalho encontra-se esquematizada na figura 3 a seguir.

Figura 3 – Fluxograma de procedimentos metodológicos.



Para determinação dos parâmetros biofísicos – albedo, NDVI, IAF e saldo de radiação – inicialmente foi feita a conversão dos níveis de cinza para radiância e refletância utilizando coeficientes radiométricos de calibração referentes a radiância e refletância, respectivamente, por meio da equação proposta por Markham & Baker (1987) (Equação 1):

$$L\lambda_i = a_i + (b_i + a_i)/255 \times ND \quad (1)$$

Onde: $L\lambda_i$ = radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$), “a” e “b” = radiâncias espectrais mínimas e máximas ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) obtidos em Chander et al. (2009); ND = intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) correspondente a referida cada banda e; i = cada banda do TM Landsat 5.

A refletância ($\rho\lambda_i$) correspondente a proporção entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente e o fluxo que é refletido por cada banda, foi obtida conforme Silva et al. (2005b) e Bezerra et al. (2011), pela equação 2:

$$\rho\lambda_i = \pi L\lambda_i / (k\lambda_i \times \cos Zdr) \quad (2)$$

Onde: $L\lambda_i$ ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) é a radiância espectral de cada banda; $k\lambda_i$ ($Wm^{-2} \mu m^{-1}$) é a irradiância solar espectral de cada banda, no topo da atmosfera, obtida de acordo com Chander & Markham (2003); Z é o ângulo zenital solar; e dr é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (ro) e a distância Terra-Sol (r), em dado dia do ano.

A transmissividade atmosférica (τ_{sw}) foi obtida conforme Allen et al. (2007), em função da pressão atmosférica e da água precipitável por meio da equação 3:

$$\tau_{sw} = 0,35 + 0,627 \exp[-0,00146P / (Kt \cos Z) - 0,075(W/\cos Z)^{0,4}] \quad (3)$$

Onde: Z é o ângulo zenital solar; Kt é o coeficiente de turbidez da atmosfera ($Kt = 1$, para céu claro e limpo); P é a pressão atmosférica (kPa); e W é a água precipitável (mm), calculadas conforme Garrison & Adler (1990), pela equação 4:

$$P = 101,3(T_a - 0,0065h) / T_a \text{ e } W = 0,14eaP + 2,10 \quad (4)$$

Em que: T_a é a temperatura do ar (Kelvin); h (m) é a altitude da área em estudo, pelo modelo digital de elevação (MDE); e ea é a pressão atual de vapor de água (kPa), que é função da umidade relativa do ar (%) e pressão de saturação (KPa) à temperatura do ar.

O albedo da superfície (α) ou albedo corrigido dos efeitos atmosféricos foi obtido pela equação 5 (Bastiaanssen et al., 1998):

$$\alpha = (\alpha_{toa} - \alpha_p) / \tau_{sw}^2 \quad (5)$$

Onde: α_{toa} é o albedo planetário; α_p é a refletância atmosférica, considerada nesta pesquisa igual a 0,03, conforme Bastiaanssen (2000); e τ_{sw} é a transmitância atmosférica.

No equacionamento do NDVI utilizou-se o algoritmo padrão onde são consideradas as bandas 3 e 4 do satélite Landsat 5, aplicado diretamente sobre cada par de pixels das bandas, nas faixas do espectro eletromagnético correspondentes ao vermelho visível (V) e do infravermelho próximo (IVP), produzindo um valor pertencente ao intervalo [-1, 1].

O NDVI permite a detecção de mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e atividades da vegetação, possibilitando o perfil temporal de crescimento e pico de verde. Apresenta uma variação entre -1 e +1, sendo que, em superfícies com vegetação verde, os valores variam de 0 a 1 e, na água ou nuvens, os valores predominam menores que zero (Rouse et al., 1973) (Equação 6):

$$NDVI = \frac{\rho_{IVp} - \rho_V}{\rho_{IVp} + \rho_V} \quad (6)$$

Para a determinação do IAF, definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação (m²/m²), utilizou-se a equação proposta por Allen et al. (2002) (Equação 7):

$$IAF = -\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right) \cdot 0,91 \quad (7)$$

Após o cálculo da radiação de onda curta incidente (ROC,INC) e da radiação de onda longa incidente (ROL,INC), ambas em W m⁻², foi calculado o saldo de radiação à superfície (R_n) (Wm²) utilizando-se a seguinte equação do balanço de radiação à superfície (Equação 8):

$$R_n = ROC,INC \cdot (1 - \alpha) - ROL,EMI + ROL,INC - (1 - \epsilon_0) \cdot ROL,INC \quad (8)$$

Onde: ROC,INC = radiação de onda curta incidente (W m⁻²); ROL,INC = radiação de onda longa incidente (W m⁻²); ROL,EMI = radiação de onda longa emitida pela superfície (W m⁻²); α = albedo da superfície (%); ϵ_0 = emissividade no domínio da banda larga de cada pixel.

A partir das equações acima, obteve-se as informações para desenvolvimento da pesquisa.

3. Resultados e Discussão

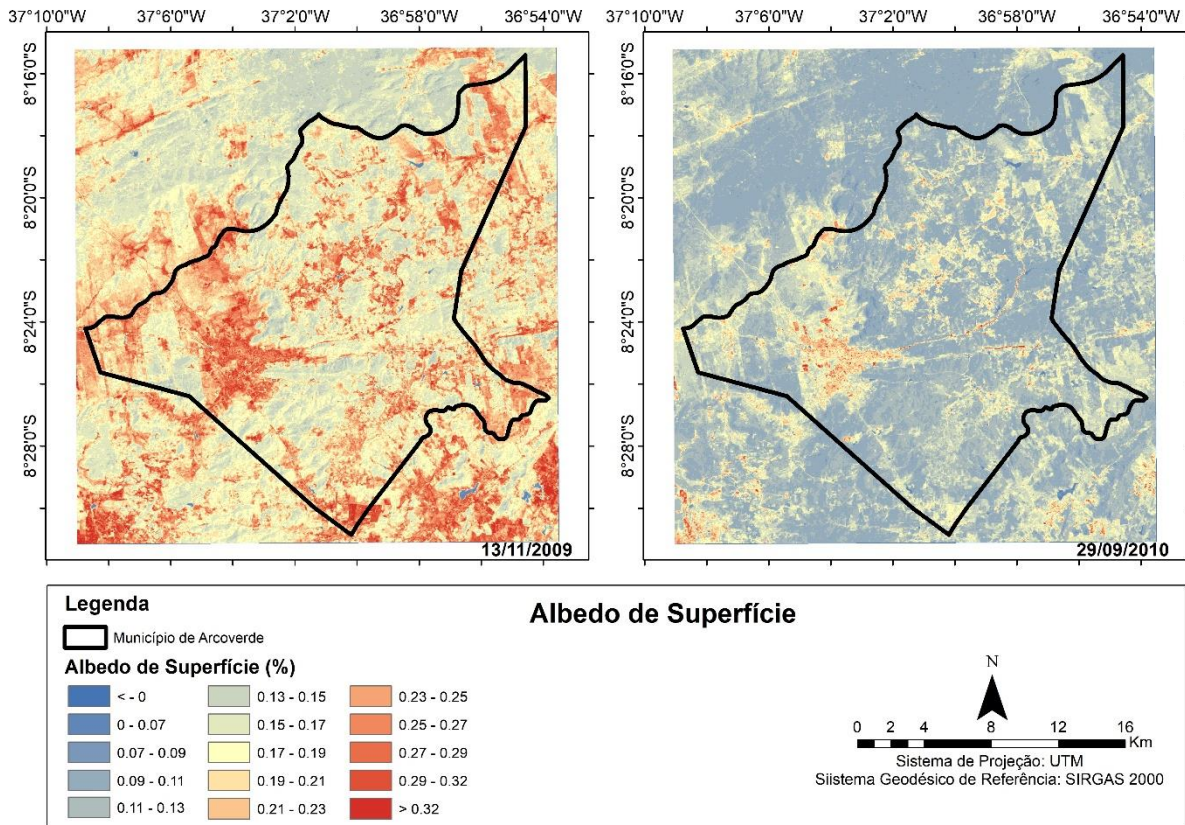
A carta-imagem referente ao albedo de superfície (Figura 4) permite observar uma grande variação nesse parâmetro entre os dois anos analisados. Valores altos de albedo podem identificar superfícies mais lisas, secas e de coloração clara, e os valores mais baixos são associados a superfícies rugosas, úmidas e de coloração escura (LOPES et al., 2007). Por sua vez, Querino et al. (2006) encontraram valores médios anuais de albedo de 13% para regiões de floresta e para pastagens de 18%. Esse comportamento está diretamente relacionado com a ocorrência de maiores volumes pluviométricos nos meses de janeiro a julho, conforme é demonstrado no gráfico 1. A vegetação de caatinga é extremamente sensível às condições climáticas, e por esse motivo, mesmo em intervalos curtos de tempo, pode apresentar grandes variações em seus aspectos biofísicos, como observou (LINS et al., 2017).

Na imagem referente a novembro de 2009, foram observadas diversas áreas com albedo superior à 23%, chegando a superar 34% em algumas localidades. Valores dessa magnitude geralmente são encontrados em áreas de solo exposto e/ou áreas urbanizadas, como observado por (GODOY et al., 2009). A precipitação média no trimestre antecedente à passagem do satélite correspondeu a aproximadamente 145mm. A vegetação de caatinga apresentou grande variação em seus valores, expressando desde valores próximos a 10%, chegando a cerca de 23%. Essa discrepância é decorrente da heterogeneidade da paisagem, onde a influência do relevo e dos usos, pode acentuar as variações meteorológicas.

Em contraponto, na imagem de setembro de 2010, o albedo mostrou-se em geral bem inferior. O acúmulo de chuvas no trimestre antecedente a passagem do satélite correspondeu a aproximadamente 300mm, fazendo com que praticamente a área urbana e seu entorno se destacasse com valores mais elevados de albedo. Ainda assim, os valores nessa área dificilmente ultrapassaram 28%. A maior parte da imagem apresentou

valores abaixo de 18%, sendo o intervalo compreendido entre 10 a 14%, bastante representativo. Este comportamento foi observado também por (LIMA, 2008).

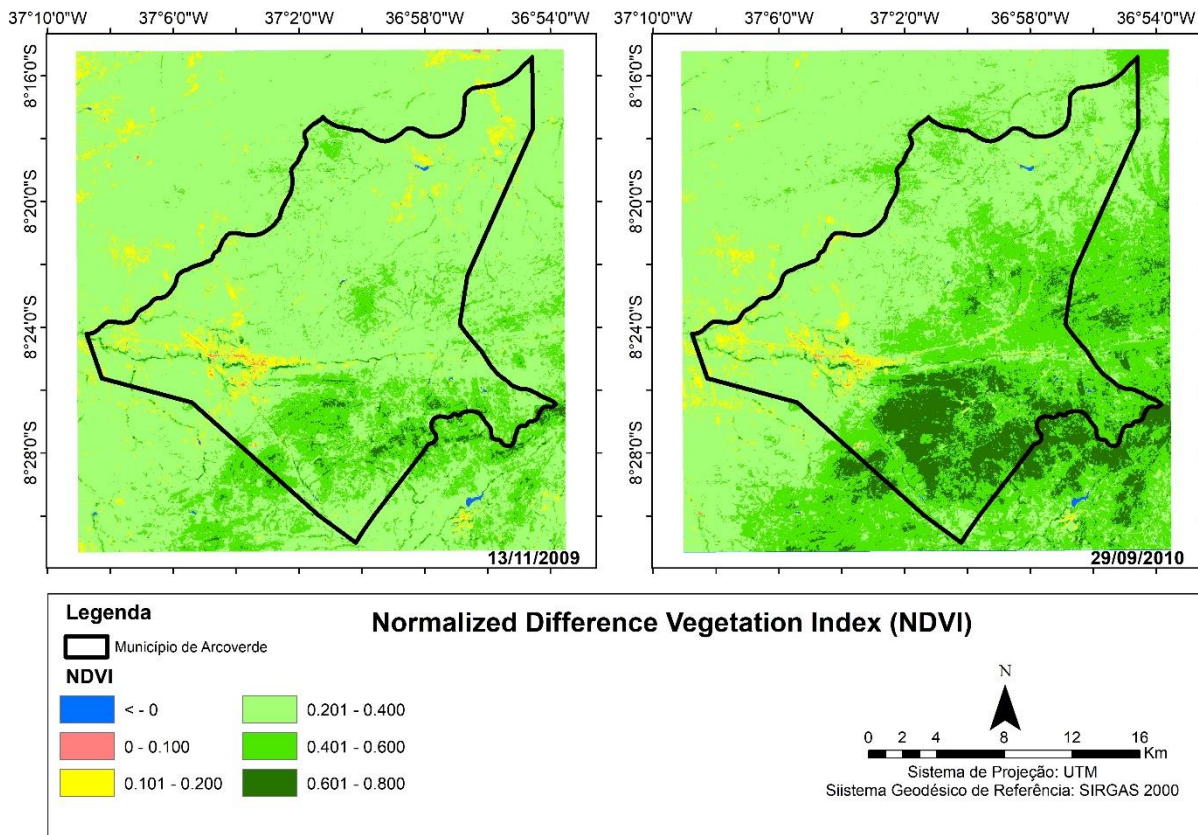
Figura 4 – Albedo de Superfície do município de Arcoverde.



O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), parâmetro que caracteriza de forma muito eficiente o perfil da vegetação também aponta para uma acentuada variação entre as imagens estudadas (Figura 5). O intervalo de valores predominante na imagem de 2009 foi o compreendido entre 0.201 e 0.400. Valores esses associados à uma vegetação sob estresse hídrico, onde esta perde parte de sua folhagem, e por consequência disso, ocorre uma diminuição de sua biomassa. Arraes et al. (2012) encontrou valores semelhantes para áreas de caatinga. Valores entre 0.401 e 0.800, praticamente ficaram restritos às áreas de maiores altitudes. A mancha urbana e áreas de possível solo exposto apresentou valores entre 0 e 0.200, valores coerentes para este tipo de uso do solo, como foi observado por (LINS, 2017).

A imagem de 2010, no entanto, já apresentou considerável aumento em seus valores, sobretudo no intervalo compreendido entre 0.401 e 0.800. Esse comportamento denota um aumento do porte da vegetação arbóreo-arbustiva, assim como uma recuperação da caatinga de menor porte quanto ao ano anterior. Desta forma, é possível observar a acentuada capacidade de regeneração do bioma frente às condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento, de acordo com (MALDONADO, 2004). A área urbana e seu entorno apresentaram comportamento semelhante à imagem anterior, com seus valores variando de 0 a 0.200.

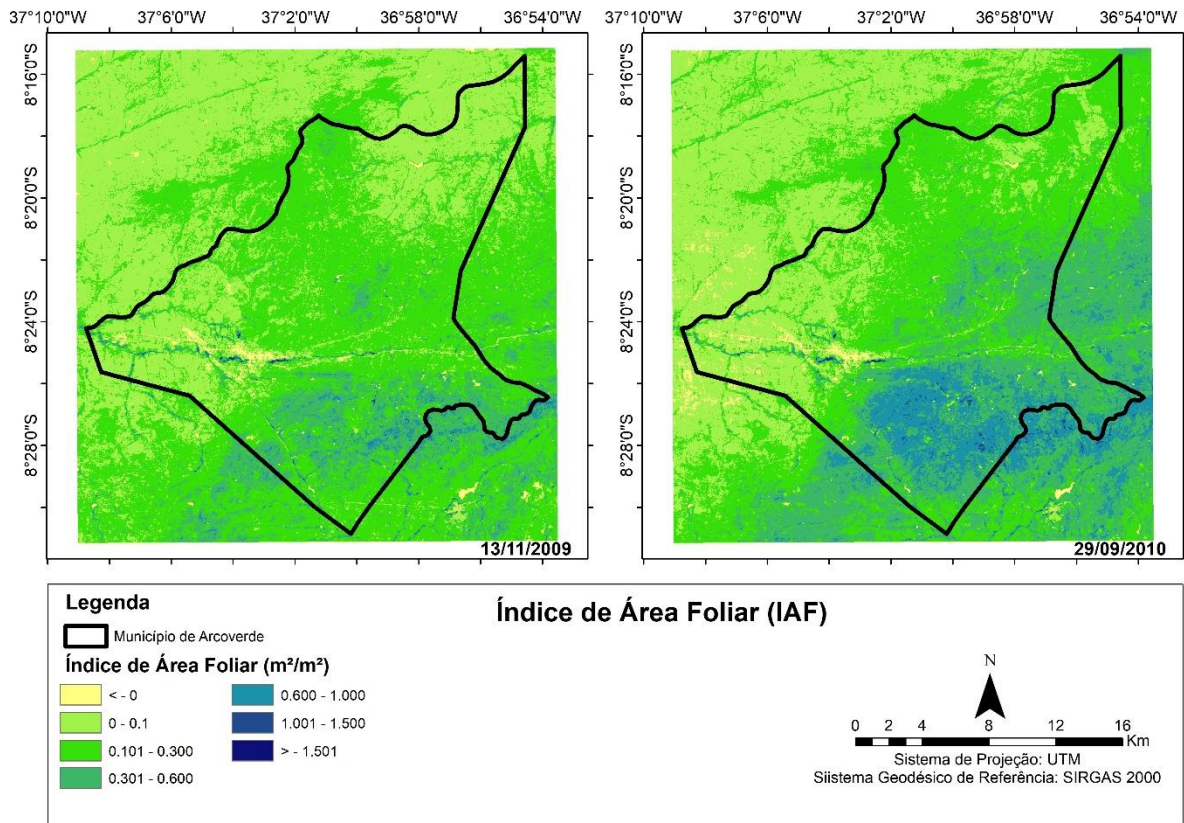
Figura 5 – NDVI do município Arcoverde.



A carta-imagem (Figura 6), do índice de área foliar (IAF) reforça o impacto que a precipitação tem na vegetação. Na imagem do ano de 2009, o índice em sua predominância apresentou valores entre 0 e 0.300 m^2/m^2 de proporção de área vegetada. Valores esses considerados baixos e referentes à uma área com reduzida cobertura vegetal, baixo conteúdo hídrico e biomassa. Ribeiro et al. (2016) encontrou valores semelhantes a estudar o comportamento da vegetação de caatinga na bacia do rio Pajeú. As áreas com valores entre 0.301 à 0.600 e 0.601 à 1000 m^2/m^2 e até mesmo acima disso, se reduzem basicamente às áreas de encostas mais elevadas, e mata ciliar ao entorno do curso hídrico que corta a área urbana do município, comportamento semelhante também encontrado por Ribeiro et al. (2016). A área urbana e áreas de solo exposto, como esperado apresentou valores próximos à 0, se mostrando coerente com o observado por Ramos et al. (2011).

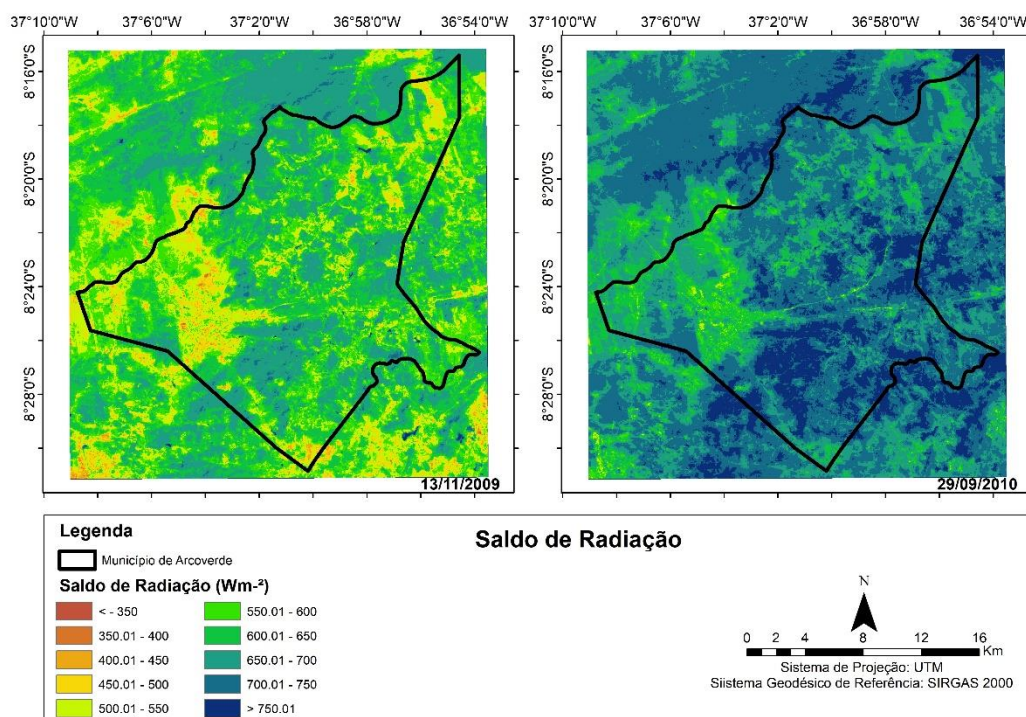
A imagem de 2010 já apresenta considerável aumento nos valores do índice. As áreas com valores entre 0.301 a 0.600 e 0.601 a 1000 m^2/m^2 obtiveram considerável expansão na região. Áreas com valores variáveis entre o intervalo de 0.101 e 0.300 m^2/m^2 avançaram sobre as localidades ao norte e nordeste do município onde anteriormente tais regiões se encontravam com valores entre 0 e 0.100 m^2/m^2 . A área urbana praticamente não apresentou mudança.

Figura 6 – Índice de área foliar do município de Arcoverde.



A carta-imagem referente ao saldo de radiação (Figura 7) destaca a grande variação que a maior umidade exerceu neste parâmetro. As classes que apresentam maiores valores de saldo, e consequentemente têm maior proporção de troca de massa com a atmosfera são as que possuem maiores conteúdos hídricos, pois estas fornecem mais energia para os processos de evapotranspiração, aquecimento do ar e do solo, assim como a fotossíntese (Oliveira, 2012). Na imagem de 2009 valores acima de 750 W m^{-2} são referentes apenas à corpos hídricos, semelhante aos valores encontrados por Andrade (2008), que observou valores também em torno de 750 W m^{-2} para o lago da represa de Sobradinho nos anos de 2000 e 2001.

Figura 7 – Saldo de radiação do município de Arcoverde.



Os valores predominantes na imagem compreendem o intervalo entre 500.01 a 700.0 $W m^{-2}$. Lopes et al. (2014) encontrou valores médios de 626,1 $W m^{-2}$ para áreas de caatinga. A área urbana apresentou valores entre 400 e 550 $W m^{-2}$, semelhante ao padrão encontrado Lins et al. (2017), que também para o município de Arcoverde-PE, com imagens do sensor OLI/TIRS à bordo do Landsat 8 observou valores de saldo para áreas antropizadas em torno de 435 à 500 $W m^{-2}$. Valores abaixo disso ocorrem de forma pontual e podem ser referentes à bancos de areia e/ou afloramentos rochosos.

A imagem de 2010, no entanto, mostrou grande variação nos valores médios do saldo de radiação. Valores acima de 650 $W m^{-2}$ passaram a ser predominantes. O fato da maior disponibilidade hídrica causada pela ocorrência de chuvas no trimestre anterior a da imagem propiciou a concentração de umidade capturada pela vegetação, e possibilitou um maior fluxo energético entre a superfície e a atmosfera. Na área urbana, foram observados valores próximos à 550 $W m^{-2}$, sendo os mais baixos para a imagem.

4. Conclusão

A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto permitiu a identificação das diferenças nos padrões espaciais e temporais da cobertura vegetal do município de Arcoverde – PE, predizendo diante das análises a necessidade de se ter um planejamento ambiental e maior atenção a esta área que está inserida no bioma da caatinga, pois o mesmo já é sensível às variações meteorológicas, podendo assim, favorecer processos de degradação em caso de gestão ineficiente do espaço. As técnicas aplicadas mostram-se eficientes na estimativa do padrão de distribuição espaço-temporal de todos os parâmetros para a região, com valores semelhantes aos presentes na literatura para estudos realizados em regiões próximas e/ou em condições similares.

Neste estudo, a análise do comportamento do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e do Índice de Área Foliar (IAF) observada no município de Arcoverde, permitiu concluir que a precipitação

pluviométrica foi identificada como fator de controle decisivo da tendência destes parâmetros, uma vez que condiciona a cobertura da superfície do solo. O albedo de superfície e o saldo de radiação tiveram comportamento similar aos índices de vegetação e os resultados foram semelhantes no estudo realizado por Lins (2017) na estimativa dos parâmetros biofísicos de Arcoverde-PE no período de 2015-2016.

Os mapas gerados (albedo de superfície, saldo de radiação, NDVI e IAF) oferecem dados com potencial de utilização pelas pessoas físicas, poder público, ou até mesmo ONG's que cuidem do planejamento urbano e da formulação de políticas públicas de infraestrutura e de saúde ambiental, de modo a trazer qualidade de vida à população local bem como auxiliar no planejamento ambiental da região.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilização dos dados meteorológicos para realização da pesquisa, e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo fornecimento das imagens do TM-Landsat 5.

6. Referências

APAC-Agência Pernambucana de Águas e Clima. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br>. Acesso em: 5 de julho de 2018.

ARRAES, F. D. D.; ANDRADE, E. M.; SILVA, B. B. Dinâmica do balanço de energia sobre o açude Orós e suas adjacências. **Revista Caatinga**, Mossoró – RN, v. 25, n. 1, p. 119-127, 2012.

ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (Metric) – model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, p.380-394, 2007.

COELHO, I. A. M.; DUARTE, S. M. A.; COELHO, O. A. M. Estudo da dinâmica da cobertura vegetal no município de Floresta/PE através de processamento digital de imagens. **Revista GEAMA**, Recife, v.2, n.1, p. 7-24, 2015.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Arcoverde**, Estado de Pernambuco. Recife – PE: CPRM/PRODEEM, 2005. 23 p.

FERREIRA, M.E.; ANDRADE, L. R. M.; SANO, E.E; CARVALHO, A. M. Uso de processadores de imagens digitais na avaliação da taxa de cobertura do solo. **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIENCIA DO SOLO**, 28., 2001, Londrina. Ciência do solo: Fator de produtividade competitiva com sustentabilidade.

GODOY, L. B; BAPTISTA, G. M. M; ALMEIDA, T. Relação entre vegetação e temperatura de superfície nos parques urbanos do Distrito Federal, por meio de dados ASTER. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009. Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 699 – 705, 2009.

GOMES, H. F., SILVA, B. B. da, CAVALCANTI, E. P., ROCHA, H. R. Balanço de radiação em diferentes biomas no estado de São Paulo mediante imagens Landsat 5. **Geociências**, v.28, p.153-164, 2009.

HOPPE, P.; ULBRICHT, K. A. **Application of digital image processing module of Landsat scenes for their improved Nd geological evolution**. In: Earth observation from space Nd management of planetary resource. Paris, European Space Agency, p.237-241, 1978.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo do Município de Arcoverde – PE**. Arcoverde: 2008. 8p.

LIMA, R. C. **Identificação das ilhas de calor na cidade de Campo Grande/MS utilizando o sensoriamento remoto**. 2008, 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia Bacharelado) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2008.

LOPES, P.M.O.; VALERIANO, D.M. validação do albedo de superfície terrestre obtido dos dados do sensor MODIS em regiões montanhosas. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, Brasil, INPE, p. 2805-2812. 2007.

LINS, F. A. C.; ARAÚJO, D. C. dos S.; SILVA, J. L. B. da; LOPES, P. M. O.; OLIVEIRA, J. D. A.; SILVA, A. T. C. S. G. Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido pernambucano utilizando sensoriamento remoto. **Revista Irriga & Inovagri**. Botucatu-SP, Edição especial, p.64-75, 2017.

MALDONADO, F.D. **Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia para detecção de mudança na cobertura vegetal do semiárido**. 2004. 313p. Tese (Doutorado em sensoriamento remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. 2004.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 160 p, 2012.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A; DEERING, D. W. 1974. “Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS”, Proceedings, Thrid Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt: NASA SP-351, pp. 3010-3017.

RAMOS, R,R,D.; LOPES, H.L.; FREIRE, M.S.; SOBRAL, M.C.; MONTENEGRO, S.M.L.; ACCIOLY, L.J.O.; **Determinação de variáveis biofísicas na bacia do rio Pajeú - Pernambuco, Brasil**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1449.

RIBEIRO, E. P.; NÓBREGA, R.S.; FILHO, F.O.M.; MOREIRA, E.B.M.; **Estimativa dos índices de vegetação na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. Geosul, Florianópolis, v. 31, n. 62, p 59-92, jul./ago. 2016.