



MAPEAMENTO DE SOLO EXPOSTO EM ÁREA SUSCETÍVEL À DESERTIFICAÇÃO EM PERNAMBUCO, BRASIL

*Mapping Exposed soil in Susceptible to Desertification
Area in Pernambuco, Brazil*

**Deivide Benicio Soares, Ranyére Silva Nóbrega &
Fernando de Oliveira Mota Filho**

**Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Centro de Filosofia e Ciências Humanas**

Rua. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife – PE. CEP: 50740-467, Brasil
deividebenicio@yahoo.com.br, ranyere.nobrega@ufpe.br, fmotafilho@gmail.com

*Recebido em 12 de Setembro, 2016/ Aceito em 27 de Agosto, 2017
Received on September 12, 2016/ Accepted on August 27, 2017*

RESUMO

Desde a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação em 1977, em Nairóbi, no Quênia, os indicadores de desertificação constituem tema de estudos e discussões tanto no meio científico quanto técnico representando entidades governamentais e não-governamentais. Dentre os indicadores de desertificação estão aqueles categorizados como abióticos, representados pelos aspectos climáticos, edáficos e hídricos. Neste contexto o objetivo deste trabalho é identificar o percentual de solo exposto na bacia do Pajeú, maior bacia hidrográfica do Estado de Pernambuco, totalmente inserida na região semiárida, suscetível à desertificação. O solo exposto foi identificado fazendo-se uso da técnica de geração de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) a partir de imagens do satélite ResourceSat-2 e posterior classificação supervisionada. Um mapa temático foi obtido indicando que a classe solo exposto ocupa 1,26% da bacia, enquanto que 20,61% da sua superfície está coberta por vegetação rasteira, pastagens e área urbana; 63,57% possui cobertura de caatinga aberta e; 14,48%, por vegetação densa e culturas irrigadas e de vazante. As principais manchas de solo exposto estão concentradas em áreas utilizadas para práticas agrícolas e pecuárias.

Palavras-chave: Semiárido, Sensoriamento Remoto, Uso e Cobertura da Terra.

ABSTRACT

Since the United Nations Conference on Desertification in Nairobi, Kenya, in 1977, desertification indicators have been the subject of studies and discussions in both scientific and technical circles, representing government and non-governmental entities. Among the indicators of desertification are those categorized as abiotic, represented by climatic, edaphic and water aspects. In this context, the objective of this work is to identify the percentage of soil exposed in the Pajeú basin, the largest river basin in Pernambuco, totally inserted in the semiarid region, susceptible to desertification. The soil exposed was identified using the technique of generation of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from images of the satellite ResourceSat-2 and subsequent supervised classification. A thematic map was obtained indicating that the exposed soil class occupies 1.26% of the basin, while 20.61% of its surface is covered by undergrowth, pasture and urban area; 63.57% have open caatinga cover and; 14.48%, by dense vegetation and irrigated and effluent crops. The main exposed soil patches are concentrated in areas used for agricultural and livestock practices.

Keywords: Semiarid, Remote Sensing, Land Use and Land Cover.

1. INTRODUÇÃO

Alguns fatos ocorridos no século XX despertaram a atenção da comunidade científica (e política) internacional para as terras secas, que ocupam cerca de 1/3 da superfície emersa do planeta e abriga 25% da população mundial (ADEEL *et al.*, 2005).

Entre as décadas de 1920 e 1930 foi registrada uma longa e severa seca nos Estados Unidos da América com nove anos de duração. Desenvolveu-se, ali, uma situação catastrófica, tendo em vista a degradação ambiental já em curso, provocada por algumas atividades humanas como o desmatamento e o uso intensivo do solo.

Mais tarde, a região do Sahel, ao sul do deserto do Saara, no continente africano, foi atingida por uma seca entre os anos de 1968 e 1973, que resultou em graves consequências ambientais e humanas. A região era habitada por cerca de seis milhões de pessoas e havia um rebanho bovino estimado em 25 milhões de cabeças, das quais ao menos 40% pereceram, vitimadas pela fome.

Acreditava-se que devido à ação antrópica impactante e aos efeitos de possíveis alterações climáticas os desertos estariam se expandindo. Daí surge o primeiro conceito de desertificação, que estaria atrelado ao surgimento, ou formação de desertos. Na atualidade não se aceita este conceito, e a desertificação passou a ser entendida como a degradação das terras secas, como afirmou Rodrigues (1992) “desertificação não é a formação de desertos, mas sim a destruição deles”.

O tema da desertificação constituiu uma importante pauta na Conferência do Meio Ambiente realizada em 1972 na cidade de Estocolmo, na Suécia, e em 1977 foi realizada uma Conferência Mundial sobre Desertificação na cidade de Nairóbi, no Quênia. Em 1997. O assunto voltou a ser amplamente discutido na Conferência do Meio Ambiente que ocorreu na cidade do Rio de Janeiro, no Brasil, em 1992. Em 1994 foi elaborada a “Convenção Internacional de Luta contra a Desertificação em Países Afetados por Seca Grave ou Desertificação, em particular na África”, ou simplesmente Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD).

Apesar de o tema da desertificação ser estudado em âmbito internacional desde a década de 1970, o consenso sobre o assunto ainda é

muito pequeno, especialmente quando se trata da definição dos indicadores de desertificação. Matallo Júnior (2001) afirma que isso ocorre porque o conceito de desertificação não respeita as disciplinas tradicionais da ciência, constituindo-se um conceito essencialmente transdisciplinar, em função das suas múltiplas causas e efeitos, o que força uma necessária, porém difícil, integração entre diferentes áreas e disciplinas científicas.

Em trabalho pioneiro no Brasil, Vasconcelos Sobrinho (1978) apresentou um manual de indicadores de desertificação no texto intitulado “Metodologia para identificação de processos de desertificação”. Nessa publicação, o autor reuniu os indicadores de desertificação que foram consensuados no Seminário sobre Desertificação e na Conferência das Nações Unidas sobre o mesmo tema, realizados em Nairóbi, no ano de 1977. Segundo esse autor, o propósito deste Seminário foi, justamente, a definição de uma série integrada de indicadores críticos (físicos, biológico-agrícolas e sociais) que serviriam para o diagnóstico da desertificação e contribuiriam para a execução de programas corretivos.

Desde então, os indicadores de desertificação continuaram a ser tema de estudos e discussões tanto no meio científico, quanto no meio técnico, representado pelas entidades governamentais.

Abraham e Beekman (2006) destacam que no início da década de 1990 um grupo de pesquisadores e ONGs do Brasil, Argentina, Chile, Peru e Bolívia, coordenados pela Fundação Esquel, desenvolveram um projeto com o objetivo de elaborar uma metodologia unificada para avaliação e monitoramento da desertificação na América Latina, apoiados desde o início pelo Programa Regional para América Latina e Caribe da Convenção das Nações Unidas de Luta contra a Desertificação e a Seca (UNCCD). Ainda segundo Abraham e Beekman (2006), merece destaque na América Latina o trabalho percussor deste grupo, com o desenvolvimento de estudos nas regiões áridas e semiáridas, em especial na obtenção de indicadores de desertificação.

Em 2001, se iniciaram as atividades do Programa de Luta Contra a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na América do Sul, com a participação de seis países: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Equador e Peru. Este

programa motivou a elaboração dos Programas de Ação Nacionais (PAN) e promoveu avanços nos temas prioritários estabelecidos pela Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas de Luta contra a Desertificação e a Seca, dentre eles, a harmonização e aplicação dos indicadores de desertificação existentes.

Os indicadores de desertificação discutidos em oficinas realizadas nos seis países participantes do Programa de Luta Contra a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na América do Sul foram analisados e submetidos a um processo de seleção para consolidar o conjunto unificado de indicadores adotados pelo Programa (ABRAHAM, 2006). Os indicadores de desertificação foram organizados em quatro grandes grupos: indicadores abióticos (relacionados ao clima, água e solo), indicadores bióticos (flora e fauna), indicadores sociais e econômicos, e indicadores institucionais e organizacionais.

O percentual de solo exposto figura entre os indicadores edáficos, e sua identificação se faz necessária para conhecimento das áreas degradadas nas terras suscetíveis à desertificação.

No intuito de contribuir para a identificação de áreas degradadas no Estado de Pernambuco, esse trabalho teve como objetivo o mapeamento do solo exposto na bacia hidrográfica do Pajeú, a maior bacia pernambucana, totalmente inserida na região semiárida, suscetível à desertificação.

2. METODOLOGIA

Alguns procedimentos técnicos computacionais foram realizados para obtenção da identificação das áreas com solo exposto, os quais serão aqui narrados, apresentando-se, primeiramente, uma breve caracterização da área de estudo.

2.1 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Pajeú (Figura 1) é a maior bacia de Pernambuco, com uma área de 16.838 km², que corresponde a 17,02% da área do Estado (PERNAMBUCO, 1998). Esta bacia integra a Unidade de Planejamento Hídrico UP9, estando localizada entre as coordenadas 7°6'20" e 8°56'01" de latitude sul e 36°59'00" e 38°57'45" de longitude oeste.

No contexto das áreas suscetíveis à desertificação (ASDs) do estado de Pernambuco,

a bacia do Pajeú está totalmente inserida na região semiárida. A bacia do Pajeú está, ainda, parcialmente inserida no Núcleo de Desertificação de Cabrobó. Uma parcela de suas terras foi classificada como "gravemente afetada por desertificação" pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL, 2007).

2.2 Dados e Procedimentos

Para identificação do percentual de solo exposto na Bacia do Pajeú foram adotados, basicamente, dois procedimentos: estimativa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e posterior classificação supervisionada a partir dos valores do NDVI. Antes de descrever estes procedimentos, porém, faz-se necessário trazer algumas informações sobre a imagem orbital utilizada no estudo.

Utilizou-se uma imagem do satélite ResourceSat-2, do instrumento (câmera) AWiFS, órbita/ponto 334/083, com data e hora de passagem em 08/06/2016 às 16h14, adquirida gratuitamente na página da internet do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O sensor AWiFS do ResourceSat-2 tem resolução espacial de 56m (nadir) e sua largura de faixa de imageamento é de 740km, o que garantiu a cobertura de toda a extensão da bacia (16.838 km²) em uma única cena, como pode ser observado na Figura 2.

As imagens do sensor AWiFS possuem quatro bandas espectrais: a banda 2 (*green*), 0.52-0.59µm; a banda 3 (*red*), 0.62-0.68µm; a banda 4 (*NIR* – infravermelho próximo), 0.77-0.86µm e; a banda 5 (*SWIR* – infravermelho de ondas curtas), 1.55-1.70µm. A formulação do NDVI, de interesse ao presente estudo, emprega somente as bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo.

A data da imagem constituiu outro critério importante. Durante o período chuvoso a caatinga apresenta uma densa cobertura de folhagem e forrageiras, o que dificulta a identificação de áreas com solo exposto. Já no período seco há uma brusca redução da quantidade de folhas e de forragem, fato que também altera a resposta do NDVI e dificulta a identificação de áreas com solo efetivamente exposto. Por isso, buscou-se uma imagem do mês de junho, imediatamente após o término do período chuvoso, que na bacia do Pajeú está compreendido entre fevereiro a maio.

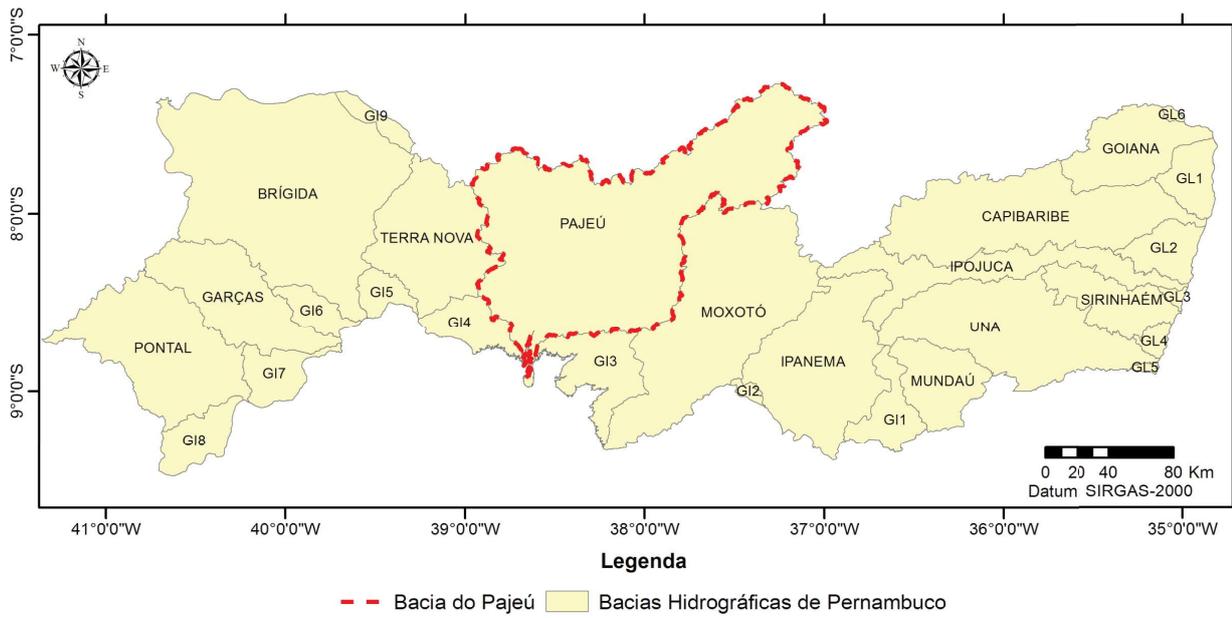


Fig. 1 – Localização da área de estudo.

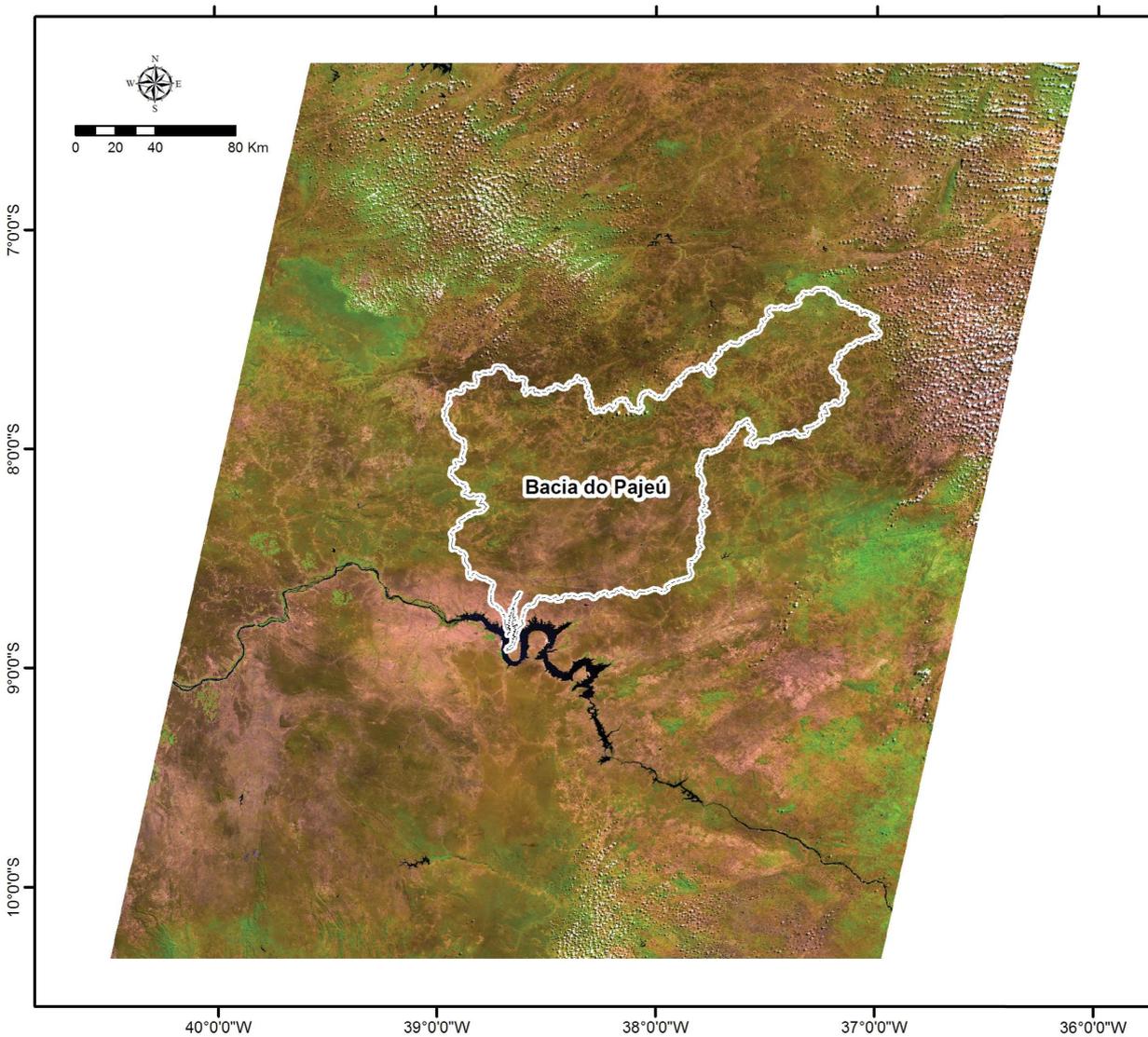


Fig. 2 – Imagem utilizada para geração do NDVI na bacia do Pajeú.

De posse da imagem, utilizou-se o *software ArcGIS 10.3* para geração automática do NDVI. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, NDVI, do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*, é um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação que varia entre -1 e +1. Os valores negativos representam corpos hídricos e nuvens, e os valores próximos de 0 (zero) representam o solo exposto. Quanto mais alto o NDVI, mais representativa é a vegetação. Assim, o NDVI é obtido pela razão entre a diferença das refletividades das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED) e a soma das mesmas como expressa a equação:

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

Após gerar o NDVI, foi realizada a classificação supervisionada desta imagem. Com o auxílio da imagem bruta e da visualização das imagens disponíveis no *software Google*

Earth verificou-se o intervalo dos valores correspondentes a cinco principais classes: os pixels com valores de NDVI abaixo de 0,1 foram classificados como corpos d'água; entre 0,1 e 0,2 foram agrupados na classe de solo exposto; entre 0,2 e 0,3 estão os pixels de áreas com cobertura de vegetação rasteira, pastagens e cobertura urbana; entre 0,3 e 0,5 foram classificados como caatinga aberta e; acima de 0,5 são os valores dos pixels de áreas de caatinga densa.

O processo de classificação supervisionada também foi realizado no *ArcGIS 10.3*, e o produto gerado serviu para identificação das áreas com solo exposto na bacia do Pajeú.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre as classes de cobertura do solo identificadas e apresentadas na Figura 3, a classe do solo exposto, com valores de NDVI entre 0,1 e 0,2, é a que possui o segundo menor percentual na bacia do Pajeú, com 1,26% de sua superfície, acima, apenas, do percentual ocupado pelos corpos hídricos (0,07%), como pode ser observado na Tabela 1.

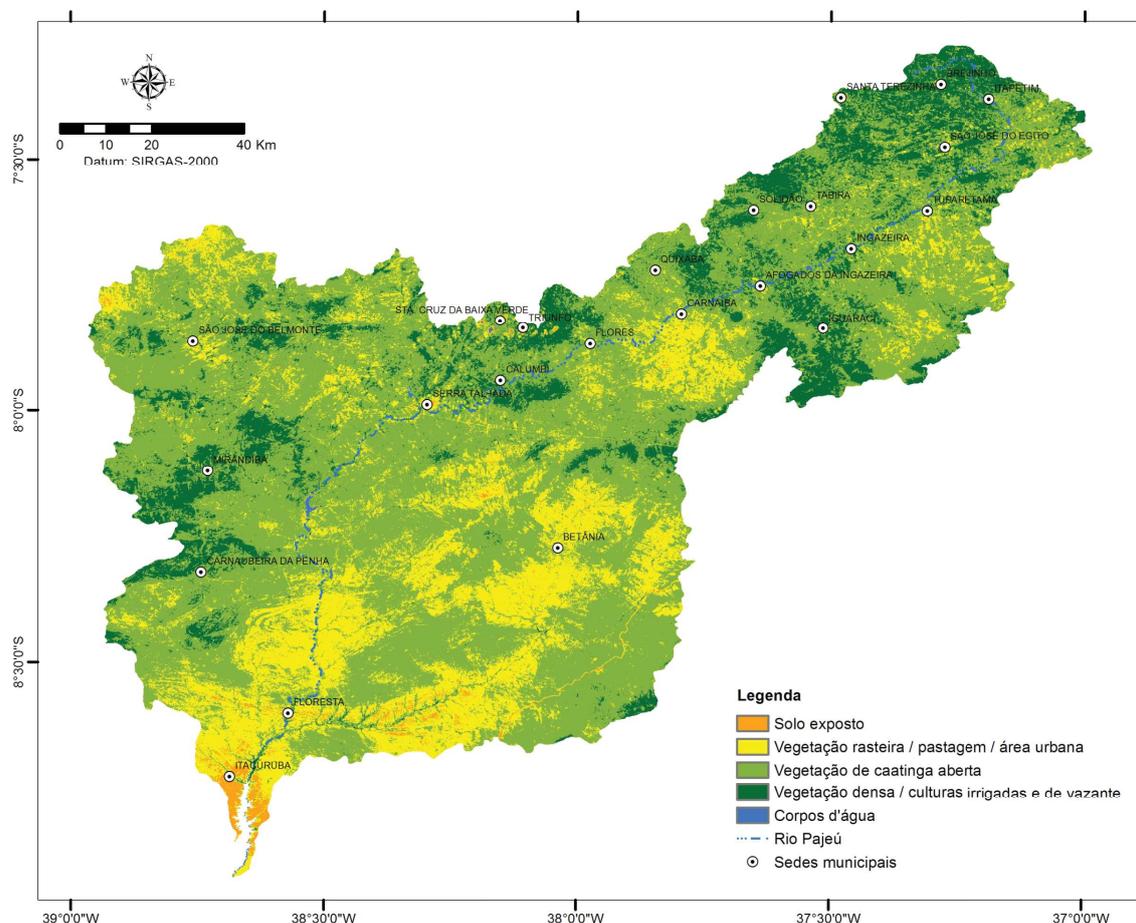


Fig. 3 – Classes de cobertura do solo identificadas a partir do NDVI na bacia do Pajeú.

Tabela 1: Identificação do NDVI e percentual ocupado na bacia do Pajeú por cada classe de cobertura do solo

Classe de cobertura do solo	Valor do NDVI	Percentual na bacia do Pajeú
Corpos d'água	Abaixo de 0,1	0,07%
Solo exposto	0,1 < NDVI < 0,2	1,26%
Vegetação rasteira / pastagem / área urbana	0,2 < NDVI < 0,3	20,61%
Vegetação de caatinga aberta	0,3 < NDVI < 0,5	63,57%
Vegetação densa / culturas irrigadas e de vazante	Acima de 0,5	14,48%

Com valores de NDVI entre 0,2 e 0,3 foram identificadas as feições de vegetação rasteira, pastagem e área urbana, as quais recobrem 20,61% da bacia. Neste grupo de feições que constitui uma mesma classe a partir dos valores de NDVI, a cobertura urbana é a menos expressiva, devido aos modestos tamanhos das sedes municipais e das sedes distritais na bacia do Pajeú. Optou-se por distinguir, na denominação desta classe, a pastagem da feição de vegetação rasteira pois, ainda que a pastagem no semiárido brasileiro geralmente seja composta por pasto natural, há uma alteração antrópica da paisagem através de um processo conhecido por raleamento da caatinga, no qual são retiradas algumas espécies arbustivas e arbóreas para proliferação de forrageiras.

Confrontando-se os resultados dos percentuais de solo exposto e da classe que reúne a vegetação rasteira, pastagem e área urbana, surge uma questão que exige reflexão: o que pode ser considerado solo exposto em ambiente de caatinga? Aqui neste trabalho a resposta é dada de forma muito simplificada, objetiva e prática baseada na metodologia apresentada: são consideradas áreas de solo exposto os pixels da imagem com valores de NDVI entre 0,1 e 0,2. Mas isso não encerra a questão.

A imagem de satélite utilizada tem resolução espacial de 56m, ou seja, cada pixel da imagem equivale a 3.136m², cerca de um terço de um hectare. De forma generalizada, pode-se afirmar que o valor do NDVI corresponde à média do pixel. Assim, é possível que dentro da classe do NDVI entre 0,2 e 0,3 – que engloba a vegetação rasteira, pastagem e área urbana – haja áreas de solo exposto. Isto também é válido para as outras classes identificadas, pois até mesmo dentre as áreas onde predomina uma vegetação

densa podem existir trechos de solo exposto.

Ainda sobre as áreas de solo exposto, por meio da Figura 3 é possível destacar quatro expressivas áreas: a extremidade sul da bacia, no entorno do lago de Itaparica, Município de Itacuruba; uma faixa latitudinal que cruza a sede urbana de Floresta e se estende para leste no entorno do riacho do Navio; a extremidade noroeste da bacia, à noroeste da sede urbana de São José do Belmonte, já na divisa com o Estado do Ceará e; a região entre os distritos de Logradouro, Tauapiranga e Caiçarinha da Penha, no Município de Serra Talhada, na porção central do mapa, entre a sede urbana de Serra Talhada e a sede urbana de Betânia.

Nas duas primeiras regiões citadas, a existência de áreas com solo exposto aparentemente está relacionada com aspectos naturais.

No trecho sul da bacia praticamente não há moradias, não há estradas, nem delimitações de áreas de cultivo. Esta região possui os menores índices pluviométricos da bacia, e seus solos predominantes são Luvisolos rasos e pedregosos. A combinação dos aspectos edáficos com a escassez hídrica pode ser responsável pela fisionomia vegetal desta região, que se apresenta bastante aberta, com predomínio de arbustos e herbáceas entremeados por áreas de solo exposto.

No município de Floresta o que chama atenção é o fato das áreas com solo exposto estarem situadas exatamente sobre a unidade geológica do Complexo Floresta, cujo aspecto litológico e estrutural, associado aos aspectos edáficos (predominância dos Luvisolos) e climáticos (está situada na porção com os menores índices pluviométricos da bacia), provavelmente também influenciam a fisionomia da vegetação e propicia o surgimento de áreas com solo exposto.

Nos outros trechos citados da bacia onde se evidenciam áreas com solo exposto, na porção noroeste de São José do Belmonte e entre os distritos de Logradouro, Tauapiranga e Caiçarina da Penha, pertencentes ao município de Serra Talhada, a ação antrópica justifica a existência do solo exposto, em função da existência marcante das cercas e delimitações das áreas de cultivo (de sequeiro) e áreas de criatório animal.

Além dos corpos d'água, das áreas de solo exposto e da classe de NDVI que engloba as áreas de vegetação rasteira, pastagem e área urbana, foram identificadas outras duas classes de cobertura do solo a partir dos valores do NDVI: vegetação de caatinga aberta, predominantemente arbustiva, com NDVI entre 0,3 e 0,5, recobrendo cerca de 63,57% da superfície da bacia, e com NDVI acima de 0,5 se apresentam as áreas com vegetação de caatinga densa, predominantemente arbórea, que recobrem cerca de 14,48% da bacia, sendo encontrada, sobretudo, em regiões serranas e no Alto Pajeú.

O percentual de solo exposto aqui encontrado é semelhante aos identificado por Ribeiro *et al.* (2016; 2015), que utilizando imagens MODIS/Terra para os anos de 2003, 2005, 2007, 2012, 2013 e 2014, encontraram para a bacia do Pajeú um percentual médio de 1,97%. Os referidos autores também apontaram a porção sul da bacia como sendo possuidora das mais expressivas áreas de solo exposto, o que levou esses autores a crer que esta região está sob grave processo de degradação. Mesma conclusão foi assinalada por Matos, Candeias e Tavares Júnior (2013), ao constatarem que a porção sul da bacia do Pajeú apresenta os mais altos valores de temperatura da superfície e albedo, bem como os mais baixos valores de NDVI da bacia, o que seria, na visão destes autores, provocado pelo desmatamento.

Freire *et al.* (2011), utilizando imagens TM nas datas 13 e 20/11/2009, nas órbitas/pontos 215, 216/65, 216, 215/66, encontraram na avaliação do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Pajeú solo exposto com ocorrência na porção sul da bacia com média de 0,17 para NDVI, valor semelhante ao encontrado no presente trabalho.

Em trabalhos realizados para outras áreas de caatinga na região Nordeste do Brasil foram

encontrados valores de NDVI semelhantes para a classe do solo exposto. Sá *et al.* (2010) identificaram solo exposto na região do Araripe, em Pernambuco, com valores de NDVI entre -0,05 e 0,11. Nascimento, Lima e Lima (2014) classificaram como solo exposto na sub-bacia do Alto Paraíba, no Estado da Paraíba, áreas com NDVI entre 0,0 a 0,2. Albuquerque *et al.* (2014) em estudo realizado no município de Sousa, na Paraíba, constataram que o NDVI apresentou valores variando entre 0,01 a 0,29 em áreas de solo exposto e vegetação esparsa.

No Parque Nacional da Furna Feia, entre os municípios de Baraúna e Mossoró, no Rio Grande do Norte, Bezerra *et al.* (2014) identificaram solo exposto em áreas com NDVI variando entre 0 e 0,2. Para o Núcleo de Desertificação de Irauçuba, no Ceará, Santos *et al.* (2014) também identificaram os valores de NDVI entre 0 e 0,2 para a classe do solo exposto.

4. CONCLUSÕES

As áreas com solo exposto correspondem a um percentual de 1,26% da sua superfície da bacia do hidrográfica do rio Pajeú. O percentual encontrado para as outras classes foram: 20,61% para a vegetação rasteira, pastagens e área urbana; 63,57% para a caatinga aberta e; 14,48%, para a classe da vegetação densa e culturas irrigadas e de vazante. As principais manchas de solo exposto estão concentradas em áreas utilizadas para práticas agrícolas e pecuárias.

A identificação de apenas um indicador de desertificação não é suficiente para realizar um diagnóstico sobre a desertificação em uma região, mas pode servir para ampliar o conhecimento e identificação de áreas degradadas e o aprimoramento das definições e metodologias que envolvem os indicadores de desertificação, além de subsidiar ações de planejamento e combate à desertificação na região estudada.

O material aqui produzido, portanto, pode servir como ponto de partida para os gestores identificarem áreas para execução de ações de combate à desertificação no semiárido pernambucano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, E. M.; BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Mendoza-Argentina: LaDyOt-IADIZA-CONICET, 2006. 374 p.
- ABRAHAM, E. M. Indicadores de desertificación para Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador y Perú. In: ABRAHAM, E. M.; BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Mendoza-Argentina: LaDyOt-IADIZA-CONICET, 2006. pp. 189-208.
- ADEEL, Z.; SAFRIEL, U.; NIEMEIJER, D.; WHITE, H. **Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre Desertificación** - un informe de la EM (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio). Washington: WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2005. 26 p.
- ALBUQUERQUE, E. M.; ANDRADE, S. C. P.; MORAIS, H. F.; DINIZ, J. M. T.; SANTOS, C. A. C. Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Sousa-PB. **Revista Estudos Geoambientais**, Rio Tinto, n. 01, v. 01, p. 01-11, 2014.
- BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. A.; SILVA, B. B.; LOPES, P. M. O.; SILVA, E. F. F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, n. 1, p. 73-84, 2014.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília, DF, 2007. 134 p.
- FREIRE, M. S.; RAMOS, R. R. D.; LOPES, H. L.; SOBRAL, M. C.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ACCIOLY, L. J. O. Avaliação do uso e cobertura do solo na bacia do Pajeú – Pernambuco. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Curitiba, PR: INPE, p.1403 – 1410, 2011.
- MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001. (Cadernos UNESCO Brasil. Série Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2). 80 p.
- MATOS, R. C. M.; CANDEIAS, A. L. B.; TAVARES JUNIOR, J. R. Mapeamento da vegetação, temperatura e albedo da Bacia hidrográfica do Pajeú com imagens Modis. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65, v. 1, p. 139 – 160, 2013.
- NASCIMENTO, S. S.; LIMA, E. R. V.; LIMA, P. P. S. Uso do NDVI na análise temporal da degradação da caatinga na sub-bacia do Alto Paraíba. **OKARA: Geografia em debate**, v.8, n.1, p. 72-93, 2014.
- RIBEIRO, E. P.; NOBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. O.; 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.
- RIBEIRO, E. P.; NOBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. O.; MOREIRA, E. B. M. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 32, p. 221-246, 2015.
- RODRIGUES, V. (Org). Avaliação do quadro da Desertificação no nordeste do Brasil: Diagnósticos e perspectivas. In: **Conferência Internacional sobre Impacto das Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Semiáridas**. Fortaleza, 1992. 38 p.
- SÁ, I. I. S.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B; SÁ, I. B. Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Região do Araripe Pernambucana. **Mercator**, v.9, n.19, p. 143-163, 2010.
- SANTOS, E. G.; SANTOS, C. A. C.; BEZERRA, B. G.; NASCIMENTO, F. C. A. Análise de parâmetros ambientais no núcleo de desertificação de Irauçuba - CE usando imagens de satélite. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 05 (Número Especial – VIWMCRHPE), p. 915 – 926, 2014.
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para identificação de processos de desertificação**. Recife: SUDENE-DDL, 1978.