

Eixo Temático ET-04-003 - Recuperação de Áreas Degradadas

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE UMA UNIDADE DE PLANEJAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU

Ingredy Nataly Fernandes Araújo, Karina Patrícia Vieira da Cunha

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mail: ingredynataly@hotmail.com; cunhakpv@yahoo.com.br.

RESUMO

As unidades formadoras de uma paisagem podem ser caracterizadas por meio de informações provenientes do uso e ocupação do solo, pois este reflete as atividades ali desenvolvidas e os possíveis impactos. Atividades antrópicas que promovem a redução da cobertura vegetal ocasionam modificações nas características do solo, prejudicando suas funções ecossistêmicas. Porém, os efeitos negativos da degradação do solo também atingem outros sistemas, principalmente os recursos hídricos. O gerenciamento ambiental requer a compreensão das relações entre as atividades antrópicas e seus efeitos no ambiente, tendo como base o conhecimento das características ambientais locais. Técnicas de geoprocessamento e utilização de imagens de satélite possibilitam a obtenção de informações ambientais e de respostas rápidas e eficazes sobre o padrão de uso e ocupação do solo e suas mudanças ao longo do tempo. Áreas ambientalmente frágeis, como o semiárido brasileiro, necessitam ter seu uso do solo controlado. Sobretudo regiões que possuem reservatórios estratégicos, como é o caso do Armando Ribeiro Gonçalves, que está inserido na Unidade de Planejamento Hidrológico “Médio Piranhas Potiguar”. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar o uso e ocupação do solo do Médio Piranhas Potiguar. Para isso, foi utilizado o *software* QGIS e o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), para realizar classificações supervisionadas do uso e ocupação do solo para os anos de 2002 e 2017, e calculados os percentuais de área de cada classe. A ocupação foi classificada em: água, agricultura, vegetação aberta, vegetação densa e solo exposto. A vegetação é a classe predominante na região, a agricultura é a que teve maior aumento percentual, enquanto a segunda maior alteração foi a redução da água. Este trabalho evidenciou que houve mudanças no uso e ocupação do solo nesse período de 15 anos, e que devido às características ambientais da região, isso pode intensificar a fragilidade ambiental natural, aumentando os processos de degradação ambiental.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo; Bacia hidrográfica; Sistemas de informações geográficas.

INTRODUÇÃO

As unidades formadoras de uma paisagem podem ser caracterizadas por meio de informações provenientes do uso e ocupação do solo, em razão deste ser um elemento fundamental para ações que visam à preservação ambiental, pois retrata as atividades desenvolvidas em uma dada região que podem indicar pressões e impactos sobre áreas naturais (SANTOS, 2004).

As atividades antrópicas relacionadas ao uso e ocupação do solo, geralmente, promovem a redução da cobertura vegetal, modificando as características naturais do solo e comprometendo suas funções ecossistêmicas. O solo exerce funções que influenciam na manutenção da qualidade da água e dos recursos florestais, na produção de alimentos, na regulação do clima, entre outras (DEFRIES et al., 2007; FOLEY et al., 2005; SCHARSICH et al., 2017; XIAO; HU; XIAO, 2016).

Atividades como urbanização, agricultura e pecuária alteram as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, degradando sua qualidade (ISLAM; WEIL, 2000; SALVATI; FERRARA; RANALLI, 2014). Em solos sob esses usos, nota-se: aumento do grau de

compactação do solo, redução da taxa de infiltração, aumento da densidade aparente, diminuição da porosidade, redução da estabilidade de agregados, entre outras modificações (ISLAM; WEIL, 2000).

Porém, esses efeitos não se restringem ao solo. Considerando que ele é um sistema aberto em constante interação com os demais componentes da bacia hidrográfica, os efeitos negativos desse uso diverso alcançam os corpos hídricos e a atmosfera, podendo causar impactos como assoreamento, eutrofização e poluição do ar (MOURI, 2015; NGUYEN et al., 2017). Esses impactos também repercutem sobre o meio socioeconômico, pois afetam a qualidade de vida do homem.

Por isso, é importante o monitoramento do uso e ocupação do solo na avaliação de impactos antropogênicos, bem como, no gerenciamento ambiental. Nesse contexto, técnicas de geoprocessamento, com destaque para os sistemas de informações geográficas (SIGs), se destacam por possibilitar o tratamento dos dados oriundos de sensoriamento remoto, permitindo a obtenção de mapas contendo padrões de uso e ocupação do solo e suas mudanças ao longo do tempo (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

As informações obtidas por sensoriamento remoto possibilitam observar regiões grandes, heterogêneas ou mal acessíveis de forma rápida e eficaz. Sendo as imagens de satélite a principal ferramenta para inferir mudanças no uso e ocupação do solo em todo o mundo (SCHARSICH et al., 2017).

O desenvolvimento de políticas públicas para uma gestão sustentável requer a compreensão das interações entre atividades humanas e o ambiente, para isso, estudos que caracterizem o uso e ocupação do solo de forma espacial e temporal são indispensáveis (MELO NETO; GUIMARÃES; GONZAGA, 2012; NERY et al., 2011).

Considerando as características naturais do semiárido: clima quente e seco, irregularidade de precipitações, solos rasos e susceptíveis à erosão (PEREIRA; DANTAS NETO, 2014), os reservatórios estratégicos existentes nessas áreas devem ter o uso e ocupação do seu entorno monitorado, evitando que o solo atue como fonte difusa de poluição para esses corpos hídricos, diminuindo ainda mais a oferta hídrica em termos quantitativos e qualitativos.

Nesse contexto, destaca-se o Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves. Localizado no semiárido nordestino, é o maior reservatório do Rio Grande do Norte e está inserido na unidade de planejamento hidrológico “Médio Piranhas Potiguar”. Este manancial é utilizado para abastecimento público e irrigação e futuramente receberá as águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (ANA, 2016).

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi analisar o uso e ocupação do solo do Médio Piranhas Potiguar. Pois para subsidiar a possível implantação de programas de conservação e/ou recuperação é necessário conhecer a distribuição espacial do uso do solo na região a fim de subsidiar um planejamento sustentável da gestão do território.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo deste trabalho compreende a região do Médio Piranhas Potiguar, pertencente à bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, localizada no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil (Figura 1).

A bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu está parcialmente inserida nos Estados da Paraíba (60%) e do Rio Grande do Norte (40%) e ocupa cerca de 15% do território da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental (ANA, 2016).

Para subsidiar a definição de uma área mínima de abrangência para o desenvolvimento de um plano, essa bacia foi subdividida em 11 unidades de planejamento hidrológico – UPHs. Essa subdivisão considera a homogeneidade de fatores geomorfológicos, hidrográficos e hidrológicos, tendo como critérios a hidrografia, a presença de reservatórios de grande porte e de unidades de gestão adotadas pelos Estados (ANA, 2016).

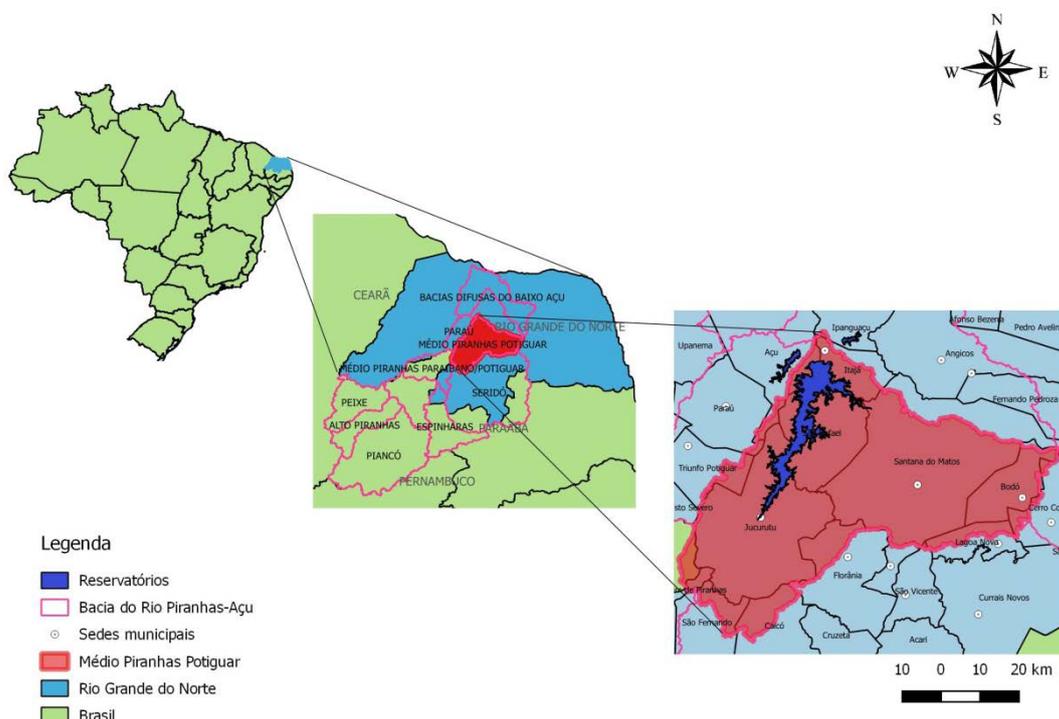


Figura 1. Localização do Médio Piranhas Potiguar. **Fonte:** Base cartográfica – ANA; IBGE; elaborado pelo autor.

A unidade de planejamento hidrológico (UPH) Médio Piranhas Potiguar (MPP) possui uma área de 3536 km², o que corresponde a 8,1% da bacia Piancó-Piranhas-Açu. Nesse território, estão inseridas áreas de 19 municípios, dos quais cinco apresentam sua sede dentro do MPP (ANA, 2016).

Além disso, no MPP está localizado o reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, o maior açude do estado, cuja capacidade máxima é de 2400 hm³. Também existem outros 197 reservatórios artificiais, sendo metade com área inferior a 10 ha (ANA, 2016).

O clima da região é do tipo BSh, típico do semiárido, caracterizado por ser quente e seco, com escassez e irregularidade de chuvas e taxas de evapotranspiração potencial anual superior a precipitação anual (KOTTEK et al., 2006). A pluviometria varia de aproximadamente 480 mm no extremo leste à 760 mm na porção centro-sul do MPP (ANA, 2016). A caatinga é o bioma predominante, com espécies arbóreo-arbustivas.

Com relação à geologia, essa área é formada basicamente pelo complexo Sertões do Seridó Potiguar (também denominado “Depressão Sertaneja”) e pelo Planalto da Borborema. O primeiro é caracterizado pela topografia plana a levemente ondulada, com presença de rochas gnáissicas. O Planalto da Borborema é caracterizado por um conjunto de terras altas composto por rochas ígneas e metamórficas que se destacam pelo complexo de faixas dobradas e núcleos do embasamento cristalino e pela presença de desnivelamentos topográficos em seus limites (ANGELIM et al., 2006; DINIZ; OLIVEIRA, 2015). Os solos predominantes na região são os Neossolos Litólicos, Luvisolos Crômicos e Planossolos Nátricos (EMBRAPA, 1971; SANTOS et al., 2011)

Aquisição dos dados, processamento das imagens e geração dos mapas temáticos

A classificação do uso e ocupação do solo foi feita a partir de imagens de satélite obtidas no sítio eletrônico do United States Geological Survey (USGS), capturadas nos anos de

2002 e 2017. Os dados das imagens estão apresentados na Tabela 1. Todo o processamento foi realizado no *software* QGIS.

Tabela 1. Dado das imagens de satélite utilizadas para classificação supervisionada do uso e ocupação do solo do Médio Piranhas Potiguar.

| Ano | 2017 | 2002 |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Código | LC82150642017195LGN00 | LE72150642002162AGS01 |
| Satélite | Landsat 8 | Landsat 7 |
| Sensor | OLI/TIRS | ETM+ |
| Data da imagem: | 14/07/2017 | 11/06/2002 |
| Datum | UTM / WGS 84 24S | UTM / WGS 84 24S |

Fonte: USGS; elaborado pelo autor.

A seleção desses anos se deu em função da disponibilidade de imagens de qualidade, ou seja, sem interferência de nuvens, e da semelhança entre os regimes pluviométricos anuais, de acordo com os dados da EMPARN, e entre as épocas dos anos das cenas, uma vez que o índice foliar pode apresentar diferentes respostas espectrais em períodos de precipitação distintos, conforme observado por (COELHO et al., 2013). Influenciando, assim, nos resultados da classificação da cobertura do solo.

O processo de classificação supervisionada das imagens (Figura 2) foi executado a partir do complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) no QGIS.

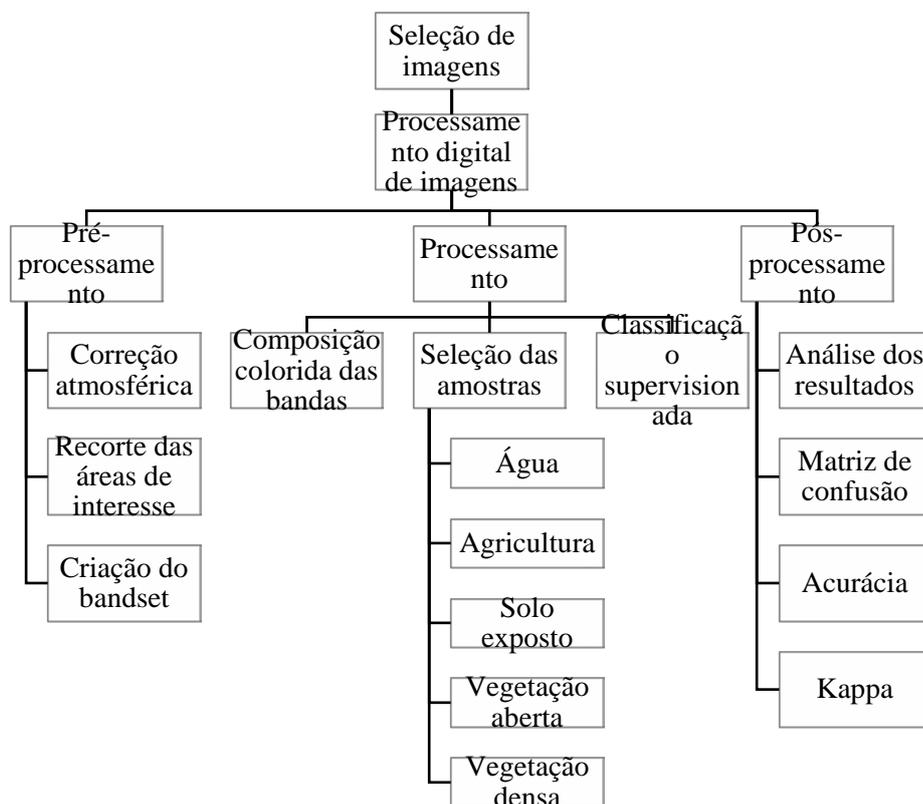


Figura 2. Fluxograma metodológico do processo de classificação supervisionada das imagens
Fonte: elaborado pelo autor.

Primeiramente, foi realizada a correção atmosférica das imagens. O próximo passo foi o recorte da área de interesse, nessa etapa foi utilizada a delimitação obtida no banco de dados do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Depois, foi feita a composição de bandas utilizando-se as bandas espectrais 5(R) 4(G) 3(B), a fim de facilitar a interpretação visual para a coleta das amostras, o *software Google Earth Pro* auxiliou nesse processo.

Foram definidas cinco classes de uso e ocupação do solo, descritas na Tabela 2. Apesar de existirem sedes municipais dentro da área de estudo, o tamanho de suas áreas foi desprezível em relação ao total do MPP, fazendo com que melhores resultados fossem obtidos ao classificá-las como áreas de solo exposto.

Tabela 2. Descrição das classes de uso e ocupação do solo selecionadas para execução da classificação supervisionada de imagens de satélite da região do Médio Piranhas Potiguar.

| Nome da classe | Descrição |
|------------------|---|
| Água | Água continental: corpos d'água naturais e artificiais, tais como: rios, canais, lagos, represas, açudes etc. |
| Agricultura | Área agrícola: terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso. |
| Solo exposto | Área descoberta: áreas sem cobertura vegetal e cobertas por rocha nua exposta. Áreas urbanizadas: áreas correspondentes às cidades e vilas, compreendendo áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e superfícies artificiais. |
| Vegetação aberta | Área campestre: áreas de vegetação com estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. |
| Vegetação densa | Área florestal: áreas com formações arbóreas e presença de Savana Estépica Florestada. |

Fonte: Adaptado de IBGE, 2013.

A etapa de pós-processamento se deu através da geração de uma matriz de confusão para estimativa da acurácia global e do índice de Kappa. Baseado na diferença entre concordância observada e a chance de concordância entre os dados de referência e uma classificação aleatória (CONGALTON; GREEN, 1999), o índice de Kappa estima a qualidade da classificação.

Com isso, foram gerados os mapas temáticos que expressam os resultados das classificações e calculado os percentuais de cada classe de uso do solo em relação à área total.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A elaboração do mapa temático de uso e ocupação do solo permitiu a identificação espacial das principais classes de uso do solo e a mudança temporal dessas num intervalo de 15 anos, ou seja, no período compreendido entre 2002 e 2017 (Figura 3).

Com relação à qualidade das classificações, para a imagem de 2002, a acurácia global obtida foi de 83,73% e o índice de Kappa resultou em 0,77. Já na classificação da imagem de 2017 os resultados foram de 81,78% e 0,76, para a acurácia global e o índice de Kappa, respectivamente. Esses valores classificam a qualidade da classificação como “muito boa” (LANDIS; KOCH, 1977).

A região Médio Piranhas Potiguar possui uma área total de 3536 km², ocupados predominantemente por caatinga. No ano de 2002, a maior parte era de vegetação aberta, enquanto que, atualmente, predomina a vegetação densa. Em seguida, tem-se a área ocupada por solo exposto representando em média 20% do território. A agricultura apesar de ocupar uma área percentual pequena em relação ao total, teve um crescimento significativo, e as áreas ocupadas por água diminuíram (Tabela 3).

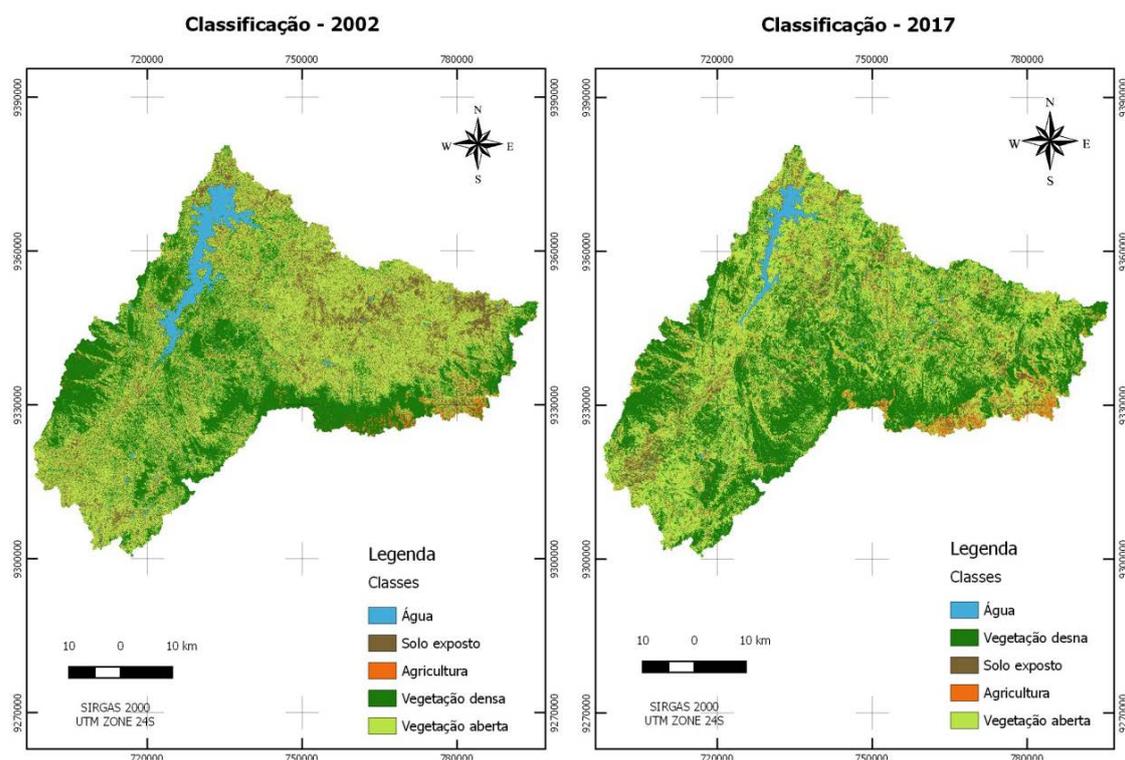


Figura 3. Mapa do uso e ocupação do solo do Médio Piranhas Potiguar, obtido por classificação supervisionada, referente aos anos de 2002 e 2017. **Fonte:** USGS; ANA; elaborado pelo autor.

Tabela 3. Valores das áreas e alteração percentual de cada classe de uso e ocupação identificada no Médio Piranhas Potiguar nos anos de 2002 e 2017

| Classe | 2002 | | 2017 | | Incremento (%) |
|------------------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|----------------|
| | Área (km ²) | Área (%) | Área (km ²) | Área (%) | |
| Água | 138,33 | 3,91 | 69,88 | 1,98 | -49,48 |
| Agricultura | 53,44 | 1,51 | 104,88 | 2,97 | +96,24 |
| Vegetação aberta | 1609,91 | 45,53 | 1151,67 | 32,57 | -28,46 |
| Vegetação densa | 1125,57 | 31,84 | 1440,70 | 40,75 | +28,00 |
| Solo exposto | 608,32 | 17,21 | 768,45 | 21,73 | +26,32 |

Fonte: elaborado pelo autor

A área ocupada por corpos hídricos diminuiu cerca de 50% em relação a 2002. Isso se deve ao fato do semiárido brasileiro apresentar déficit hídrico e altas taxas de evaporação, promovendo variações drásticas nos volumes de água, resultando também no comprometendo da qualidade desses corpos hídricos, intensificando processos de eutrofização (BRAGA et al., 2015). A seca histórica enfrentada na região, que desde 2012 apresenta baixas precipitações (EMPARN, 2017), agrava esses problemas, promovendo a perda da quantidade e qualidade da água.

Com relação à agricultura, a área ocupada por essa atividade praticamente dobrou no período estudado. A atividade está promovendo a substituição da mata nativa por cultivos agrícolas e solo exposto. Isso é um problema global, 14 dos 21 biomas do mundo são impactados pela agricultura (ELLIS; RAMANKUTTY, 2008). E a tendência é que essa ocupação aumente (WWF-BRASIL; INSTITUTO IPE, 2012). Logo, é necessário que haja um monitoramento dessa atividade, evitando que áreas ambientalmente frágeis sejam degradadas.

Além de um controle sobre o possível uso de agrotóxicos e fertilizantes, pois mal dimensionados podem causar problemas ambientais e de saúde pública (RAHMAN, 2005).

O rápido crescimento da classe agricultura provoca a progressiva substituição da vegetação nativa por uma paisagem cada vez mais degradada, heterogênea e fragmentada (COELHO et al., 2013; MELO NETO; GUIMARÃES; GONZAGA, 2012). Isso pode ser visualizado na imagem classificada de 2017, que apesar de apresentar uma área de vegetação densa maior, esta se encontra menos uniforme em comparação ao período anterior.

A mudança da cobertura vegetal apresentou um comportamento inesperado, em razão do aumento da classe de vegetação densa e diminuição da vegetação aberta. Entretanto, uma hipótese é que a algaroba (*Prosopis juliflora*), espécie exótica, introduzida no semiárido nordestino, de fácil dispersão e adaptabilidade (ANDRADE; FABRICANTE; OLIVEIRA, 2010), pode ter contribuído para o aumento dessa classe, pois essa espécie apresenta uma copa grande e verde, diferente das espécies nativas que passam a maior parte do ano sem folhas. A regeneração natural também é possível, uma vez que cessadas as atividades antrópicas, as áreas degradadas podem recuperar suas funções ecológicas e cobertura vegetal.

Além disso, regiões em que há predomínio de caatinga estão em constante dinâmica, devido tanto ao uso do solo pelas atividades agropecuárias como pelo fator clima. A variabilidade da caatinga, em virtude de suas características biofísicas, faz com que um curto período chuvoso já modifique a sua cobertura foliar, dificultando a interpretação da classe correspondente (BATISTA; SANTOS, 2011).

A área de solo exposto aumentou 26% em relação ao observado para essa classe no ano de 2012. Estudos em outras localidades também identificaram um aumento na área de solo exposto (COELHO et al., 2013; NERY et al., 2011). Considerando que a atividade de pecuária realizada no semiárido do Rio Grande do Norte é do tipo extensiva realizada em caatinga aberta, pode-se inferir que essa atividade é responsável pelo aumento de solo exposto e diminuição da vegetação aberta, identificado na classificação para o ano de 2017.

Na pecuária, o pisoteio dos animais promove a compactação do solo, que gera redução de espaços porosos, aumentando a resistência à penetração radicular das plantas, ocasionando perdas de cobertura do solo. Essa redução dos espaços porosos também diminui a infiltração de água no solo. Isso associado à baixa cobertura vegetal do solo em áreas compactadas favorece o escoamento superficial, gerando perdas erosivas. Esse sedimento pode chegar até os corpos hídricos, contribuindo para o assoreamento e contaminação desses sistemas (MEDEIROS, 2016; MELO et al., 2008; OLIVEIRA, 2012).

A área de contribuição da atividade pecuarista no MPP pode ser calculada pela soma da área das classes vegetação aberta e solo exposto, o que resulta em 1920,12 km², ou 54,3% da área analisada. Percentual semelhante ao encontrado por Medeiros, (2016) em outra área da mesma bacia hidrográfica. Isso reflete em uma grande área com potencial de contribuição por poluição difusa, devido ao potencial degradador da pecuária associado às características da bacia, conforme constatado por Oliveira (2012).

O uso e ocupação do solo é função das características ambientais intrínsecas e das atividades desenvolvidas na localidade. A dinâmica temporal do uso e ocupação do solo é um fator que deve ser monitorado, para isso, a análise de imagens de satélite apresenta-se como uma ferramenta importante para o monitoramento espaço-temporal, dando uma visão objetiva da dinâmica do território e aumento da confiança dos tomadores de decisão para ajudar a formular um projeto para conservar recursos naturais (SANHOUSE-GARCIA et al., 2016).

CONCLUSÕES

- Devido às características ambientais da região, o uso e ocupação do solo pode intensificar a fragilidade ambiental natural, aumentando os processos de degradação ambiental.
- Houve alteração do uso e ocupação do solo no período de 2002 à 2017, provocado por fatores ambientais e atividades antrópicas.

- Para obtenção de resultados mais precisos é interessante cruzar os resultados da classificação com dados de campo. O que auxiliaria na investigação dos fatos motivadores das mudanças de cobertura do solo.

REFERÊNCIAS

- ANA. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2016.
- ANDRADE, L. A. de; FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, F. X. de. Impactos da invasão de *Prosopis juliflora* (sw.) DC. (Fabaceae) sobre o estrato arbustivo-arbóreo em áreas de Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 32, n. 3, p. 249-255, 2010.
- ANGELIM, L. A. de A.; NESI, J. de R.; TORRES, H. H. F.; MEDEIROS, V. C. de; SANTOS, C. A. dos; VEIGA JUNIOR, J. P.; MENDES, V.A. **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2006.
- BATISTA, J. L. O.; SANTOS, R. L. Análise da dinâmica do uso e ocupação da terra em pequenos municípios baianos do semi-árido brasileiro: o caso de Teofilândia 1. **Revista de Geografia Norte Grande**, v. 49, p. 139-155, 2011.
- BRAGA, G. G.; BECKER, V; OLIVEIRA, J. N. de; MENDONÇA JUNIOR, J. R. de; BEZERRA, A. F. de M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2015.
- COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. das N.; LIMA, E. R. V. de; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S.S. de. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2013.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. Nova York: Taylor & Francis, 1999.
- DEFRIES, R; HANSEN, A; TURNER, B. L.; REID, R., LIU, J. Land Use Change around Protected Areas: Management to Balance Human Needs and Ecological Function. **Ecological Application**, v. 17, n. 4, p. 1031-1038, 2007.
- DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. de. Compartimentação e caracterização das unidades de paisagem do Seridó Potiguar. **Brazilian Geographical Journal**, v. 6, p. 291-318, 2015.
- ELLIS, E. C.; RAMANKUTTY, N. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 8, p. 439-447, 2008.
- EMBRAPA. **Levantamento exploratório - Reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: Convênio de Mapeamento de Solos MA/DNPEA-SUDENE/DRN, 1971.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2006.
- EMPARN. **Monitoramento Pluviométrico do RN**. Disponível em: <<http://187.61.173.26/monitoramento/>>. Acesso em: 3 nov. 2017.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M.T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global Consequences of Land Use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.
- GUO, E.; CHEN, L.; SUN, R.; WANG, Z. Effects of riparian vegetation patterns on the distribution and potential loss of soil nutrients: a case study of the Wenyu River in Beijing. **Front Environ Sci Eng**, 2013.
- IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000.

- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- MEDEIROS, C. E. B. F. de S. **Os impactos do uso e ocupação e evento de seca extrema na qualidade da água e do solo de um manancial tropical semiárido**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.
- MELO, R. O.; PACHECO, E. P.; MENEZES, J. C.; CANTALICE, J. R. B. Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um neossolo sob vegetação de Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 12-17, 2008.
- MELO NETO, J. O.; GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I. S. Estimativa e análise temporal do uso e ocupação do solo no entorno do refúgio de vida silvestre Mata do Junco com base em processamento digital de imagens. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 1-5, 2012.
- MOURI, G. Assessment of land cover relocation incorporating the effects of human activity in typical urban and rural catchments for the design of management policies. **Environmental Science and Policy**, v. 50, p. 74-87, 2015.
- NERY, C. V. M.; MOREIRA, A. A.; FERNANDES, F. H. S.; ALMEIDA, R. P.de. Uso do Sensoriamento Remoto na Detecção de Mudança na Microrregião de Montes Claros/MG (Use of Remote Sensing Change Detection in the Microregion of Montes Claros/MG). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 1, p. 130-145, 2011.
- NGUYEN, H. H.; RECKNAGEL, F.; MEYER, W.; FRIZENSCHAF, J.; SHRESTHA, M. Modelling the impacts of altered management practices, land use and climate changes on the water quality of the Millbrook catchment-reservoir system in South Australia. **Journal of Environmental Management**, v. 202, p. 1-11, 2017.
- OLIVEIRA, J. N. P. **A influência da poluição difusa e do regime hidrológico peculiar do semiárido na qualidade da água de um reservatório tropical**. [s.l.] UFRN, 2012.
- PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J. Efeito das atividades agropastoris sobre os atributos físico-químicos de três classes de solos de uma bacia hidrográfica no semiárido brasileiro. **Bol. Goia. Geogr.**, v. 34, n. 1, p. 169-188, 2014.
- RAHMAN, S. Environmental impacts of technological change in Bangladesh agriculture: farmers' perceptions, determinants, and effects on resource allocation decisions. **Agricultural Economics**, v. 33, n. 1, p. 107-116, jul. 2005.
- SALVATI, L.; FERRARA, C.; RANALLI, F. Changes at the fringe: Soil quality and environmental vulnerability during intense urban expansion. **Eurasian Soil Science**, v. 47, n. 10, p. 1069-1075, 2014.
- SANHOUSE-GARCIA, A. J.; BUSTOS-TERRONES, Y.; RANGEL-PERAZA, J. G.; QUEVEDO-CASTRO, A.; PACHECO, C. Multi-temporal analysis for land use and land cover changes in an agricultural region using open source tools. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, 2016.
- SANTOS, H. G.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DART, R. O.; ÁGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. **Embrapa**, 2011.
- SCHARSICH, V.; MTATA, K.; HAUBS, M.; LANGE, H.; BOGNER, C. Analysing land cover and land use change in the Matobo National Park and surroundings in Zimbabwe. **Remote Sensing of Environment**, v. 194, p. 278-286, 2017.
- WWF-BRASIL; INSTITUTO IPE. Gestão de unidades de conservação: compartilhando uma experiência de capacitação. p. 396, 2012.
- XIAO, Q.; HU, D.; XIAO, Y. Assessing changes in soil conservation ecosystem services and causal factors in the Three Gorges Reservoir region of China. **Journal of Cleaner Production**, v. 163, p. 172–180, 2016.