



Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi – RN
Land Use and Occupation in the Santa Cruz of the Apodi Watershed – RN

Wagner Bandeira da Silva¹; Joel Medeiros Bezerra¹;
Alex Pinheiro Feitosa¹; Paulo Cesar Moura da Silva² & Alana Ticiane Alves do Rêgo¹

¹Universidade Federal Rural do Semi-árido. Departamento de Engenharias e Tecnologia.
BR 226, s/n, 59900-000, Pau dos Ferros, RN, Brasil

²Universidade Federal Rural do Semi-árido. Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais.
BR 110, Km 47, Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, RN, Brasil

E-mails: wagnerbandeira2010@hotmail.com; joel.medeiros@ufersa.edu.br;
alex.feitosa@ufersa.edu.br; paulo.moura@ufersa.edu.br; alana_ticiane10@hotmail.com

Recebido em: 02/09/2019 Aprovado em: 13/11/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2020_1_397_407

Resumo

O objetivo desse trabalho foi realizar a determinação da dinâmica espaço temporal do uso e ocupação do solo em dois momentos na bacia hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi – RN. Utilizando geotecnologias foram elaborados mapas temáticos de uso e ocupação do solo referentes aos anos de 2009 e 2016, em seguida realizou-se a análise quantitativa dos dados obtidos. O estudo revelou que a bacia hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi está passando por um estágio de degradação ambiental ao longo dos últimos anos, decorrentes de processos naturais e antrópicos, assim torna-se necessário uma política de planejamento ambiental e territorial com enfoque na conservação dos usos múltiplos das águas.

Palavras-chave: Gerenciamento integrado; Geotecnologias; Planejamento territorial

Abstract

The objective of this work was to determine the dynamics of the temporal space of land use and occupation in two moments in the hydrographic basin of the Weir Santa Cruz do Apodi –RN. Using geotechnologies, thematic maps of land use and occupation were elaborated for the years 2009 and 2016, followed by a quantitative analysis of the data obtained. This study revealed that the hydrographic basin of the Weir Santa Cruz of the Apodi is undergoing a stage of environment degradation in recent years due to natural and entropic process, thus, it is necessary an environment and territorial planning policy that focuses on integrated management of nature resources and in the multiple uses of hydric resources.

Keywords: Integrated management; Geo-technology; Territorial planning

1 Introdução

O recorte territorial da nascente da bacia do Apodi-Mossoró até o barramento artificial de Santa Cruz e suas vertentes é denominado de bacia hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi-RN, a mesma destaca-se pela situação ambiental, pois os municípios que contribuem na formação da bacia vertente possuem menor área urbanizada e consequentemente estão expostos a ações de crescimento desta urbanização desordenada ao longo do seu percurso, tal como a presença de atividades de agricultura, desmatamento e queimadas das áreas de proteção permanente (Souza *et al.*, 2012).

Apesar de sua importância socioeconômica, a mesma vem sofrendo constantes impactos ambientais desde atividades que são desenvolvidas no entorno do rio Apodi-Mossoró, provenientes da lixiviação de fertilizantes e pesticidas de diversas atividades agrícolas; carreamento de material alóctone; além das constantes descargas de esgotos domésticos e industriais lançados em toda a extensão da bacia (Oliveira *et al.*, 2009).

Portanto, é interessante que haja um estudo para promover a gestão integrada dos recursos naturais de forma sustentável, com o intuito de otimizar esses bens e reduzir os impactos ambientais que sua exploração gera. Além disso, conforme Joia *et al.* (2018), as transformações na organização espacial das cidades gradativamente vêm contribuindo para o avanço da vulnerabilidade ambiental, sobretudo os decorrentes do extremo climático, processam-se nos espaços urbanos, gerando inundações periódicas, e, nos espaços rurais, provocando a erosão do solo. Desta forma, faz-se necessário o ordenamento territorial, para sanar os conflitos de ocupação e compatibilizar as atividades com suas vulnerabilidades.

Carneiro *et al.* (2010) enfatizam a importância da integração entre o planejamento dos recursos hídricos e o ordenamento territorial em bacias hidrográficas, considerando urgente a necessidade da integração das políticas públicas no planejamento e gestão de bacias, por meio de uma articulação entre os instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e de planejamento do uso do solo. Sendo, assim as técnicas de sensoriamento remoto têm con-

tribuído efetivamente na análise e elaboração de diagnósticos que subsidiem o planejamento do uso do solo das áreas urbanas (Florenzano, 2008).

De acordo com Vaeza *et al.* (2010) as técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento tornaram-se ferramentas úteis e indispensáveis no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação das terras, por propiciarem uma maior frequência de atualização de dados, garantir agilidade no processamento de dados e por serem viavelmente econômicos. No entanto, Rocha (2006) afirmou que se deve considerar as interferências dos fatores ambientais ao analisar as respostas espectrais dos alvos, como modificações externas (iluminação e ação antrópica) e modificações da natureza de cada objeto. Por esse motivo, segundo Nascimento (2017), é importante conter conhecimentos atuais sobre a região para permitir avaliar o significado das feições extraídas dos dados de sensoriamento remoto.

A aplicação de técnicas de geoprocessamento em pesquisas nas bacias hidrográficas facilita os programas de planejamento ambiental e gestão mais eficiente dos recursos ambientais, tendo em vista que as informações disponibilizadas em banco de dados podem ser avaliadas de maneira sistemática (Silva, 2017). Sendo assim, diversos estudos com essa perspectiva vêm sendo desenvolvidos em locais do estado de Rio Grande do Norte e da região Nordeste: microbacia do Rio Cobra no Seridó Oriental/RN (Silva *et al.*, 2017), reservatório Santana no município de Rafael Fernandes/RN (Bezerra Júnior & Guedes, 2016), bacia do Rio Doce no estado do RN (Faustino *et al.*, 2014), além de estados como a Bahia e Paraíba, correspondendo a bacia do Rio Salgado (Trindade *et al.*, 2017) e sub-bacia do Rio Taperoá (Lima *et al.*, 2017), respectivamente.

Desta forma, o mapeamento dos usos da terra, atualizados e integrados a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) devem ser elementos básicos para delinear políticas de gestão e planejamento de territórios (Vila García *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou realizar uma análise espaço-temporal da dinâmica de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do açude Santa Cruz do Apodi – RN, mediante análise multitemporal dos anos de 2009 e 2016.

2 Material e Métodos

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi (BHASCA), localiza-se na região Oeste Potiguar, no estado do Rio Grande do Norte, entre as coordenadas UTM 533816 – 660566 m E: 9272883 – 9384694 m N, apresentando uma área total de 4.439 Km² (Figura 1).

O rio Apodi-Mossoró tem sua nascente em Luís Gomes à uma altitude média de 700 metros e deságua no exutório, na barragem de Santa Cruz, Apodi-RN. No total a rede de drenagem possui 6838,24 Km. A mesma é composta por drenos de primeira a sétima ordem de acordo com a classificação (hierarquização) de Strahler (1964), conforme Medeiros (2017).

No geral os rios da região apresentam um regime hidrológico intermitente, apesar de alguns afluentes e trechos do rio principal da bacia, o Apodi-Mossoró, serem de caráter intermitente, o mesmo, mais a jusante é considerado perene, devido principalmente a criação da barragem de Santa Cruz (Oliveira Junior, 2009).

A geologia da região pertence em parte ao escudo cristalino brasileiro representado por rochas do Pré-cambriano; Complexo Presidente Juscelino; Complexo Caicó, Jucurutu e Ceará. As litologias predominantes são os guinasses, quartzitos, xistos, calcários cristalinos metamórficos e graníticos (CPRM, 2016). Quanto às classes de solos mais comuns encontradas na bacia destacam-se os: Luvissoles, Neossolos e Latossolos (IGARN, 2014).

Segundo dados da Secretária de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH, 2016) do RN, os reservatórios com maior volume da bacia são: Santa Cruz do Apodi (Apodi), Pau dos Ferros (Pau dos Ferros), Rodeador (Umarizal), Marcelino Viera (Marcelino Viera) e o Bonito (São Miguel), cujo o maior açude, Santa Cruz do Apodi, tem 599.712.000 m³.

Conforme Medeiros (2017), a BHASCA está inserida, em quase toda sua totalidade, no estado do Rio Grande do Norte (99,45%), porém, a mesma ainda contempla municípios do estado do Ceará (0,14%) e da Paraíba (0,41%) (Figura 2).

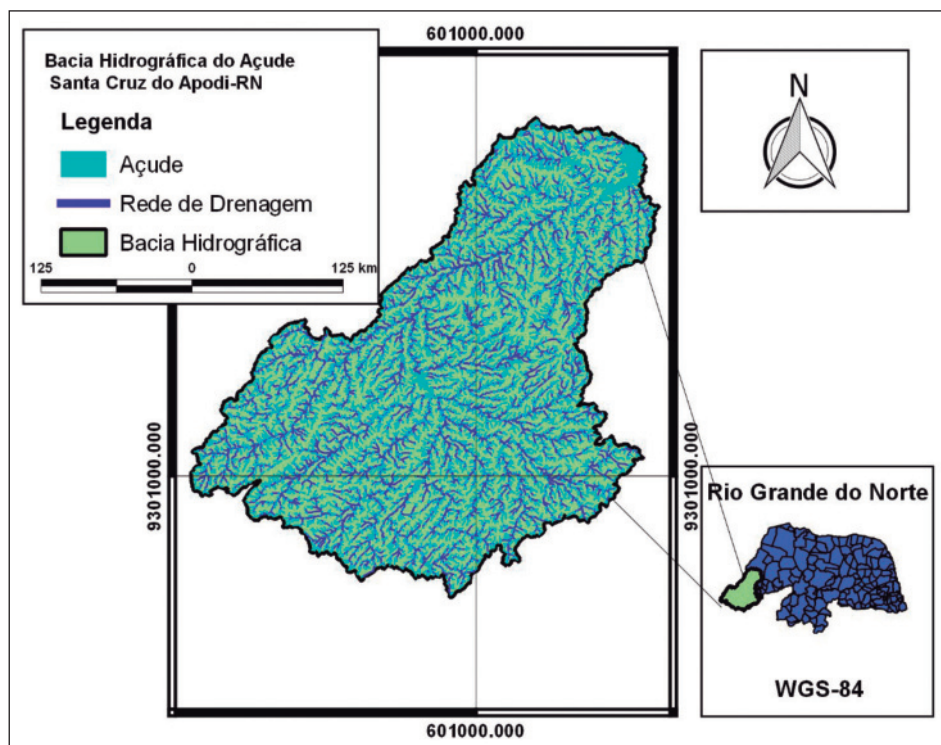


Figura 1 Delimitação da bacia hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi-RN.

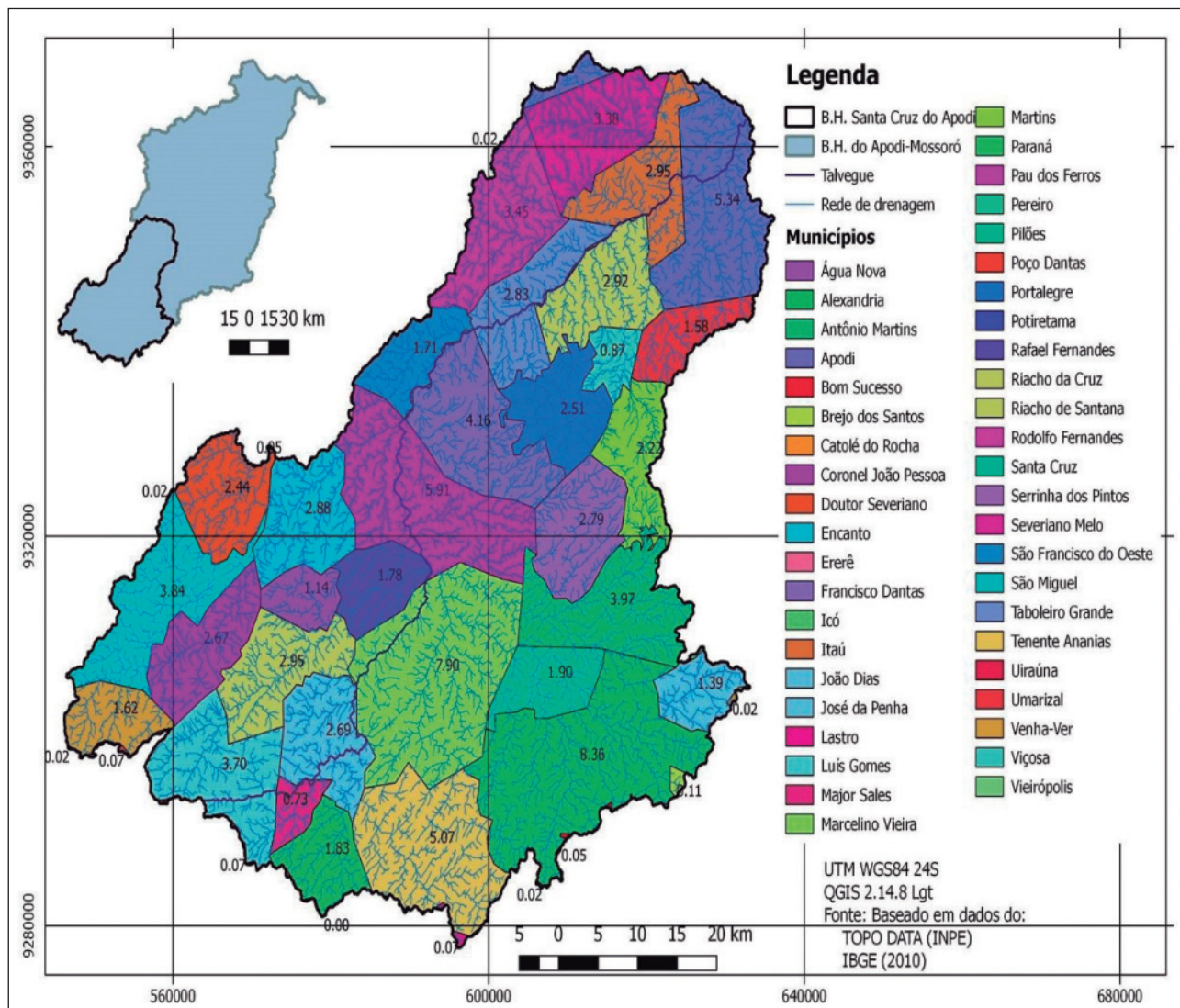


Figura 2 Divisão política dos municípios inseridos na BHASCA.

A BHASCA apresenta-se em quase toda a sua extensão a classificação climática Köppen do tipo BSW_h, ou seja, clima quente e semiárido, com estação chuvosa podendo atrasar para outono (Sousa *et al.*, 2011).

Para Carvalho *et al.* (2011), a bacia encontra-se coberta por vegetação caatinga e apresenta uma importância socioeconômica desempenhada por atividades de produção de sal marinho, usos solos para agricultura e fruticultura irrigada, entre outras atividades.

De acordo com a SEMARH (2016), atualmente, alguns reservatórios situados na bacia encontram-se totalmente em colapso, devido à crise hídrica e

principalmente por conta do período de estiagem na qual vem passando a região, alguns açudes chegaram a 0% do seu volume total em 2016, os açudes de Pilões e Pau dos Ferros, por exemplo.

As chuvas anuais médias situam-se em torno de 700 mm. Na parte alta, a montante de Taboleiro Grande, há um aumento até cerca de 900 mm, com pequena área, na região alta de Martins, onde chegam a 1.100 mm (IGARN, 2014).

2.2 Uso e Ocupação do Solo

Para a análise e mapeamento do uso e ocupação da BHASCA foram utilizadas cenas georre-

ferenciadas disponibilizadas gratuitamente através da instituição *United States Geological Survey* (USGS), contemplando a cena da zona 216, fuso 24. Com o interesse de se avaliar a dinâmica de evolução espaço-temporal utilizou-se uma cena do satélite Landsat-5, sensor *Thematic Mapper* (TM) e outra do Landsat-8, sensor *Operacional Land Imager* (OLI), adquiridas em 31/07/2009 e 18/07/2016, respectivamente, coincidindo com o final da estação chuvosa. Ambas, com resolução espacial de 30 metros.

A vegetação nativa predominante na bacia apresenta acentuada queda foliar durante o período de seca, podendo interferir na resposta da cobertura vegetal diante o estresse hídrico. O regime mensal de precipitações nos anos de 2009 e 2016, foi obtido por meio de informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), levando em consideração dados da estação meteorológica localizada no município de Apodi-RN (Figura 3).

Os dados foram processados no Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS, versão 2.8.9 Ltr, para o tratamento cartográfico das imagens foram adotados o sistema de coordenadas cartográficas o *Universal Transversal de Mercator* (UTM) e o *Datum World Geodetic System 1984* (WGS 84).

Na etapa de processamento da imagem, utilizou-se a extensão Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) no QGIS, que é um plugin de código

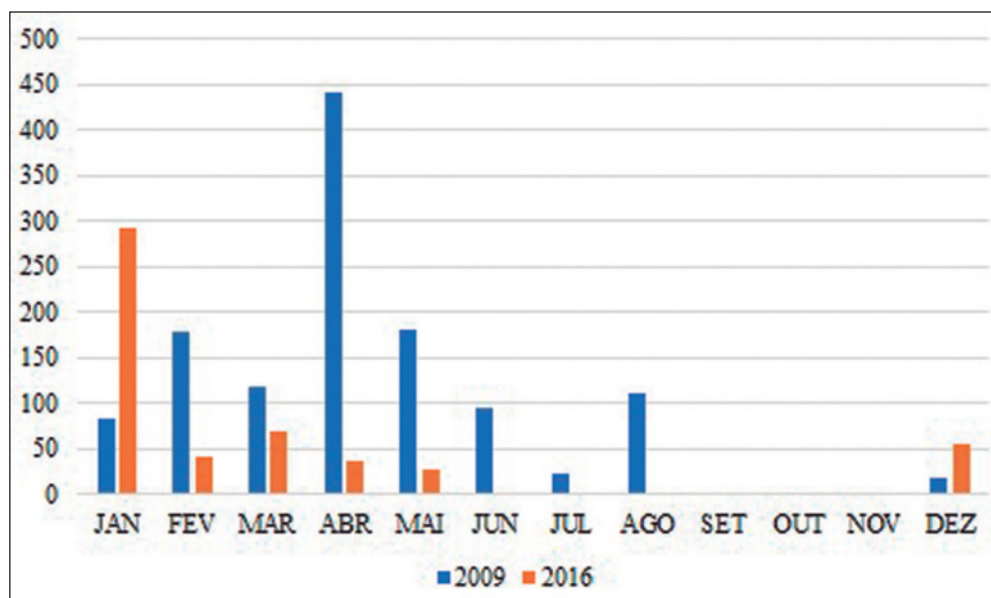
aberto gratuito que consiste em um conjunto de ferramentas que permitem a classificação supervisionada semiautomática de imagens de sensoriamento remoto, a fim de encontrar regiões homogêneas a partir da classificação do pixel.

Segundo Correia *et al.* (2007), esse tipo de classificação necessita de um treinamento no qual o usuário determina, por meio de amostras, características do objeto que se quer mapear. Estes, portanto, devem ser definidos e sua identificação é limitada pelas características espectrais. Para a área de treinamento utiliza-se uma região delimitada pelo usuário ou regiões da imagem segmentada, uma vez que estas são apontadas como regiões homogêneas segundo o critério de semelhança utilizado.

O primeiro passo consistiu em realizar a correção atmosférica pelo método de *Dark Object Subtraction* (DOS) das imagens, para minimizar os efeitos atmosféricos na radiância das cenas (Sanches *et al.*, 2011).

Posteriormente aplicou-se a técnica de contraste linear para realçar as feições de interesses, por meio de combinações de bandas, cores e contrastes de modo a extrair o máximo de informações das imagens, sendo utilizada a composição colorida *Red, Green e Blue* (RGB) das bandas espectrais 5, 4 e 3, que proporcionaram maiores detalhes sobre a área.

Figura 3 Regime mensal de precipitações nos anos de 2009 e 2016.



Aplicou-se treinamento supervisionado “pixel a pixel” para a classificação das imagens, possibilitando o reconhecimento da assinatura espectral das classes. Após consulta em literatura disponível, o processo consistiu na seleção de polígonos, 10 amostras para cada classe de uso do solo, de dimensões variadas, considerando áreas superiores a 10 pixels em virtude da heterogeneidade da área de estudo, para identificar as diversas áreas representativas de cada classe, sendo assim cada pixel da imagem classificado de acordo com a classe que mais se assemelha.

O emprego da seleção das amostras de cada classe de uso deu-se em detrimento do porte da área de estudo, associado a homogeneidade do uso e ocupação do solo na região e por ser considerada uma bacia com atividades de exploração rural predominantes.

Para esse procedimento foi utilizado o algoritmo Máxima Verossimilhança, pois segundo Ventueri e Santos (1998) esse é um dos métodos iterativos de classificação mais utilizados por apresentar sob certos aspectos maior precisão na classificação.

Na etapa de mapeamento temático foram definidas quatro classes de uso, sendo estes: “vegetação nativa” correspondente a florestas nativas, “vegetação agrícola” para campos agrícolas com culturas anuais, “água” para açudes e “solo exposto” referente a locais onde o solo encontra-se nu, solos agrícolas para plantio ou em pousio.

As áreas urbanas não foram avaliadas diante das pequenas dimensões territoriais, já que as mesmas apresentam população inferior a 40.000 habitantes, o que indica que são centros urbanos em desenvolvimento. Outro fator limitante foi a resolução espacial do produto orbital, limitando a identificação desse alvo.

Após, o arquivo foi transformado de matriz para vetor, e calculadas as áreas das classes de usos do solo. A partir dos valores obtidos pela matriz de confusão foi possível determinar a Acurácia Geral (Equação 1).

$$AG = \frac{D}{T} \quad (1)$$

Sendo: AG é a acurácia geral, D é o somatório dos elementos da diagonal principal, T é o número total de pontos.

Para validar os mapas temáticos foi empregado o uso do índice Kappa (K), o qual é uma medida de concordância de dados categóricos, desenvolvido por Cohen (1960), que permite comparar as classificações obtidas automaticamente com uma referência (Equação 2).

$$K = \frac{(D-Q)}{(T-Q)} \quad (2)$$

Em que: K é o índice Kappa; D é o somatório dos elementos da diagonal principal, Q é o coeficiente entre erro de comissão e erro de omissão (interferência do acaso), T é o número total de pontos

Com objetivo de avaliar a qualidade da classificação, ou seja, a Acurácia, foram calculados os coeficientes K gerados a partir de matriz de confusão e comparados a tabela proposta por Landis e Koch (1977), os quais definem a qualidade da classificação (Tabela 1).

Valor K	Qualidade da Classificação
<0,0	Péssima
0,00 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Boa
0,60 - 0,80	Muito Boa
0,8 - 1,00	Excelente

Tabela 1 Qualidade da classificação segundo intervalos do coeficiente Kappa (retirado de Landis e Koch, 1977).

Visando avaliar a espacialização da cobertura vegetal optou-se por relacionar tal feição com o relevo. Sendo empregada a determinação da declividade e altitude das APP'S de encostas, as quais foram obtidas por meio de imagens *raster* do Modelo Digital de Elevação (MDE) derivado da imagem *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) no site do TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial de pixel de 30 x 30m.

Seguindo a metodologia de Santos (2015), o MDE de declividade foi reclassificado de acordo com as classes de declividade estabelecidas pela EMBRAPA (1979) (Tabela 02).

Declividade	Discriminação
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Tabela 2 Classificação da declividade segundo A EMBRAPA (1979) (retirado de Santos, 2015).

Utilizando os algoritmos “*Slope*” e “*r-re-class*” do pacote GRASS do QGIS, o *raster* for vetorizado e então recortou-se os trechos com declividades superiores a 45°. Já que, segundo a Lei nº 12.651/2012, que dispõe de parâmetros e define limites para a delimitação das Áreas de Proteção Permanente, define as encostas as que apresentam declividade superior a 45°.

3 Resultados e Discussão

Com base na metodologia empregada, foram gerados dois mapas temáticos de uso e ocupação do solo para duas épocas distintas. A Tabela 3 quantifica e mensura as classes de uso da BHASCA nos momentos avaliados e a Figura 4 apresenta os mapas temáticos com a classificação do uso e ocupação.

Classe	Área em 2009 (ha)	Área em 2009 (%)	Área em 2016 (ha)	Área em 2016 (%)	Evolução (ha)	Evolução (%)
Vegetação Nativa	187.213	42,17	168.337	37,91	-18876	- 10,08
Vegetação Agrícola	128.869	29,0	122.344	27,56	-6525	-5,06
Solo Exposto	117.328	26,43	150.602	33,92	+33274	+28,30
Água	10.578	2,37	2.705	0,61	-7873	-74,43
Total	443.988	100	443.988	100	-	-

Tabela 3 Variação das classes de uso e ocupação do solo, nos anos de 2009 e 2016.

Percebe-se nos dois momentos da pesquisa, que a classe predominante no período foi a categoria de vegetação nativa que representava em 2009 o valor de 42,17% da área da bacia, enquanto em 2016 a mesma ocupava 37,91% do território, implica que apesar dessa variação, a mesma se mostra em um razoável estado de conservação. Esse fato deve-se principalmente a baixa precipitação pluviométrica no último ano, e aos constantes desmatamentos, queimadas e a expansão urbana.

Em estudo sobre a análise multitemporal do uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Jaibas no Ceará, localizada em uma região semiárida associada a região serrana de condições subúmidas, observou-se a tendência de crescimento das áreas

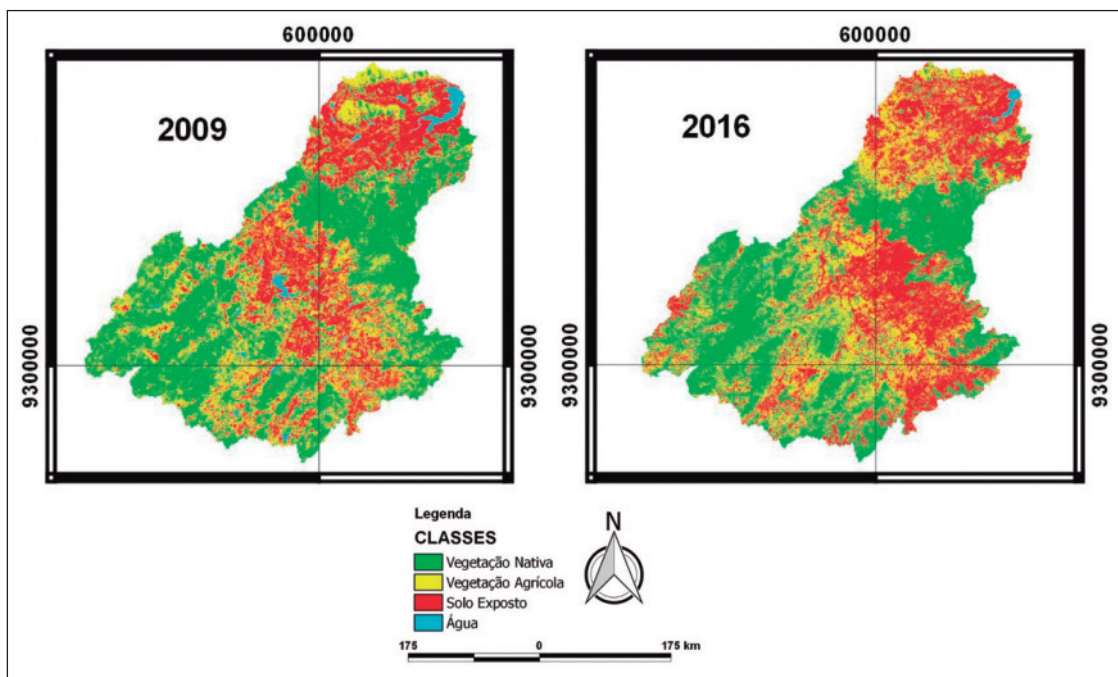


Figura 4 Mapas temáticos de uso e ocupação do solo na BHASCA, nos anos de 2009 e 2016.

de solos expostos, e conseqüentemente redução das classes de vegetação, principalmente de vegetação conservada (Gomes *et al.*, 2011).

A classe que ocupa a menor parcela de terra na bacia é a categoria água que em 2009 ocupava 2,37% da área, enquanto que em 2016 a porcentagem é de 0,61%, caracterizando a maior variação de uso e ocupação do solo no período, devido principalmente a diminuição das precipitações pluviométricas, reduzindo os espelhos d'água na bacia e limitando a disponibilidade hídrica para alguns usos, como abastecimento hídrico e agropecuária. Alguns açudes esvaziaram, como o açude Pau dos Ferros, na cidade de Pau dos Ferros, o segundo maior da região, em decorrência do déficit hídrico promovido pela estiagem prolongada característico do semiárido brasileiro.

Confrontando os resultados obtidos entre 2009 e 2016, percebe-se que ocorreu uma perda de vegetação nativa e decréscimo de vegetação agrícola entre os anos analisados (Tabela 3). No ano de 2009, a vegetação agrícola correspondia a aproximadamente 29,03% da área total da bacia, no período em 2016, percebe-se uma redução dessa atividade, principalmente devido pela prática da agricultura irrigada, resultante do déficit da disponibilidade hídrica das reservas superficiais.

Entre os dois períodos analisados houve um acréscimo considerável de 28,34% de solo exposto na bacia (Tabela 3). Esse fenômeno pode estar relacionado às práticas agrícolas adotadas na região, como a broca no preparo do solo que causam danos ambientais irreversíveis (Fernandes *et al.*, 2013). Outro fator é o crescimento populacional e conseqüentemente expansão urbana das cidades que compõem a área de estudo.

Dessa forma, o aumento do solo exposto juntamente com a diminuição da vegetação nativa, tornam essa bacia vulnerável a processos erosivos, assim, devem haver um manejo de forma adequada, tendo em vista os graves riscos de degradação ambiental.

Com intuito de validar a classificação supervisionada do uso do solo, efetuou-se o processamento

dos índices de exatidão global, ou seja, as acurácias gerais, as quais foram superiores a 95% para as imagens analisadas nos anos de 2009 e 2016 (Tabela 4). Isso significa que mais de 95% das amostras foram corretamente identificadas pelo classificador, quando comparada com a imagem RGB (5-4-3) com base na extensão SCP, mostrando um resultado excelente da classificação.

Ano	Acurácia Geral	Índice Kappa
2009	0,9882	0,9768
2016	0,9990	0,9985

Tabela 4 Acurácia Geral e Índices Kappa da classificação supervisionada para os anos de 2009 e 2016.

A classificação das imagens utilizando a ferramenta plug-in SCP, permitiu identificar áreas antrópicas, áreas florestadas e águas. Para Ponzoni & Shimabukuro (2009), o uso de um classificador semi-automático é uma opção para territórios com alto nível de fragmentação paisagística, em especial na porção central da bacia hidrográfica em função de processos erosivos elevados.

Comparando-se o resultado deste mapeamento com outros trabalhos recentemente realizados que utilizaram técnicas análogas, como o de Passo *et al.* (2013) que obtiveram 86%, e Queiroz *et al.* (2017) que verificou um valor de 59%, constatando-se a exatidão e qualidade das classificações por meio da tabela de aceitação do Índice Kappa.

Na hidrografia da região ocorre a predominância de rios intermitentes, originados principalmente da construção de açudes e barragens. Analisando as atividades antrópicas no entorno da rede de drenagem, em especial no Rio Apodi-Mossoró, nota-se que a ocupação desordenada de espaços inadequados tem gerado grandes impactos ambientais como assoreamento de corpos hídricos, poluição oriunda de atividades agropastoris, assim como lançamento de esgotos domésticos e industriais não tratados, além da deposição de resíduos sólidos domésticos (Bilac & Alves, 2014). Em espaços destinados a preservação de matas ciliares houve redução por desmatamentos devido a expansão urbana e agropecuária, e a qualidade da água apresenta-se péssima na maioria dos trechos, segundo Oliveira Junior (2009) da nascente até a foz, a bacia apresenta uma gradativa diminuição de suas propriedades físico-químicas.

A diminuição em grande escala da vegetação nativa ao longo dos anos na região é explicada pelo período de chuvas irregulares que perduram por anos. Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), o ano de 2009 foi predominantemente chuvoso, enquanto 2016 apresentou-se como muito seco.

Diante do cenário de alterações dos regimes hídricos, juntamente com a deficiência da gestão dos recursos naturais na bacia hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi, culminaram na expressiva diminuição de corpos hídricos e o aumento da classe de solo exposto em 2016.

Rebouças (1997) afirma que as diversas formas de ocupação do território, fundamentaram a sua economia no aproveitamento do potencial hídrico localizado, explorando de forma extensiva tanto a agricultura quanto a pecuária, e ressalta que tais con-

dições de uso e ocupação do meio físico muito têm contribuído para a destruição do solo, empobrecimento das pastagens nativas e redução das reservas de água localizada. Esse cenário ainda prevalece nos anos atuais, em virtude da predominância de atividades econômicas de caráter rural por meio da exploração agropastoril atrelado a expansão urbana desordenada de pequenos centros urbanos na região estudada.

Outro fator perceptível quanto a diminuição de vegetação nativa é em relação ao relevo, como retrata a Figura 4. Além disso, percebe-se que as terras que possuem maior declividade são também as que estão mais preservadas. Percebe-se que a perda de vegetação nos municípios de Martins e Portalegre são bem menores se comparadas as regiões centrais e norte. Isso deve-se principalmente por se situar em um espaço com predominância de topos de morro e encostas, enquanto que os locais menos acidentados, estão mais propensos a devastação de suas florestas.

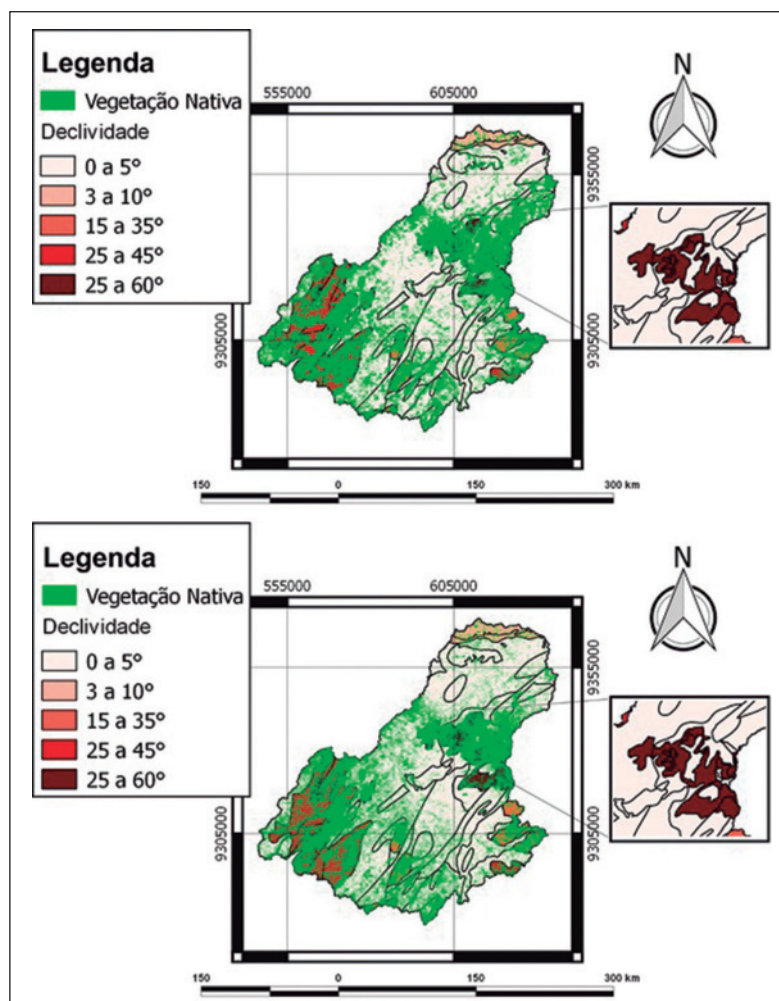


Figura 5 Vegetação nativa e relevo da BHAS-CA; A. 2009; B. 2016.

Devido as massas de ar úmidas provenientes de diferentes direções que atingem áreas de topografias mais elevadas e acidentadas, ocasiona chuvas mais intensas, do tipo orográficas. Pode-se notar também que locais de topografias acidentadas muitas vezes são deixados de lado pelos agricultores devido à complexidade em manejá-las (Neres, 2014).

Além disso, é possível perceber que no ano de 2009 a produção agrícola se encontrava em um espaço mais compacto, já no ano de 2016 vemos que esse amontoado começou a se dispersar para a fração mais central da bacia. A diminuição das chuvas na região, somada aos longos períodos de seca, fizeram com que onde antes eram campos agrícolas, começassem a surgir cada vez mais porções de solo exposto. Segundo Bezerra *et al.* (2011) a prática da monocultura, torna as terras improdutivas, as quais logo são abandonadas devido à restrição da disponibilidade de nutrientes, além da compactação do solo.

Segundo Medeiros (2017), as características da declividade da bacia indicam que a maior parte do relevo é compreendido entre suavemente ondulado (46,01%) e ondulado (23,04%), além de apresentar uma forma mais alongada com uma rede de drenagem bem distribuída, tendo assim uma pequena tendência a grandes enchentes, em condições normais de pluviosidade anual. Além disso, as informações das características morfológicas e físicas de uma unidade geoambiental estão relacionados com o uso e ocupação do solo na bacia, já que, qualquer alteração pode ocasionar em impactos ambientais, interferindo no ciclo hidrológico.

4 Conclusões

O uso predominante ao longo do período (2009-2016) foi o de Vegetação Nativa, sendo que o mesmo está passando por um intenso processo de degradação tanto de origem natural, como antrópica diante da pressão proveniente de atividades exploratórias voltadas ao meio rural, principalmente em zonas consideradas de relevo plano.

Por meio das observações das imagens verificou o aumento do solo exposto foi atribuído principalmente a dois fatores: expansão urbana desordenada das cidades que compõem a bacia e ao manejo incorreto do solo em atividades agrícolas. Quanto a classe água, foi a que apresentou o maior decréscimo percentual entre todas as categorias, devido

principalmente ao período de secas que a região vem atravessando nos últimos anos. Sobre a Vegetação Agrícola notou-se uma diminuição dessas áreas no território, associadas principalmente a seca e a prática de monoculturas.

O estudo ainda ratificou a eficiência das geotecnologias como ferramentas precisas para análises ambientais de bacias hidrográficas, permitindo a análise da dinâmica multitemporal das modificações ocorridas ao longo dos anos em um ambiente potencialmente frágil e susceptível as ações antrópicas, e consequentemente podendo auxiliar na tomada de decisões e promoção de ações preventivas diante da degradação ambiental.

É válido mencionar ainda, que os procedimentos adotados na metodologia proposta têm relevante importância no processo da pesquisa por possibilitar a outros pesquisadores a comprovação dos resultados, bem como a replicação do estudo em diferentes áreas territoriais.

5 Referências

- Bezerra Junior, A. & Guedes, J.A. 2016. Caracterização e análise do uso e ocupação da terra no entorno do reservatório Santana, Rafael Fernandes, RN. Okara: *Geografia em Debate*, 10(1): 517-530.
- Bezerra, J.M.; Silva, P.M.; Morais, C.T.S.L. & Batista, R.O. 2011. Utilização de Geotecnologias na Determinação de Áreas Susceptíveis a Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4(3): 543-561.
- Bilac, R.P.R. & Alves, A.M. 2014. Crescimento urbano nas áreas de preservação permanente (apps): um estudo de caso do leito do rio Apodi/Mossoró na zona urbana de Pau dos Ferros-RN. *Geotemas*, 4(2): 79-95.
- Brasil. *Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: DOU de 28/05/2012.
- Carneiro, P.R.F.; Cardoso, A.L.; Zampronio, G.B. & Martingil, M.C. 2010. A gestão integrada de recursos hídricos e do uso do solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuá na Baixada Fluminense. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, 13(1): 29-49.
- Carvalho, R.G.; Kelting, F.M.S. & Silva, E.V. 2011. Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN. *Revista Sociedade e Natureza*, 23(1): 143-159.
- Cprm – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Geobank - download de arquivos vetoriais. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2016.
- Correia, V.R.M.; Monteiro, A.M.V.; Carvalho, M.S. & Werneck, G.L. 2007. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. *Cadernos de Saúde Pública*, 23(5): 1015-1028.
- Emparn – Empresa De Pesquisa Agropecuária Do Rio Grande

- Do Norte. 2016. *Monitoramento pluviométrico*. Disponível em: <<http://meteorologia.emparn.rn.gov.br:8181/>>. Acesso em: 04 nov. 2016.
- Faustino, A.B.; Ramos, FF. & Silva, S.M.P. 2014. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em Sensoriamento Remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. *Sociedade e Território*, 26(2): 18-30.
- Fernandes, M.F.; Barbosa, M.P. & Neto, J.M.M. 2013. Caracterização do uso das terras e das áreas em riscos de desertificação em parte da floresta nacional do Araripe (flona): municípios de Barbalha e do Crato, estado do Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(5): 41-62.
- Gomes, D.D.M.; Mendes, L.M.S.; Medeiros, C.N. & Verissimo, C.U.V. 2011. Análise multitemporal do processo de degradação da vegetação da bacia hidrográfica do rio Jai-baras no estado do Ceará. *Geografia ensino & pesquisa*, 15(2): 41-62.
- Igarn – Instituto de Gestão de Águas. *Bacia Apodi/Mossoró*. 2014. Disponível em:<<http://adcon.rn.gov.br/acervo/igarn/doc/doc00000000028892.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2016.
- Joia, P.R.; Anunciação, V.S. & Paixão, A.A. 2018. Implicações do uso e ocupação do solo para o planejamento e gestão ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul. *Interações (Campo Grande)*, 19(2): 343-358.
- Lands, J.R. & Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1): 159-154.
- Lima, F.N.; Silva, J.B. & Duarte, S.M.A. 2017. Analysis of the change detection method on the surface of the sub-basin of the river Taperoá - Paraíba. *Ambiência*, 13(1): 183-200.
- Medeiros, M.A. 2017. *Morfometria de bacias hidrográficas no semiárido nordestino: Bacia do Açude do Santa Cruz do Apodi-RN*. Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Monografia, 65p.
- Nascimento, P.S.R. 2017. Análise das lineações e lineamentos geológicos da Folha Topográfica Currais Novos na Província Pegmatítica Borborema no Estado do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 18, 2017, Santos, 2017. Anais... São José dos Campos, INPE, p. 174-180.
- Neres, S.C.T. 2014. *Nascentes da Região Serrana de Martins e Portalegre: aspectos hidrodinâmicos e macroscópicos como subsídios a conservação*. Pós-Graduação em Ciências Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Dissertação de Mestrado, 169p.
- Oliveira Junior, E.T. 2009. *Bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró: macroinvertebrados como bioindicadores e a percepção ambiental dos pescadores e marisqueiras do seu entorno*. Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, Dissertação de Mestrado, 141p.
- Oliveira, T.M.B.F.; Souza, L.S. & Castro, S.S.L. 2009. Dinâmica da série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró - RN - Brasil. *Revista Eclética Química*, 34(3): 17-26.
- Passo, D. 2009. *Identificação de Alvos Urbanos em Imagens de Alta Resolução Espacial- Uma aplicação com as imagens do satélite Worldview II*. Dissertação de Mestrado. IG/UnB. 122p.
- Ponzoni, F.J. & Shimabukuro, Y.E. 2009. *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos: Parêtese Editora, 135p.
- Queiroz, T.B.; Sousa, R.S.; Baldin, T.; Batista, F. De J.; Marchesan, J.; Pedrali, L.D. & Pereira, R.S. 2017. Avaliação do desempenho da classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat 8 e Rapideye na região central do Rio Grande do Sul. *Geociências*, 36(3): 569 - 578.
- Rebouças, A.C. 1997. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. *Estudos Avançados*, 11(29): 127-154.
- Rocha, M.B.B. 2006. *Levantamento do meio físico do município de Araxá-MG, utilizando técnicas de geoprocessamento*. Pós- Graduação em Ciências Humanas, Universidade Federal de Uberlândia, Dissertação de Mestrado, 194p.
- Sanches, I.D.; Andrade, R.G.; Quartaroli, C.G. & Rodrigues, C.A.J. 2011. Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat 5 – TM para obtenção de reflectância de superfície e NVDI. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, p. 7564-7571.
- Semarh – Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte. 2016. *Situação volumétrica - todo o estado*. Disponível em: <http://servicos.semarh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cbaciasitvolumetrica_detalle.asp?codigoestadual=00>. Acesso em: 31 out. 2016.
- Silva, C.V.T.; Ribeiro Filho, J.C.; Silva, P.M.; Lemos Filho, L. C.A. & Brasil, J.B. 2017. Caracterização morfométrica, uso e ocupação de uma bacia hidrográfica. *Revista Engenharia na Agricultura*, 25(1): 436-444.
- Sousa, D.C.B.; Reinaldo, G.P.B.; Costa, T.K.G.; Dantas, K.K.C.; Mamede, G.L. & Silva, P.C.M. 2011. Estimativa de assoreamento dos reservatórios da bacia hidrográfica do açude Santa Cruz do Apodi-RN. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19, 2011. Maceió. Anais...Maceió, p. 1-13.
- Souza, A.C.M.; Silva, M.R.F. & Dias, N.D. 2012. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). *Irriga*, 1(1), p.280-296.
- Spinelli, J.A. 2014. *Estudos Estados Brasileiros: Rio Grande Do Norte 2000-2013*. São Paulo, Fundação Perseu Abramo, 132p.
- Strahler, A.N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, V. T. (Ed). *Handbook of applied hydrology: a compendium of water resources technology*. New York: Mc-Graw Hill, 1964. Section 4-II Part II, p. 4-75.
- Trindade, L.R.S.L.C.; Silva, P.A.F.E.; Santana, R. O.; Silvão, N. A.; S.; Alison S.; Sales, N.E.; Viana, M.C. 2017. Sensoriamento remoto aplicado no uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Salgado-BA. In: IX SBEA + XV ENEEAmb + III FLES, 2017, Belo Horizonte. EditoraBlucher, São Paulo, p. 1833.
- Vaeza, R.F.; Filho, P.C.O.; Maia, A. G.; Disperati, A. A. 2010. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. *Floresta e Ambiente*, 17(1): 23-29.
- Venturieri, A. & Santos, J.R. 1998. Técnicas de classificação de imagens para análise da cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. (Org.). *Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. Brasília: EMBRAPA, p. 351- 371.
- Vila-Garcia, D.; Gil-Docampo, M.L. & Iniesto-Alba, M.J. 2015. Detecção de mudanças nos usos de solo a partir de classificação sem supervisão para a atualização da siose. Implementación en el territorio gallego. *Revista de Teledección*, 43(1): 63-75.