

# CARACTERIZAÇÃO DO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA-RN, POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Gabriella Cynara Minora da SILVA<sup>1</sup>; Nivaldo Patrício da COSTA JUNIOR<sup>2</sup>; Fernando Moreira da SILVA<sup>3</sup>

- (1) Gestora Ambiental e Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Prodepa - UFRN. Endereço: Campus Universitário, BR 101 Centro de Biociências. Lagoa Nova, Natal-RN. Endereço eletrônico: gabriella\_cynara@yahoo.com.br
- (2) Geógrafo e Especialista em Geoprocessamento e Cartografia Digital  
Endereço: Base de Estudos Geoambientais – Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Campus Universitário, BR 101 CCHLA. Lagoa Nova, UFRN. Endereço eletrônico: nivaldopc@outlook.com
- (3) Prof. D. do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Endereço: Campus Universitário, BR 101 CCHLA, Sala 503. Lagoa Nova, Natal-RN. Endereço eletrônico: fmoreyra@ufrnet.br.

Introdução	
Materiais e métodos	
Localização da área de estudo	
Aspectos físico naturais	
Clima	
Geologia	
Geomorfologia	
Solos	
Vegetação	
Recursos Hídricos	
Metodologia	
Procedimentos Metodológicos	
Processamento Digital da Imagem de Satélite	
Recorte da Área de Estudo	
Delimitação das Classes de Uso Utilizadas no Estudo e	
Posterior Classificação Supervisionada	
pelo Algoritmo Bhattacharya	
Verificação da Verdade Terrestre	
Cálculo do Coeficiente KAPPA	
Resultados e discussão	
Uso da terra	
Conclusões	
Agradecimentos	
Referências	

**RESUMO** - O município de Areia Branca-RN está inserido na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião de Mossoró, abrangendo uma área de 357,58 km<sup>2</sup>. Apresenta condições naturais que favorecem o desenvolvimento de algumas atividades econômicas, em especial, a atividade salineira e a atividade petrolífera. Além destas, dois parques de geração de energia eólica estão em processo de instalação na região costeira. O objetivo deste estudo foi realizar uma caracterização do uso da terra no município, utilizando sensoriamento remoto, geoprocessamento e um sistema de informações geográficas - SIG, visando gerar dados e informações na escala municipal, que possam servir de subsídio para o planejamento ambiental e o ordenamento territorial da região. Para isso, utilizou-se uma imagem Landsat 5, sensor TM referente ao ano de 2010. No processamento desta imagem foi utilizado o SPRING 5.2 e aplicado uma classificação supervisionada através do classificador por regiões, onde foi empregado o método *Bhattacharya Distance* com um limiar 30%. Com isso foi obtido o mapa de uso da terra a partir do qual analisou-se a distribuição espacial dos diferentes tipos de uso que ocorrem no município, identificando áreas que estão sendo utilizadas de maneira incorreta e os principais tipos de degradação ambiental.

**Palavras-chave:** Areia Branca, Degradação Ambiental, Geoprocessamento, Classificação Supervisionada, Coeficiente KAPPA.

**ABSTRACT** - The city of Areia Branca-RN is located in the West Potiguar mesoregion and microregion of Mossoró, covering an area of 357.58 km<sup>2</sup>. It displays natural conditions that allow the development of certain economic activities, in particular the activity of Salt extraction and oil activity. Besides these two parks of wind power generation are being installed in the coastal region. The aim of this study was to characterize the use of the land in the city, using remote sensing, and geographic information system – GIS, in order to generate data and information on the municipal level, which can serve as a basis for environmental planning and land planning of the region. For this, we used a Landsat 5 TM sensor for the year 2010. In the processing of this image was used SPRING 5.2 and applied a classification through supervised classifier regions where the method was employed *Bhattacharya Distance* with a 30% threshold. It was obtained the land use map from which we analyzed the spatial distribution of different types of uses that occur in the city, identifying areas that are being used incorrectly and the main types of environmental degradation.

**Keywords:** Areia Branca, Environmental Degradation, GIS, Supervised Classification, Kappa Coefficient.

## INTRODUÇÃO

Atualmente a degradação ambiental encontra-se fortemente ligada à maneira como o homem tem ocupado e utilizado a terra, de forma impensada e predatória, modificando severamente a paisagem original e gerando sérios danos ao meio ambiente.

O estudo do ambiente limita-se a dois tipos de áreas, as urbanas e as rurais. Culturalmente o homem utiliza o meio ambiente para suprir suas necessidades, seja de alimentos ou de bens de consumo, deteriorando-o.

As práticas agrícolas modernas têm causado graves problemas ao meio ambiente, seja em função do uso incorreto das inovações tecnológicas nessa área, ou pelo fato destas tecnologias serem inadequadas às condições climáticas locais, uma vez que o Brasil importa tecnologia dos países temperados, produzidas especificamente para esse tipo de região, sendo, portanto inapropriadas para ambientes tropicais. Já em áreas urbanas o problema é voltado principalmente ao processo de urbanização, com danos como a impermeabilização do solo e geração de resíduos.

O município de Areia Branca-RN, objeto deste estudo, tem sofrido com a falta de planejamento no processo de instalação de algumas atividades econômicas, de crescimento urbano, e através de práticas agrícolas inadequadas, refletindo um mal uso dos recursos ambientais da região e consequente degradação ambiental.

O planejamento auxilia no direcionamento do uso e ocupação da terra de acordo com as aptidões de determinado território, contribuindo para a utilização sustentável de seus recursos. Para Mello Filho (1994) o planejamento procura desenvolver um uso racional dos recursos, proporcionando uma ocupação ordenada e melhor aproveitamento do espaço físico, minimizando prejuízos ao meio, tanto na administração pública, como da população inserida na área.

Com o objetivo de minimizar os efeitos negativos oriundos do mau uso dos recursos ambientais, tem-se proposto cada vez mais o estudo e planejamento da paisagem, com o objetivo de manter ou adequar a qualidade ambiental dos ambientes rurais. Este planejamento deve ser conduzido a partir de

uma visão interdisciplinar e visando uma regulamentação dos usos e dos recursos ambientais. As principais finalidades do planejamento da paisagem envolvem a manutenção da diversidade biológica por meio do desenvolvimento de redes interligadas de áreas protegidas, manutenção da qualidade dos cursos d'água e revegetação (NUCCI, 1998).

Os riscos de degradação das terras podem ser reduzidos a partir do uso de técnicas que identifiquem as atividades mais rentáveis para a região e que possibilitem uma convivência harmoniosa entre o homem e o meio ambiente, ou seja, técnicas ecologicamente favoráveis à exploração agrícola e pecuária, economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis. Nesse sentido, as geotecnologias, que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas, são importantes ferramentas no estudo da degradação das terras para que o espaço rural, assim como o urbano, seja organizado seguindo padrões ecológicos e ambientalmente corretos (SOUZA *et al.*, 2007).

Segundo Rosa (1990) o mapeamento de uso e ocupação da terra em uma região, tornou-se fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço, este cada vez mais alterado pelo homem e pelo desenvolvimento tecnológico. Dessa maneira, existe a atualização constante dos registros de uso e ocupação deste recurso, para que suas tendências possam ser analisadas, com o objetivo de fornecer subsídios às ações do planejamento municipal e regional.

Em complementaridade, o referido autor explica que o estudo do uso e ocupação da terra consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos e categorias de vegetação natural que reveste esta terra, juntamente com suas respectivas localizações. Em resumo, o uso da terra nada mais é do que a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi realizar uma caracterização do uso da terra no município de Areia Branca-RN, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, com a finalidade de gerar dados e informações na

escala municipal, para que estes possam servir de subsídio para o planejamento ambiental e o

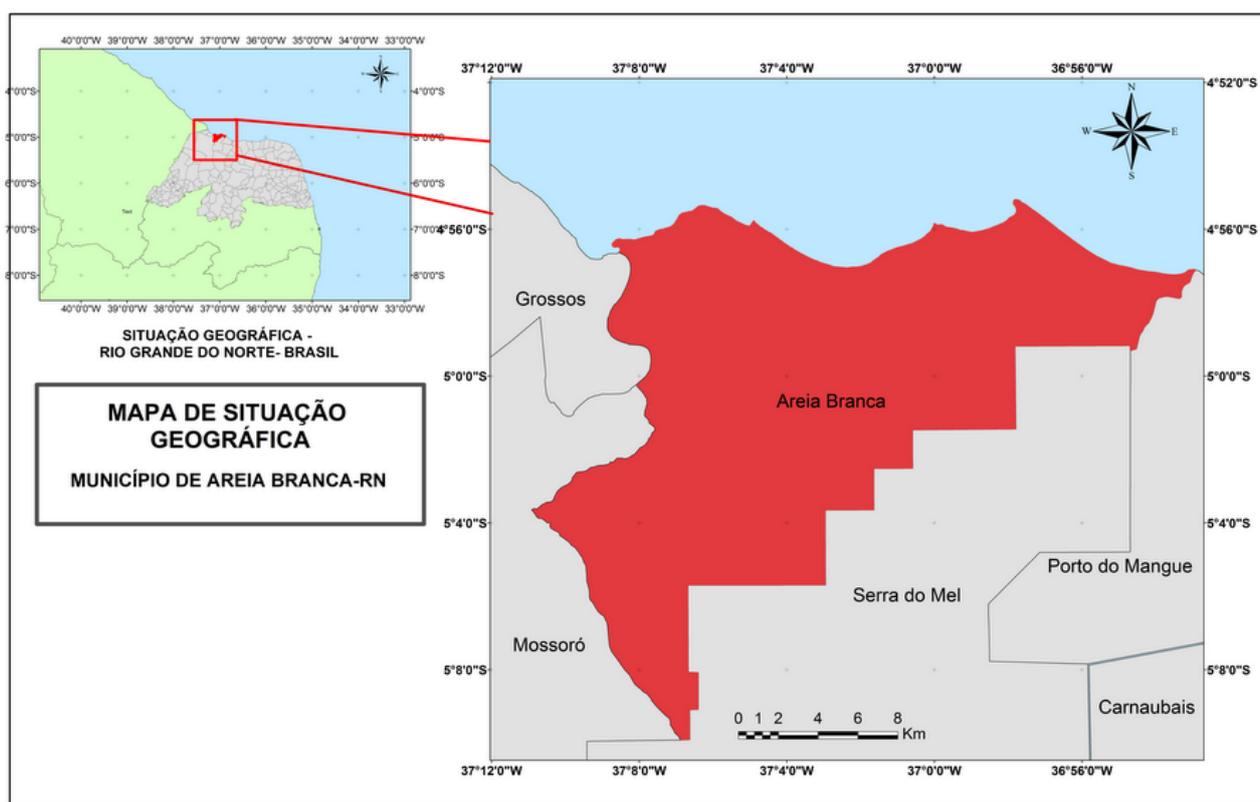
ordenamento territorial da região.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização da área de estudo

O município de Areia Branca localiza-se no Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1), situando-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião de Mossoró, abrangendo uma área de 357,58 km<sup>2</sup>, equivalente a 0,68% da superfície estadual (IDEMA, 2008). Limita-se a oeste com o município de Grossos, ao sul com Mossoró e Serra do Mel, a leste com Porto do

Mangue e ao norte é banhado pelo Oceano Atlântico. A sede do município tem uma altitude média de 3 m e está entre as Coordenadas Geográficas 04°57'21,6" de latitude Sul e 37°08'13,2" de longitude Oeste. Seu acesso, a partir de Natal, efetua-se através das rodovias pavimentadas BR-304 e B-110 (CPRM, 2005).



**Figura 1.** Localização da área de estudo, Areia Branca-RN.

### Aspectos físico naturais

#### Clima

O clima característico da região é do tipo BSw'h, com uma sensação térmica muito quente (IDEMA, 2008). Segundo a classificação de Köppen, o clima é predominantemente quente com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. O período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro e maio, e o período seco predominante da caatinga potiguar dura de 8 a 10 meses ao ano, com incidência de

temperaturas elevadas, principalmente nos meses de setembro a dezembro.

As temperaturas médias anuais variam entre a mínima de 21,0 °C e máxima de 33,0 °C, com umidade relativa média anual de 69%, apresentando um tempo de insolação estimado em 2.700 horas/ano (IDEMA, 2008).

O clima característico da região aliado ao fato do município apresentar uma extensa área de costa criam condições favoráveis ao desenvolvimento de algumas atividades econômicas, dentre as quais podemos destacar a

atividade salinera como sendo a mais significativa.

### Geologia

O município de Areia Branca está inserido, geologicamente, na província Borborema, sendo constituído pelos sedimentos da Formação Jandaíra, do Grupo Barreiras e pelos depósitos Colúvio-eluviais, Aluvionais e Litorâneos (CPRM, 2005).

A Formação Jandaíra é uma sequência carbonática, composta de calcarenitos e calcilutitos bioclásticos, cinza claros a amarelados, com níveis de evaporíticos. Esta formação possui idade em torno de 90 Ma, correspondentes ao Cretáceo. Comumente, estas rochas afloram na área de estudo. Os Depósitos aluvionares, presentes na região estuarina do rio Apodi-Mossoró, são constituídos por areias e cascalhos, com intercalações pelíticas, associados aos sistemas fluviais atuais. Estes depósitos estão distribuídos nas margens e nos canais de drenagens, e são constituídos basicamente por sedimentos areno-argilosos, de coloração variada, de granulometria grossa e seleção variando de moderada a pobre, podendo conter alguma matéria orgânica. Já os Depósitos de planícies e canais de maré são formados por pelitos arenosos, carbonosos ou carbonáticos. O Depósito de praias é constituído por areias finas a grossas, com níveis de cascalho, associadas às praias atuais e dunas móveis; arenitos e conglomerados com cimento carbonático, definindo cordões de *beach rocks*. O Grupo Barreiras tem idade terció-quadernária, ou seja, possuem 30 milhões de anos e é constituído por arenitos finos a médios, ou conglomeráticos, com intercalações de siltitos e argilitos, predominantemente associados a sistemas fluviais. E o Paleocascalheiras é formado por paraconglomerados com seixos de quartzo, sílex e fragmentos líticos, matriz areno-argilosa avermelhada (PETTA *et al.*, 2007).

### Geomorfologia

Identificou-se na região as seguintes unidades geomorfológicas: Formas de Acumulação - Planície Fluviomarina; Formas Erosivas - Superfície Pediplanada; e Formas de Dissecação - Formas Tabulares (PETTA *et al.*, 2007).

A Planície Fluviomarina representa uma área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e marinha, geralmente sujeitas a inundações periódicas, com vegetação de mangues, podendo chegar a até 35 km para o interior. Já a Superfície Pediplanada é uma superfície plana elaborada por processos de pediplanação, ocorrendo em diversos tipos de litologias. E as Formas Tabulares são relevos de topo plano, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales de fundo plano (PETTA *et al.*, 2007).

O município apresenta menos de 100 metros de altitude. Sendo constituído pelas seguintes formas de relevo: Planície Costeira e Tabuleiros Costeiros (IDEMA, 2008).

A Planície Costeira é formada por praias que têm como limites, o mar bem como Tabuleiros Costeiros, estendendo-se por todo o litoral. Estes terrenos planos são alterados em suas formas pela presença de dunas. E os Tabuleiros Costeiros, caracterizados por apresentarem relevos planos de baixa altitude, também denominados planaltos rebaixados, formados basicamente por argilas (barro), localizados próximo ao litoral, às vezes chegando lá (IDEMA, 2008).

### Solos

Os principais solos encontrados na área de estudo podem ser identificados como: Latossolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Quartzarênico (IDEMA, 2008).

Os Latossolos Vermelho Amarelos apresentam uma fertilidade entre mediana e alta, com textura média, além de ser um solo fortemente drenado e com relevo considerado plano. Já as Areias Quartzosas Marinhas apresentam solos profundos, principalmente quartzosos, com baixo teor de argila. São solos pobres em nutrientes e é excessivamente drenado. Estes solos são em geral característicos de dunas e a vegetação predominante é a de restinga (IDEMA, 2008).

Ocorre o desenvolvimento da agricultura do tipo familiar com ausência total ou parcial de instrumentos tecnológicos para manejo. Apresenta um cultivo deficiente de milho, feijão e mandioca decorrente da escassez de água devido ao longo período de estiagem e da

intensa evaporação. Destacam-se os cultivos de algodão arbóreo, sisal, côco e caju (IDEMA, 2008).

#### *Vegetação*

Identifica-se na área de estudo, segundo o IDEMA (2008) três tipos de vegetação, a seguir:

- Caatinga hiperxerófila, caracterizada pelo caráter mais seco, com abundância de cactácea e plantas de porte mais baixo e espalhadas. As espécies que mais se destacam são a jurema-preta, mufumbo, faveleiro, marmeleiro, xique-xique e facheiro.

- Restinga, geomorfologicamente é considerada um depósito arenoso de origem marítima e a vegetação que cobre essa planície arenosa é tida como sendo vegetação de preservação permanente, de acordo com o Código Florestal Brasileiro.

- Manguezal, constitui um ecossistema costeiro tropical dominado por mangues e animais típicos aos quais se associam outras plantas e animais, adaptadas a um solo periodicamente inundado pelas marés, com grande variação de salinidade.

#### *Recursos Hídricos*

A hidrogeologia do município de Areia Branca é caracterizada, segundo o IDEMA (2008), pela presença dos aquíferos Barreiras e Aluvião.

O Aquífero Barreiras apresenta-se confinado, semiconfinado e livre em algumas áreas. Suas águas apresentam excelente qualidade química, com baixos teores de sódio, podendo ser utilizada para praticamente todos os fins.

Já o Aquífero Aluvião encontra-se disperso e é constituído pelos sedimentos, geralmente arenosos depositados nos leitos e terraços dos riachos de maior porte. Esses depósitos são altamente permeáveis, com boas condições de realimentação e uma profundidade média de aproximadamente 7 metros. Em geral, a qualidade da água é boa e pouco explorada.

O município possui cerca de 62% do seu território inserido na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró, e 38% na Faixa Litorânea Norte de escoamento Difuso (IDEMA, 2008).

De acordo com Santos (2004), os principais elementos hidrográficos de Areia Branca, além

do rio Apodi-Mossoró, são: o riacho João da Rocha, que deságua no rio Apodi-Mossoró, próximo a cidade de Grossos; o riacho das Pedrinhas, um braço do rio Apodi-Mossoró que banha o povoado de Pedrinhas; e a lagoa da Entrada, de caráter temporário, localizada no Povoado de São José (antiga Entrada).

#### **Metodologia**

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho está fundamentada, numa primeira etapa, em pesquisa bibliográfica, objetivando melhor compreender o tema em estudo, assim como suas variáveis e inter-relações, pois, em estudos ambientais faz-se necessário um olhar generalizado e aberto às mudanças. Portanto, os procedimentos utilizados para analisar a degradação ambiental estão apoiados numa abordagem sistêmica e holística do ambiente, pois as alterações ambientais, negativas ou positivas, resultam da interação constante entre diversos fatores naturais e humanos. Os processos de degradação do meio ambiente são resultados desta interação, o que geralmente causa desequilíbrios sérios, em muitos casos até irreversíveis.

Trata-se, portanto, de um trabalho investigativo, de cunho exploratório, qualitativo e quantitativo.

Neste estudo utilizou-se a tecnologia SIG - Sistemas de Informações Geográficas, para construção e manuseio da base de dados, para o tratamento e processamento da imagem de satélite, e para a confecção dos mapas temáticos. O sensoriamento remoto foi utilizado como fonte de dados do SIG. Em ambiente SIG, foi confeccionado o mapa temático de uso da terra, objetivo deste estudo. Além disso, atuou como banco de dados, no armazenamento das informações espaciais resultantes, tais como as áreas de cada classe de uso da terra. Para registrar as informações obtidas em campo, fez-se uso do *Global Positioning System* - GPS e Câmera Digital.

De acordo com Câmara (1995)

*O termo sistema de informação geográfica (SIG) é aplicado para sistemas computacionais que manipulam dados geográficos. Devido à sua ampla gama de aplicações, que inclui temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes*

de concessionárias (água, energia e telefonia). Há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG: como ferramenta para produção de mapas; como suporte para análise espacial de fenômenos; e como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial. Estas três visões do SIG são antes convergentes que conflitantes e refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição (CÂMARA, 1995, p. 7).

Os softwares utilizados foram o ArcGIS, versão 9.3 e o SPRING 5.2. A imagem raster da área de estudo foi obtida do banco de dados da *United States Geological Survey* - USGS, já georreferenciada. Utilizou-se imagem LANDSAT 5 sensor TM (*Thematic Mapper*) de 09/06/2010, Órbita/Ponto: 215/064, cuja resolução espacial é de 30 metros.

Após testar alguns métodos para a realização da classificação supervisionada do uso da terra, optou-se pelo *Bhattacharya Distance*, pois este nos apresentou resultados visuais satisfatórios, e conseqüentemente, melhor interpretação dos dados resultantes da classificação.

Existe hoje uma gama de estudos que fizeram uso do método *Bhattacharya Distance* para mapear o uso da terra em diversos territórios, o que fortaleceu a escolha desse método para a realização deste estudo. Pellegrin (2001) realizou o mapeamento das classes de uso do solo da bacia do Rio Pará, Estado de Minas Gerais, nos períodos de 1984 e 1999. Para isso, utilizou imagens de satélite LANDSAT 5, sensor TM, com as bandas 3, 4 e 5. Utilizou a *Distância de Battacharya* na classificação supervisionada, com limiar de aceitação de 90%, limite de similaridade de 40 e área de pixel de 50. Os resultados se mostraram satisfatórios ao objetivo proposto pelo autor.

Prado, Novo e Pereira (2005) realizaram um estudo a fim de avaliar a dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita, no Estado de São Paulo. Para tal foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT 5, sensor TM, referentes aos anos de 1990 e 2002. Foi realizada uma classificação supervisionada, com o classificador do tipo por regiões, através do método *Bhattacharya Distance*, com limiar de aceitação de 90%. Assim, obtiveram os

mapas de uso e cobertura da terra para 1990 e 2002.

Xaud, Epiphanyo e Xaud (2013) utilizaram uma metodologia similar à apresentada neste estudo. Os autores avaliaram a dinâmica das conversões de uso e cobertura da terra que ocorrem na região sudeste de Roraima através da análise de produtos oriundos de técnicas de detecção de mudanças aplicadas às imagens-fração do MLME. Para isso, utilizaram imagens digitais do sensor TM/Landsat-5, dos anos de 2004 e 2010, com resolução de 30 metros e seis bandas (1, 2, 3, 4, 5 e 7), do acervo de cenas do USGS. O estudo buscou subtrair as imagens-diferença entre solo, sombra e vegetação das duas datas. Nesse sentido, foi realizada uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo *Bhattacharya*, baseado na classificação de regiões, que permite associar cada região com uma das classes, através do critério de distância mínima. A validação do desempenho da classificação foi realizada através do grau de exatidão total e da exatidão por classes, através do índice de concordância Kappa. Os resultados demonstraram que as técnicas de processamento das imagens foram consideradas adequadas na análise e dinâmica das mudanças de uso e cobertura da terra.

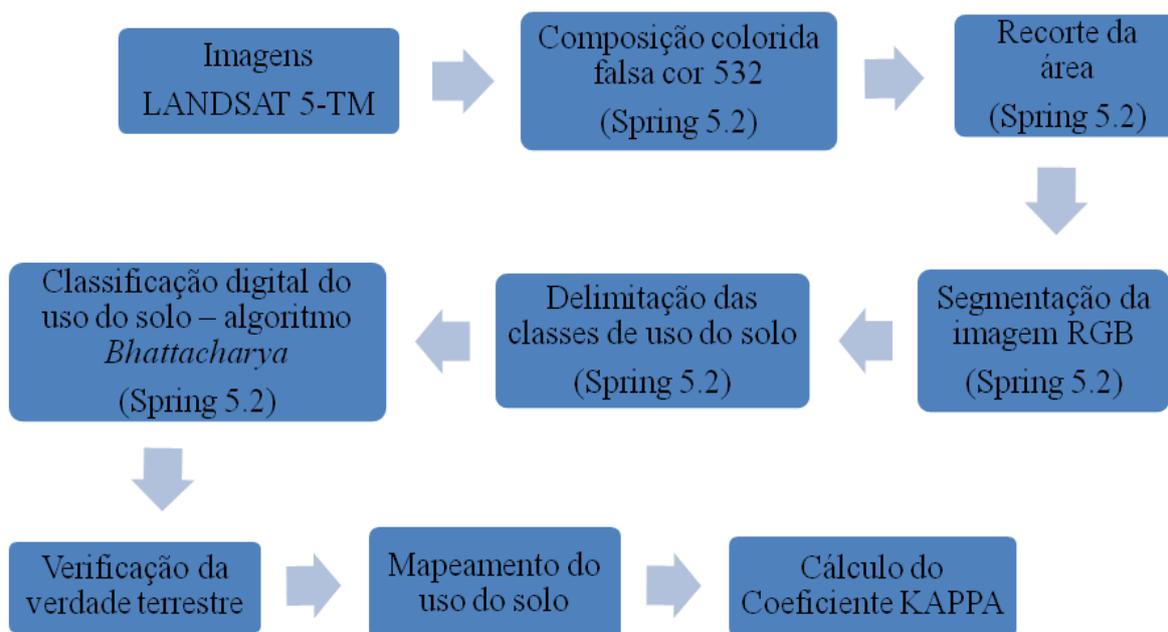
#### *Procedimentos Metodológicos*

Inicialmente foi realizada uma revisão de literatura a fim de promover uma apropriação do tema em estudo, além de se conhecer as principais técnicas utilizadas atualmente no mapeamento do uso da terra. Em sequência, cumpriu-se a etapa de processamento, seguida de testes para a escolha do método a ser empregado, e a posterior classificação da imagem. E por fim, foi realizada a visita de campo, para validação do mapa de uso da terra confeccionado.

Após a escolha do método, foi realizada a caracterização do uso da terra no município de Areia Branca/RN, que baseou-se na criação de um banco de dados georreferenciado, seguindo as etapas expostas na figura 2: (1) aquisição da imagem de satélite; (2) composição colorida falsa cor 532; (3) recorte da área de estudo; (4) segmentação da imagem RGB; (5) delimitação das classes a serem identificadas no mapa de uso da terra; (6) classificação digital do uso da terra utilizando o algoritmo *Bhattacharya*; (7)

verificação da verdade terrestre; (8) mapeamento do uso da terra; e (9) avaliação do

nível de exatidão da classificação.



**Figura 2.** Procedimento metodológico da elaboração do mapa de uso da terra.

### ***Processamento Digital da Imagem de Satélite***

Para o desenvolvimento da primeira etapa, foi obtida uma imagem de satélite da série Landsat 5, sensor TM, do ano de 2010.

Posteriormente, a partir da cena bruta, realizou-se a composição colorida RGB 532, escolhida após teste com outras combinações de banda, por apresentar um ligeiro melhor realce que as demais. A escolha também se deu em função da propriedade de cada banda em si, a banda 5 (infravermelho ondas longas) reflete muito solos, a banda 4 (infravermelho próximo) reflete muito a vegetação, e a banda 2 (luz verde do visível) tem boa distinção dos corpos d'água em relação aos demais alvos. A vegetação apresentou variados tons de verde, o solo exposto e algumas áreas utilizadas para cultura apresentaram tons de rosa, os corpos de água aparecem na coloração azul escuro e as áreas de dunas na cor branca.

### ***Recorte da Área de Estudo***

Após o processamento das imagens, no software Spring 5.2, inseriu-se sobre a imagem de satélite o vetor da malha municipal de Areia Branca, obtido do banco de dados do IDEMA, ano de 2006, por meio do qual foi possível recortar a área de interesse.

### ***Delimitação das Classes de Uso Utilizadas no Estudo e Posterior Classificação Supervisionada pelo Algoritmo Bhattacharya***

Utilizando o software SPRING 5.2, delimitaram-se as seguintes classes de uso para a realização da posterior classificação: duna; caatinga; cultura; corpos d'água; mangue; solo exposto; vegetação arbustiva e área urbana.

Nesta pesquisa foi utilizada uma classificação supervisionada, pois esta permite a seleção de amostras representativas de todas as classes que se quer identificar na imagem. De acordo com Richards (1989 apud PRADO, 2004, p. 44) a classificação supervisionada é o procedimento mais utilizado para análises quantitativas de dados de imagens de sensoriamento remoto, motivo pelo qual tem sido bastante adotada em estudos concernentes ao uso e cobertura da terra.

Foi utilizado um classificador por regiões, que engloba a informação espectral de cada *pixel*, juntamente com a informação espacial que envolve a relação com seus vizinhos. O classificador adotado foi o *Bhattacharya distance*, com limiar mínimo de 30% e o valor de área do *pixel* 30. A medida da distância de *Bhattacharya* é usada para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais.

A escolha do algoritmo *Bhattacharya Distance* ocorreu após testes com outros classificadores, por apresentar um melhor resultado visual das classes de uso da terra, possibilitando melhor entendimento e descrição dos dados resultantes do mapa de uso da terra. Essa escolha foi confirmada satisfatória após a verificação da acuraria da classificação, conforme expresso nos resultados deste estudo.

O algoritmo *Bhattacharya* é bastante utilizado no mapeamento de uso da terra em função de sua habilidade para distinguir os alvos que se quer identificar. Isso porque esse método permite associar cada região a uma classe, utilizando o critério de distância mínima, ou seja, os pixels vão se agrupando em função do nível de semelhança para posteriormente formarem classes distintas de uso da terra. Neste e em outros estudos, como os desenvolvidos por Junior e Bacani (2011) e Xaud, Epiphanyo e Xaud (2013), a distância de *Bhattacharya* tem apresentado uma satisfatória acuraria da classificação digital, o que corrobora para difusão desse método em mapeamentos de uso da terra.

#### **Verificação da Verdade Terrestre.**

O trabalho de campo teve a finalidade de realizar a verificação da verdade terrestre, ou seja, identificar até que ponto a classificação digital corresponde com a realidade.

Foram escolhidos 10 pontos para verificação em campo, sendo estes sempre que possível, situados em áreas de fácil acesso, de maneira que abarcassem todas as classes identificadas na classificação supervisionada previamente realizada. Nesta etapa foram utilizados o receptor GPS para a confirmação das coordenadas do local amostrado e orientação

quanto à sua localização e câmera digital para registrar as observações levantadas.

#### **Cálculo do Coeficiente KAPPA**

No pós-campo utilizou-se o Índice de KAPPA para avaliar o nível de exatidão da classificação. Esse método inclui em seu cálculo todos os elementos da matriz de erro ou matriz de confusão e não somente os elementos da diagonal principal.

Como explicam Lobão *et al.* (2005), o cálculo do coeficiente KAPPA necessita da construção de um mapa de verdade de campo, para que se possa fazer uma tabulação cruzada indicando a proporção de casos presentes e/ou ausentes nos mapas: Mapa classificado (1) e o Mapa real (2).

Segundo Rocha (1992, apud SCHEER; ROCHA, 2001) o coeficiente KAPPA é utilizado para testar o grau de concordância entre a realidade e os resultados de classificação contidos numa matriz de confusão ou erro e cujo grau de exatidão é expresso entre 0 e 1. Quanto mais próximo do valor de 1, mais a classificação aproxima-se da realidade. A tabela 01 apresenta os valores do Índice de KAPPA e as respectivas concordâncias.

O Coeficiente KAPPA é calculado segundo a equação (PONZONI; REZENDE, 2002).

$$Kappa = \frac{n \sum_{i=1}^m X_i - \sum_{i=1}^m (X_{i+} X_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^m (X_{i+} - X_{+i})}$$

Em que:

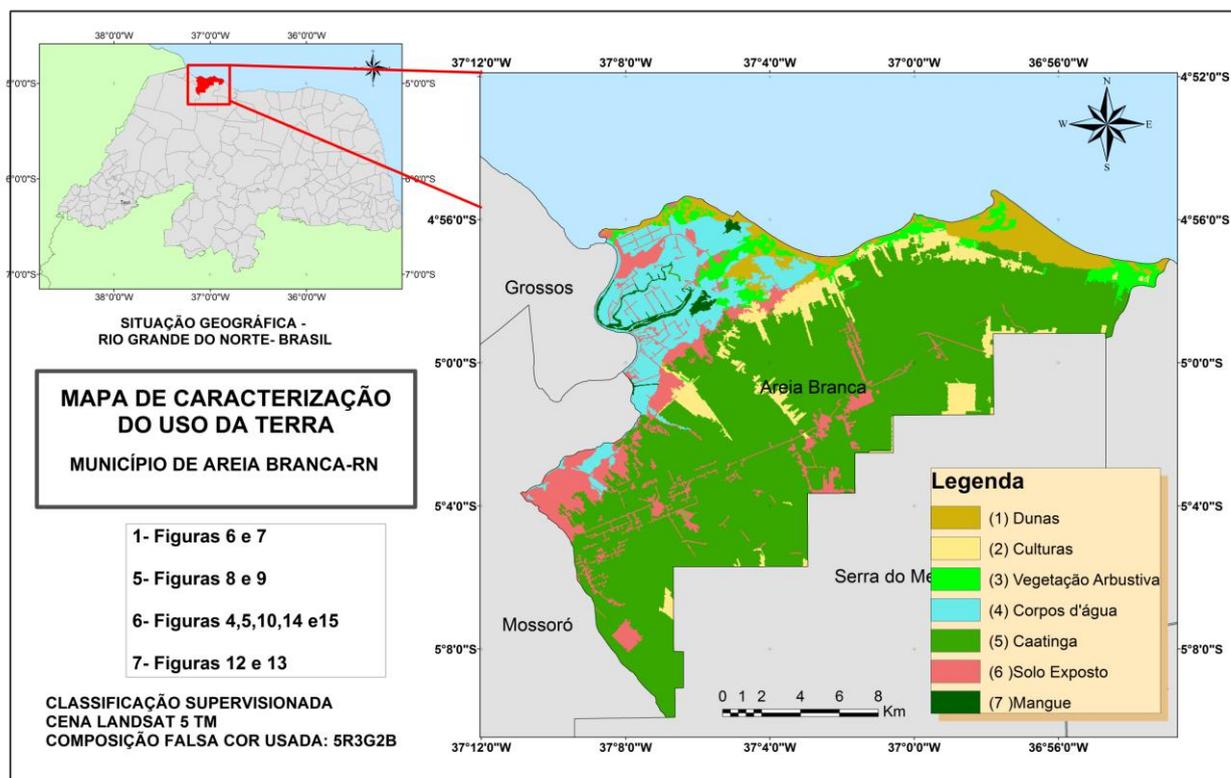
- n = número total de observações;
- $x_{i+}$  e  $x_{+i}$  = somatório na linha e na coluna, respectivamente;
- m = número de temas mapeados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Uso da terra**

O mapa de uso da terra no município de Areia Branca-RN (Figura 3) apresentou oito classes: (1) Duna; (2) Caatinga; (3) Cultura; (4) Corpos d'água; (5) Mangue; (6) Solo Exposto;

(7) Vegetação Arbustiva; e (8) Área Urbana, cuja avaliação do nível de exatidão da classificação pelo Índice Kappa foi de 0.5000 (Moderada), conforme Tabela 1.



**Figura 3.** Mapa de uso da terra do município de Areia Branca-RN.

**Tabela 1.** Valores do Índice de KAPPA e suas respectivas concordâncias.

Valor de Kappa	Concordância
0	Pobre
0 - 20	Ligeira
0,21 – 0,40	Considerável
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Substancial
0,81 – 1	Excelente

O nível de exatidão da classificação digital realizado através do índice de Kappa foi considerado satisfatório quanto aos acertos entre as classes mapeadas pelo *Bhattacharya* e a realidade de uso da terra do município.

A classe referente à caatinga abrange, em termos de porte da vegetação, a caatinga rala e a caatinga densa. Na classe cultura estão inseridas a cultura temporária e a cultura permanente. A classe de corpos d'água agrupou as salinas, as áreas alagadiças, e o trecho da foz do rio Apodi-Mossoró. E a classe de solo exposto está representada pelas vias, salinas e áreas desmatadas para fins econômicos. A tabela 2 determina a quantificação da área ocupada por cada classe de uso em km<sup>2</sup> e em percentagem.

A classificação digital constatou que aproximadamente 38 km<sup>2</sup> ou 10.63% do

território do município é ocupado por corpos d'água. As salinas estão inseridas nessa classe, juntamente com as áreas de alagado e o trecho da foz do rio Apodi-Mossoró, e estão todos representados pela cor azul. O município faz parte do pólo salineiro do estado do Rio Grande do Norte, sendo este responsável pela produção de cerca de 85% do sal consumido no Brasil. As salinas inseridas na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, mais precisamente nos municípios de Areia Branca, Mossoró e Grossos, contribuem com 57,3% do total do sal marinho produzido no estado, sendo os municípios de Macau, Guamaré e Galinhos responsáveis pelos 42,7% restantes (SIMORSAL, 2000). Essa elevada produção ocorre em função do clima da região ser extremamente favorável a esta atividade, pois as altas temperaturas, a escassez

de chuva e os ventos fortes aceleram o processo de evaporação do sal marinho.

**Tabela 2.** Quantificação das áreas ocupadas pelas classes de uso da terra.

Classes de Uso	Km <sup>2</sup>	%
Duna	21.449700	5.99
Caatinga	223.013600	62.37
Cultura	21.696300	6.07
Corpos d'água	38.014200	10.63
Mangue	3.314700	0.93
Solo exposto	33.800300	9.45
Vegetação Arbustiva	14.122800	3.95
Área Urbana	2.169100	0.61
Total	357.580700	100

O município de Areia Branca, por sua vez, contribui com cerca de 14% do total do sal marinho produzido no estado, evidenciando a importância da atividade salinícola no cenário sócio-econômico deste município, gerando emprego e renda para muitas famílias areia-branquenses. No entanto, segundo Medeiros *et al.* (2011) esta atividade encontra-se implementada nos terrenos da planície flúvio-marinha, configurando uma série de impactos ambientais negativos (Figura 5), a saber: desmatamento dos manguezais na área estuarina; desmatamento das vegetações de transição do estuário para a caatinga; alteração da rede de drenagem natural, com represamento de águas salinas em ambientes dulcícolas e estuarinos; salinização dos solos da planície flúvio-marinha; e exclusividade do uso da terra (restrição de uso), ou seja, impede-se o desenvolvimento de outras atividades econômicas nas áreas utilizadas pelas salinas, como por exemplo, a pesca e a produção agrícola.

A área de cultivo representou cerca de 22 km<sup>2</sup>, equivalente a 6.07% do território estudado e está caracterizada em tom de bege. De acordo com o IDEMA (2008) os principais produtos agrícolas produzidos no município no ano de 2006 foram o algodão herbáceo, o milho, a castanha de caju, o coco-da-baía, o sorgo granífero, o feijão, a mandioca, e a melancia.

A agricultura convencional, ainda praticada em regiões semiáridas, tem causado prejuízos imensuráveis ao meio ambiente, através de severas mudanças na paisagem, causando a degradação ambiental, chegando a tornar-se irreversível em alguns casos. As condições ambientais naturais da região semiárida, como a adversidade climática e presença de solos rasos e pedregosos (ARAÚJO, 2011), aliadas a práticas da agricultura convencional acabam agravando o quadro ambiental da região. O que se percebe são solos sendo fortemente erodidos em decorrência de desmatamentos e queimadas, tornando-se inviáveis para a continuidade do plantio. Faz-se necessário a aplicação de técnicas sustentáveis para a agricultura no semiárido, assim como estimular a consciência de que a prática de queimadas e o uso indiscriminado de agrotóxicos prejudicam e destroem os solos, e afetam negativamente o sistema hidrológico. Uma alternativa sustentável à produção agrícola convencional e que tem se mostrado eficiente na região do semiárido é a agroecologia, realizada por agricultores familiares que contam com apoio técnico especializado. A agroecologia utiliza o conhecimento ecológico na concepção de sistemas agrícolas que contribuem para o aumento da produtividade, conservação do solo, combate à pobreza, entre outros benefícios.



**Figuras 4 e 5.** Área desmatada na região costeira para a construção de um parque eólico.

Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012). Área estuarina utilizada pelas salinas, onde é possível identificar os impactos ambientais: desmatamento dos manguezais e das vegetações de transição do estuário para a caatinga, salinização dos solos e exclusividade de uso da terra. Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012).

As dunas podem ser classificadas, de acordo com sua mobilidade, em dunas fixas e em dunas móveis. No mapa de uso da terra (Figura 3), as dunas fixas e as dunas móveis, conjuntamente, estão representadas na cor amarelo mostarda e ocuparam cerca de 21 km<sup>2</sup> ou 5.99% do território de estudo, estando

situadas na zona costeira do município. As dunas móveis (Figura 6) se deslocam no decorrer do ano em função da força do vento, modificando a paisagem do lugar. Já as dunas fixas (Figura 7), na área de estudo, são recobertas pela vegetação de restinga.



**Figuras 6 e 7.** Duna móvel, nas proximidades do povoado de São Cristóvão. Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012). Duna fixa recoberta por vegetação arbustiva, nas proximidades do povoado de São Cristóvão. Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012).

A classe identificada como vegetação arbustiva, caracterizada num tom de verde claro, ocupou uma área em torno de 14 km<sup>2</sup>, equivalente a 3.95% do território, estando inserida principalmente na zona costeira do município, em geral, atuando como vegetação protetora das dunas fixas.

A classe de vegetação de caatinga (Figuras 8 e 9), que neste estudo abarcou tanto a caatinga densa quanto a rala, ocupa uma área de

aproximadamente 223 km<sup>2</sup>, sendo considerada a classe mais representativa da classificação digital, totalizando 62.37% do território do município e está apresentado na coloração verde. Essa formação vegetal é encontrada no semiárido nordestino, onde há baixo índice de chuvas. No período de seca, é comum perder suas folhas, quase que totalmente, com o intuito de evitar perda de água através da transpiração.



**Figuras 8 e 9.** Vegetação de caatinga, com árvores de pequeno porte. Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012).

Os principais impactos ambientais negativos relacionados ao manejo inadequado da caatinga na área de estudo referem-se ao desmatamento indiscriminado para formação de novas lavouras, pastagens, assim como para a extração de lenha (Figuras 10 e 11); as queimadas; e a utilização de agrotóxicos, cujo principal impacto ao meio é a contaminação do sistema hidrológico, comprometendo tanto as águas superficiais através do escoamento das águas da chuva e da irrigação, quanto as águas subterrâneas, devido a drenagem e percolação no solo. De acordo com a EMBRAPA (2000) a prática das queimadas visa à renovação ou

recuperação da pastagem, a eliminação de plantas daninhas e a adição de nutrientes ao solo, advindos do material vegetal queimado. Em um primeiro instante, a pastagem nasce com mais força e melhor aparência do que a inicialmente existente. No entanto, com o passar dos anos, essa prática provoca degradação físico-química e biológica do solo, causando uma série de danos ao meio ambiente. Nesse sentido, a destruição da caatinga no município de Areia Branca contribui com a aceleração da erosão do solo, causando seu empobrecimento.



**Figuras 10 e 11.** Área de desmatamento para a extração de lenha, constituída por vegetação de caatinga e vegetação exótica (*Prosopis juliflora* – algaroba). Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012). Pilha de lenha encontrada em área de desmatamento, utilizada para alimentar os fornos de cerâmicas da região e de padarias do município. Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012).

Os mangues (Figuras 12 e 13), classe representada pela cor verde escuro, ocupam uma área aproximada de 3 km<sup>2</sup> na pesquisa, ou seja, apenas 0.93% do território, sendo considerada a classe de menor representatividade na classificação digital do uso da terra. Segundo o Conselho Nacional de

Meio Ambiente (2002), em sua resolução 303, os manguezais e toda sua extensão são considerados Área de Preservação Permanente, por apresentar relevante interesse ambiental. A referida resolução entende que o manguezal é um ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, e

está associado, predominantemente, a vegetação de mangue, com influência flúvio-

marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas.



**Figuras 12 e 13.** Área de manguezal localizada na praia de Baixa Grande, fragmentada em função da ação antrópica. Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012).

O município de Areia Branca apresenta uma extensa área de manguezais que vem sendo historicamente degradada devido a falta de planejamento ambiental na fase de implantação e de operação de algumas atividades econômicas consideradas importantes para a região, especialmente a atividade salineira, bem como, devido ao manejo inadequado do uso da terra, de forma generalizada.

A área equivalente ao solo exposto ocupou em torno de 34 km<sup>2</sup> ou 9.45% do território de estudo, e está representada na cor rosa. Compreendem as vias de acesso e as áreas utilizadas para implantação de poços de extração de petróleo e também áreas das salinas.

A região de estudo está inserida na Bacia Potiguar, que representa hoje uma parcela significativa da produção de petróleo no Brasil. A atividade petrolífera gerou uma série de melhorias socioeconômicas para o município alvo deste estudo, contribuindo para o desenvolvimento econômico local, através da arrecadação dos royalties, recursos destinados aos municípios afetados pela exploração de petróleo e gás natural, e da geração de emprego.

Segundo Medeiros *et al.* (2011), a atividade petrolífera teve início no município na década de 80. Na última década, sofreu intensificação em função dos avanços das tecnologias de prospecção de gás e óleo. O referido autor afirma que no ano de 2006, foi possível identificar 412 unidades de área destinadas à

atividade petrolífera, ou seja, áreas onde existem poços de petróleo, estações de beneficiamento e coletoras, além de unidades de produção de gás. Nesse sentido, considerando que cada unidade corresponde a aproximadamente 0.0003 km<sup>2</sup> de área, é possível calcular uma área de 1.24 km<sup>2</sup> desmatados destinada à atividade petrolífera.

Os principais impactos ambientais negativos (Figuras 14 e 15) decorrentes desta atividade são o desmatamento da vegetação de caatinga, a fragmentação da paisagem, alteração da topografia local e emissão de gases e particulados (MEDEIROS *et al.*, 2011). Em consequência do desmatamento, uma série de outros impactos de ordem indireta tendem a agravar o quadro da degradação, como susceptibilidade à erosão dos solos, riscos de assoreamento dos rios e dificuldade de regeneração natural da vegetação.

Acrescente-se a invasão de áreas de dunas e restinga, consideradas ambientes frágeis que devem ser mantidos preservados, uma vez que constituem Áreas de Preservação Permanente, de acordo com a Resolução CONAMA de nº 303 de 2002. Há ainda os riscos de contaminação dos solos por derramamento de petróleo ou de materiais perigosos como fluidos de perfuração e de completação, lubrificantes e combustíveis, podendo causar explosões e incêndios, refletindo no comportamento da fauna local.



**Figuras 14 e 15.** Área de caatinga desmatada para exploração petrolífera, em função da instalação de poços de petróleo. Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012). Área de caatinga desmatada para a abertura de estradas demandas pela atividade petrolífera. Fonte: Gabriella Cynara Minora da Silva (2012).

A classe referente ao núcleo urbano ocupou uma área aproximada de 2 km<sup>2</sup>, o que equivale a 0,61% da área de estudo. O principal problema ambiental derivado da urbanização no município de Areia Branca são os esgotos domésticos. O município não dispõe de um sistema completo de esgotamento sanitário, uma vez que este ainda está em processo de implantação. Nesse sentido, grande parte do esgoto tende ao leito do rio Apodi-Mossoró, contribuindo para a poluição deste recurso natural.

Estão em processo de instalação dois parques de geração de energia eólica na região de estudo, no povoado de Ponta do Mel e no Povoado de São Cristóvão, agravando a situação ambiental deste município. Extensas áreas estão sendo desmatadas na região costeira para a implementação desta atividade (Figura 4).

Segundo a ANEEL (2012) essa atividade irá gerar alguns impactos socioeconômicos positivos para o município, como geração de emprego, renda e arrecadações, promovendo o desenvolvimento regional. No entanto,

impactos ambientais negativos tendem a acontecer, entre os principais estão: impactos sonoros, decorrentes do ruído dos rotores; e impactos visuais, resultantes do agrupamento de torres e aerogeradores.

O mapa de uso da terra apresentou áreas frágeis e utilizadas de maneira equivocada, indo de encontro ao que versa a Legislação Ambiental Brasileira, a exemplo dos manguezais, locais protegidos por lei, uma vez que são considerados berçários da fauna aquática, servindo também de abrigo para essas espécies. Além disso, a vegetação de mangue é considerada fixadora do solo, sua retirada acelera o processo de assoreamento do rio e riachos do município de Areia Branca/RN.

O trabalho de campo foi realizado no dia 07 de julho de 2012, a fim de verificar a precisão do mapa de uso da terra elaborado. Foram visitados dez pontos e com o auxílio do GPS estes locais foram posicionados geograficamente. Obtivemos 50% de erros e 50% de acertos, evidenciando uma exatidão moderada.

## CONCLUSÕES

Na escala 1:75000 a classificação do uso da terra, no município de Areia Branca/RN, apresentou oito classes, três delas congregam 82,44% do tipo de cobertura da terra; caatinga (62,36%), corpos d'água (10,63%) e solo exposto (9,45%). Desta forma, a vegetação de caatinga é a principal cobertura do município de Areia Branca-RN.

Os corpos d'água incluem as salinas, estas têm causado uma série de impactos ambientais negativos, dentre os quais destacam-se o desmatamento da vegetação de caatinga, mata ciliar e de manguezais.

O solo exposto constitui atividades antrópicas; exploração do petróleo em plataforma continental e vias terrestres. Apesar de que os poços representem uma ínfima

parcela do uso da terra, menos que 1%, estão relacionados ao desmatamento da vegetação de caatinga e, principalmente, a emissão de gases poluentes.

O mapa de uso da terra mostrou que é possível aplicar metodologias de classificação

digital, com baixo custo e originando relevantes informações, com o objetivo de ordenar as atividades humanas para que estas originem o menor impacto possível sobre o meio.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. A Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior) pelo apoio financeiro, e a todos que participaram da realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Energia Eólica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> Acessado em: 14 de Julho de 2012.
2. ARAÚJO, S. M. S. **A Região Semiárida do Nordeste do Brasil; Questões Ambientais e possibilidades de Uso Sustentável dos Recursos**. Rios Eletrônica – Revista Científica da FASETE. Ano 5, n. 5, dezembro de 2011.
3. CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. Tese (Doutorado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br>> Acessado em: 10 de Julho de 2012.
4. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2002. **Resolução Conama nº 303**. Disponível em: <[www.mma.conama.gov.br/conama](http://www.mma.conama.gov.br/conama)> Acesso em 13/07/2012.
5. EMBRAPA. **Alternativas para a prática de queimadas na agricultura**. Brasília – DF, 2000. Disponível em: <<http://www.preveqmd.cnpem.embrapa.br>> Acessado em: 12 de Julho de 2012
6. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE - IDEMA. **Perfil do seu Município-2008**. Natal, 2008. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br>> Acessado em: 10 de Julho de 2012.
7. JUNIOR, C. A. S.; BACANI, V. M. **Aplicação de diferentes métodos de classificação supervisionada de imagem Landsat-5/TM na identificação de cana-de-açúcar**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba/PR, abril a maio de 2011, INPE, p. 0085.
8. LOBÃO, J. S. B.; FRANÇA-ROCHA, W. J. S.; SILVA, A. B. **Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 1207-1214.
9. MEDEIROS, W. D. A.; CUNHA, L.; ALMEIDA, A. C. **Dinâmica territorial e impactos ambientais no município de Areia Branca-RN (Nordeste do Brasil): uma análise preliminar**. XIII Encontro de Geógrafos de América Latina 2011. Disponível em: <http://www.egal2011.geo.una.ac.cr/> Acessado em 10 de Junho de 2012.
10. MELLO FILHO, J. A. **Estudo de microbacias hidrográficas, delimitadas por compartimento geomorfológicos, para o diagnóstico Físico Conservacionista**. Santa Maria, 1994. 111 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.
11. NUCCI, J. C.; **Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana**. Revista do Departamento de Geografia, n. 12, p. 209-224, 1998.
12. PELLEGRIN, L. A. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao mapeamento do uso do solo: a bacia do Rio Pará como exemplo**. Belo Horizonte - MG, 2001. Dissertação (Mestrado em Tratamento da Informação Espacial) - Pontífca Universidade Católica de Minas Gerais.
13. PETTA, R. A., GOMES, R. C., ERASMI, S., CAMPOS, T. F. C., NASCIMENTO, P. S. R. **Análise da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró no contexto de alterações ambientais e socioeconômicas ligadas a exploração de petróleo**. Campinas, SP, Outubro de 2007.
14. PONZONI, F. J.; REZENDE, A. C. P. **Influência da resolução espacial de imagens orbitais na identificação de elementos da paisagem em Altamira-PA**. Revista Árvore, Viçosa, v. 26, n. 4, p.403-410, 2002.
15. PRADO, R. B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de barra bonita, SP, como suporte à gestão de recursos hídricos**. São Carlos, 2004. 144 p. Tese (doutorado em Engenharia), Universidade de São Paulo.
16. PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M.; PEREIRA, M. N. **Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição pra o reservatório de Barra Bonita – SP**. Revista Brasileira de Cartografia, n. 59/02, Agosto, 2007.
17. ROSA, R. **A utilização de imagens TM/LANDSAT em levantamento de uso do solo**. Universidade Federal de Uberlândia, MG. VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Manaus-AM. Jun. de 1990.
18. SANTOS, F. F. **Nexos entre qualidade de vida dos Areia-branquenses e saneamento ambiental**. Mossoró – RN, 2004. 182 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.
19. SCHEER, M. A. P. S. & ROCHA, J. V. **Deteção de mudanças do uso da terra no município de Sertãozinho (SP) por meio de técnicas de geoprocessamento, 1981 – 2001**. Revista Brasileira de Cartografia n. 58/02, p. 163-174, Agosto, 2006.
20. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Diagnóstico do município de Areia Branca**. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Setembro de 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>> Acessado em: 13 de julho de 2012.
21. SIMORSAL. **Sindicato dos moageiros e refinadores de sal do Estado do Rio Grande do Norte**. Atas das assembleias ordinárias. Mossoró-RN, 1997, 1998, 1999 e 2000.
22. SOUZA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J.; FERNANDES, M. F. **Avaliação das classes de cobertura**

**vegetal e do uso das terras do sítio Agreste – Itaporanga – PB.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis/SC, abril 2007, INPE, p. 4283-4288.  
23. XAUD, M. R.; EIPHANIO, J. C. N.; XAUD, H. A. M. **Análise da dinâmica das mudanças de uso e cobertura**

**da terra no sudeste de Roraima – Amazônia Setentrional, através da subtração de imagens-fração.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu/PR, abril de 2013, INPE.

*Manuscrito recebido em: 05 de Outubro de 2012  
Revisado e Aceito em: 18 de Junho de 2014*