UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE/PRODEMA

DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA-RN POR GEOTECNOLOGIAS

GABRIELLA CYNARA MINORA DA SILVA

2013
Natal – RN
Brasil

Gabriella Cynara Minora da Silva

DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA-RN POR GEOTECNOLOGIAS

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: **Prof. Dr. Fernando Moreira da Silva**

2013

Natal – RN

Brasil

Catalogação da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial do Centro de Biociências

Silva, Gabriella Cynara Minora da.
Diagnóstico da degradação ambiental no Munícipio de Areia Branca-RN por geotecnologias / Gabriella Cynara Minora da Silva . – Natal, RN, 2013.

107 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Moreira da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA.

1. Planejamento ambiental – Dissertação. 2. Recursos naturais – Dissertação. 3. Geoprocessamento – Dissertação. I. Silva, Fernando Moreira da. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BSE-CB CDU 502/504

GABRIELLA CYNARA MINORA DA SILVA

Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA:

_____

Prof(a). Dr(a). **FERNANDO MOREIRA DA SILVA**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)

_____

Prof(a). Dr(a). **MÁRCIA REGINA FARIAS DA SILVA**
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

_____

Prof(a). Dr(a). **RAQUEL FRANCO DE SOUZA**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)

“Aos meus pais, Antonio José e Antonia Minora e à minha irmã, Mirella”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado a oportunidade de trilhar o caminho que escolhi;

A minha família que sempre me apoiou e incentivou em todos os momentos dessa caminhada;

A Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos;

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Fernando Moreira da Silva, pela paciência e contribuições para a realização deste trabalho.

A Nivaldo Patrício, pela inestimável ajuda com o sensoriamento remoto e amizade.

A Jorge Filho pela ajuda na coleta de dados em campo, pela compreensão nos momentos difíceis e palavras de alento, que em muitos momentos precisei.

A Bruno Albuquerque, aos alunos do LabGeo/Laboratório de Geoprocessamento da UFRN, Débora, Alisson e Fatinha e ao Prof. Dr. Rogério Mau do IFRN, pelas contribuições como o geoprocessamento.

A todos os amigos(as) que torceram por mim e por esta conquista.

Aos professores do Prodema, que contribuíram para a realização deste trabalho, através dos ensinamentos concedidos em sala de aula.

Aos secretários, Érica e David, pelo carinho e atenção a mim dispensados.

A minha tia Elizabete Minora e ao seu esposo, Francisco Rocha pela acolhida.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa: muito obrigada.

RESUMO

Diagnóstico da Degradação Ambiental no Município de Areia Branca-RN por Geotecnologias

O município de Areia Branca-RN está inserido na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião de Mossoró, abrangendo uma área de 357,58 km^2. Compreende uma área de fragilidade do ponto de vista ambiental, pois abriga, juntamente com o município de Grossos-RN, o estuário do rio Apodi-Mossoró. O município de Areia Branca vem sofrendo historicamente com a falta de planejamento no tocante ao uso e ocupação do solo, uma vez que algumas atividades econômicas, atraídas pelas condições naturais favoráveis, têm explorado os recursos naturais de forma inadequada. O objetivo deste estudo é quantificar e analisar a degradação ambiental no referido município. Para isso, inicialmente foi realizada uma caracterização do uso do solo, 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. Nessa perspectiva, 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 do solo 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. Em prosseguimento, aplicou-se a metodologia proposta por Beltrame (1994), o Diagnóstico Físico-Conservacionista, sob algumas adaptações, para obter a quantificação do nível de degradação ou conservação da área de estudo. Como resultados, foram obtidos os índices para os parâmetros propostos na metodologia, permitindo analisar quantitativamente o potencial de degradação de cada setor. Nessa perspectiva, considerando uma escala de 0 a 100, o setor A e o setor B apresentaram valor – 31,20 unidades de risco de degradação física. E o setor C, demonstrou valor – 34,64 unidades de risco de degradação, devendo ser considerado prioridade no tocante à realização de ações conservacionistas.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Uso do Solo, Classificação Supervisionada, Coeficiente KAPPA, SIG, Recursos Naturais, Planejamento Ambiental.

ABSTRACT

Diagnosis of environmental degradation in the city of Areia Branca-RN by geotechnology

The municipality of Areia Branca is within the mesoregion of West Potiguar and within the microregion of Mossoró, covering an area of 357,58 km^2. Covering an area of weakness in terms of environmental, housing, together with the municipality of Grossos-RN, the estuary of River Apodi-Mossoró. The municipality of Areia Branca has historically suffered from a lack of planning regarding the use and occupation of land as some economic activities, attracted by the extremely favorable natural conditions, have exploited their natural resources improperly. The aim of this study is to quantify and analyze the environmental degradation in the municipality. Thus initially was performed a characterization of land use using remote sensing, geoprocessing and geographic information system – GIS in order to generate data and information on the municipal scale, which may serve as input to the environmental planning and land use planning in the region. From this perspective, were used a Landsat 5 image TM sensor for the year 2010. In the processing of this image was used SPRING 5.2 and applied a supervised classification using the classifier regions, which was employed Bhattacharya Distance method with a threshold at 30%. Thus was obtained the land use map that was analyzed the spatial distribution of different types of the use that is occurring in the city, identifying areas that are being used incorrectly and the main types of environmental degradation. And further, were applied the methodology proposed by Beltrame (1994), Physical Diagnosis Conservationist under some adaptations for quantifying the level of degradation or conservation study area. As results, the indexes were obtained for the parameters in the proposed methodology, allowing quantitatively analyze the degradation potential of each sector. From this perspective, considering a scale of 0 to 100, sector A and sector B had value – 31.20 units of risk of physical deterioration. And the C sector, has shown its value - 34.64 units degradation risk and should be considered a priority in relation to the achievement of conservation actions.

KEYWORDS: Geoprocessing, Land Use, Supervised Classification, Kappa coefficient, GIS, Natural Resources, Environmental Planning.

LISTA DE FIGURAS

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

Figura 1 – Componentes de um Sistema 21

Figura 2 – Mapa de localização do município de Areia Branca-RN 26

Figura 3 – Mapa climático do estado do Rio Grande do Norte 27

Figura 4 – Mapa das unidades geológicas do município de Areia Branca-RN 28

Figura 5 – Mapa geomorfológico do município de Areia Branca-RN 29

Figura 6 – Mapa dos solos do município de Areia Branca-RN 31

Figura 7 – Mapa hidrográfico do município de Areia Branca-RN 33

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Mapa de localização do município de Areia Branca-RN 65

Figura 2 – Metodologia utilizada na pesquisa 66

Figura 3 – Classificação temática do uso do solo no município de Areia Branca-RN 66

Figura 4 – Pilhas de sal marinho 67

Figura 5 – Áreas estuarinas utilizadas pelas salinas 67

Figura 6 – Duna móvel, nas proximidades do povoado de São Cristóvão 67

Figura 7 – Duna fixa recoberta por vegetação arbustiva, nas proximidades do povoado de São Cristóvão 67

Figuras 8 e 9 – Vegetação de caatinga, com árvores de pequeno porte 67

Figura 10 – Área de desmatamento para a extração de lenha, constituída por vegetação de caatinga e vegetação exótica (Algaroba - *Prosopis juliflora*) 68

Figura 11 – Pilha de lenha encontrada em área dedesmatamento 68

Figuras 12 e 13 – Área de manguezal localizada na praia de Baixa Grande, fragmentada em função da ação antrópica 68

Figura 14 – Área de caatinga desmatada para exploração petrolífera, em função da instalação de poços de petróleo 68

Figura 15 – Área de caatinga desmatada para a abertura de estradas demandadas pela atividade petrolífera 68

Figura 16 – Área desmatada na região costeira para a construção de um parque eólico..... 69

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Mapa de localização do município de Areia Branca-RN 78

Figura 2 – Cobertura vegetal original do município de Areia Branca-RN, utilizando o NDVI/ano de 1984, dividido por setores 88

Figura 3 – Classificação temática do uso do solo no município de Areia Branca-RN, dividido por setores..... 90

Figura 4 – Área estuarina ocupada pelo crescimento urbano e pelas salinas, no município de Areia Branca-RN 94

Figura 5 – Área costeira considerada frágil, ocupada pelo crescimento urbano, no município de Areia Branca- RN..... 94

Figura 6 – Desmatamento da vegetação de caatinga para utilização da lenha nos fornos das cerâmicas da região, no município de Areia Branca- RN..... 94

Figura 7 – Desmatamento da vegetação de caatinga para implantação de um poço de extração de petróleo, no município de Areia Branca-RN 94

Figura 8 – Mapa de declividade do município de Areia Branca-RN, dividido por setores 95

Figura 9 – Mapa de solos do município de Areia Branca-RN, dividido por setores..... 97

Figura 10 – Gráfico do balanço hídrico climático do município de Areia Branca-RN 98

Figura 11 – Mapa das unidades de risco de erosão do município de Areia Branca-RN, dividido por setores..... 99

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Valores do Índice de Kappa e suas respectivas concordâncias 69

Tabela 2 – Quantificação das áreas ocupadas pelas classes de uso do solo..... 69

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Quantificação das áreas ocupadas pelas classes de uso do solo..... 90

Tabela 2 – Síntese dos índices obtidos em cada parâmetro por setor..... 98

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DA LITERATURA 15

1. 1 Breve Histórico Sobre a Questão Ambiental no Brasil e no Mundo 15

1. 2 Planejamento Ambiental 18

1. 3 Abordagem Sistêmica..... 20

1. 4 Impacto e Degradação Ambiental..... 22

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 26

2.1 Localização 26

2.2 Aspectos Fisiográficos 27

2.2.1Clima 27

2.2.2 Geologia..... 27

2.2.3 Geomorfologia 29

2.2.4 Solos 30

2.2.5 Vegetação 31

2.2.6 Recursos Hídricos 32

3. METODOLOGIA GERAL 34

3.1 Capítulo 1 35

3.2 Capítulo 2 37

4. REFERÊNCIAS 42

CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA-RN, POR TÉCNCAS DE SENSORIAMENTO REMOTO 47

1. INTRODUÇÃO 48

2. MATERIAIS E MÉTODOS 51

2.1 Localização da Área de Estudo..... 51

2.2 Aspectos Físicos Naturais..... 51

2.2.1 Clima 51

2.2.2 Geologia..... 52

2.2.3 Geomorfologia 52

2.2.4 Solos 53

2.2.5 Vegetação 54

2.2.6 Recursos Hídricos 54

2.3 Metodologia 55

2.3.1 Procedimentos Metodológicos..... 56

2.3.1.1 Processamento Digital da Imagem de Satélite 56

2.3.1.2 Recorte da Área de Estudo..... 57

2.3.1.3 Delimitação das Classes de Uso Utilizadas no Estudo e Posterior Classificação Supervisionada pelo Algoritmo Battacharya..... 57

2.3.1.4 Verificação da Verdade Terrestre 57

2.3.1.5 Cálculo do Coeficiente KAPPA..... 58

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 59

3.1 Uso do Solo..... 59

4 CONCLUSÕES..... 64

5 AGRADECIMENTOS..... 65

6 ILUSTRAÇÕES..... 65

6.1 Figuras 65

6.2 Tabelas..... 69

7 REFERÊNCIAS BILBIOGRÁFICAS 70

CAPÍTULO 2 – DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA/RN..... 73

1. INTRODUÇÃO..... 75

2. MATERIAIS E MÉTODOS 77

2.1 Localização da Área de Estudo 77

2.2 Aspectos Físicos Naturais 78

2.2.1 Clima 78

2.2.2 Geologia 79

2.2.3 Geomorfologia 80

2.2.4 Solos 80

2.2.5 Vegetação 81

2.2.6 Recursos Hídricos 81

2.3 Metodologia 82

2.3.1 Material 82

2.3.2 Procedimentos Metodológicos 83

2.3.2.1 Setorização do Município de Areia Branca 85

2.3.2.2 Determinação do Parâmetro Cobertura Vegetal Original (CO) 85

2.3.2.3 Determinação do Parâmetro Cobertura Vegetal Atual (CA) 86

2.3.2.4 Determinação do Parâmetro Declividade Média (DM) 86

2.3.2.5 Determinação do Parâmetro Erosividade da Chuva (E) 86

2.3.2.6 Determinação do Parâmetro Potencial Erosivo do Solo (PE) 86

2.3.2.7 Determinação do Parâmetro Densidade de Drenagem (DD) 87

2.3.2.8 Determinação do Parâmetro Balanço Hídrico (BH) 87

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 87

3.1 Parâmetro Cobertura Vegetal Original (CO) 87

3.2 Parâmetro Cobertura da Superfície Atual (CA) 89

3.3 Parâmetro Declividade Média (DM) 95

3.4 Parâmetro Erosividade da Chuva (E) 95

3.5 Parâmetro Potencial Erosivo do Solo (PE) 96

3.6 Parâmetro Balanço Hídrico (BH) 97

3.7 Diagnóstico Físico-Conservasionista 98

4 CONCLUSÕES 102

5 AGRADECIMENTOS 103

6 REFERÊNCIAS BILBIOGRÁFICAS 103

CONCLUSÕES GERAIS DA DISSERTAÇÃO 106

1. INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Breve Histórico Sobre a Questão Ambiental No Brasil e No Mundo

O conceito de desenvolvimento tem sido alvo de controvérsia. De modo geral, ainda há a visão errônea de condicionar o desenvolvimento apenas ao crescimento econômico, o que faz com que esses conceitos sejam entendidos como sinônimos. No entanto, o conceito de desenvolvimento é mais complexo, pois além do setor econômico, abrange o social, cultural e político. Mais recentemente foram acrescentados o conceito de Desenvolvimento Sustentável e Desenvolvimento Humano, este último com a finalidade de assegurar a realização humana em detrimento dos setores acima citados.

O desenvolvimento deve ser entendido como o resultado do crescimento econômico, acompanhado de melhoria da qualidade de vida, considerando aspectos com diminuição da pobreza e do desemprego, melhoria nas condições de saúde, educação, moradia, e principalmente, segurança alimentar. Souza (1993) aponta a existência de duas correntes de pensamento econômico sobre o tema. A primeira corrente encara o crescimento como sinônimo de desenvolvimento, já a segunda, acredita que o crescimento é condição indispensável para o desenvolvimento, mas não é condição suficiente.

Oliveira (2002) defende a segunda corrente ao afirmar que o desenvolvimento deve ser entendido como um processo complexo de mudanças e transformações de ordem econômica, política e, principalmente, humana e social. O referido autor acredita que o desenvolvimento é o crescimento transformado para satisfazer as mais diversas necessidades do ser humano, tais como: saúde, educação, habitação, transporte, alimentação, lazer, entre outras. Ou seja, mesmo com tanta controvérsia, o crescimento econômico, apesar de não ser condição suficiente para o desenvolvimento, é um requisito para superação da pobreza e para construção de um padrão digno de vida.

É possível perceber ainda hoje a predominância da primeira corrente, que entende o crescimento como sinônimo de desenvolvimento. Isso porque o principal objetivo do modelo de desenvolvimento vigente - o Capitalismo - é o aumento da produção e geração de lucro, deixando em segundo plano, a qualidade de vida. Isso sem falar na dimensão ambiental, já que até pouco tempo o meio ambiente era visto como fonte inesgotável de matéria-prima. Fortalecendo essa ideia, Diegues (1992) afirma que até meados da década de 1960, os custos ambientais refletidos no uso intensivo dos recursos e consequente degradação ambiental, eram considerados normais e necessários ao processo de desenvolvimento. Nesse contexto, a

natureza era vista como elemento imutável, fonte inesgotável de recursos, e não como um sistema vivo com processos e funções próprias.

Nessa perspectiva, a degradação do meio ambiente alcançou níveis jamais vistos, o que levou cientistas do mundo inteiro a repensar esse modelo de desenvolvimento que se mostrou tão predatório para o meio ambiente e injusto socialmente, uma vez que privilegia apenas uma minoria da população mundial. A partir da década de 1960 a comunidade internacional passou a se preocupar com os limites desse desenvolvimento. Nesse contexto, iniciaram-se as discussões sobre os problemas oriundos da degradação ambiental. Diversas conferências e encontros foram realizados em nível internacional, reconhecendo o direito do homem a um meio ambiente sadio e equilibrado, e principalmente, reconhecendo que a preservação ambiental é vital para a sua sobrevivência.

O encontro que gerou mais repercussão foi a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em junho de 1972, em Estocolmo. Resultou na elaboração da Declaração sobre o Meio Ambiente, com 26 princípios estabelecidos de acordo com uma visão global para sensibilizar e orientar o mundo a respeito da necessidade da preservação ambiental. Ainda no ano de 1972, pesquisadores do Clube de Roma (composto por cientistas, industriais e políticos que tinham como objetivo discutir e analisar os limites do crescimento econômico levando em conta o uso crescente dos recursos naturais), publicaram um estudo intitulado “Os Limites do Crescimento”. Segundo este estudo, se mantidos os níveis de industrialização, poluição e espoliação dos recursos naturais, em cem anos seria atingido o limite de crescimento do planeta. Este estudo sugere o congelamento do crescimento industrial, como forma de evitar que o planeta chegue ao seu limite de exaustão (JACOBI, 1999).

Em 1987, a Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas, lança um documento chamado “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como Relatório Brundtland. Esse relatório apresenta ao mundo o conceito de desenvolvimento sustentável como sendo aquele que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. Este relatório, segundo Jacobi (1999), diferentemente do proposto no estudo Limites do Crescimento, não assume uma postura crítica em relação ao desenvolvimento industrial, pelo contrário, estimula esse desenvolvimento para os países de todo o mundo, reforçando as necessárias relações entre economia, tecnologia, sociedade e política, acrescida de uma nova postura ética concernente à preservação do meio ambiente. Sob essa perspectiva, os países subdesenvolvidos conseguiriam ascender (JACOBI, 1999).

Assim, 20 anos após a Conferência de Estocolmo, houve a continuidade das negociações já iniciadas anteriormente. Com o objetivo de transformar algumas propostas em instrumentos de ação, foi realizado no Rio de Janeiro, em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD, conhecida como Rio 92. Esta conferência reuniu representantes de 170 Nações e cerca de 14 mil organizações não-governamentais (ONGs). Na Conferência, diversos documentos foram assinados, como a Convenção sobre Mudanças Climáticas, a Convenção da Diversidade Biológica, a Declaração do Rio para Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Declaração de Princípios para Florestas, e a Agenda 21 Global. Este último foi o principal resultado da Rio 92 e consiste em um conjunto de ações e políticas a serem implantadas pelos países participantes da Conferência, considerando a proteção do meio ambiente, justiça social e desenvolvimento econômico, ou seja, ações para promoção do desenvolvimento sustentável (KOHLER, 2003).

O conceito de desenvolvimento sustentável ainda é novo e precisa de uma melhor fundamentação científica no sentido de criar uma base forte de metodologias e direcionamentos para sua realização. Pensar em sustentabilidade é pensar em mudança de valores, em equidade social e conscientização ambiental; no entanto o que se percebe atualmente são avanços pouco significativos nesse sentido, uma vez que a distribuição de bens e alimentos hoje ainda é substancialmente injusta. São os países desenvolvidos e a elite dos países em desenvolvimento quem detêm a maior renda, o que garante a manutenção de seu padrão de vida, baseado no consumo desenfreado, ficando a grande maioria sem direito ao básico – segurança alimentar. Nessa perspectiva, fica a pergunta: como é possível essa classe pensar nas necessidades futuras da população se ela não consegue suprir suas próprias necessidades atuais? Como fazer valer o que rege o conceito de desenvolvimento sustentável pensando sob essa ótica?

Nesse sentido, faz-se necessário inicialmente promover políticas voltadas para garantir ao menos os benefícios básicos à população, políticas estas vinculadas a preservação dos recursos ambientais, ou seja, pensar políticas sociais em consonância com as políticas ambientais.

Muitos municípios brasileiros tomaram a iniciativa de elaborar suas Agendas 21 locais, com destaque, segundo Malheiros, Philippi Jr. e Coutinho (2008) para os municípios de São Paulo/SP, Rio de Janeiro/RJ e Vitória/ES que criaram suas Agendas 21 em 1996, Joinville/SC em 1998, Florianópolis/SC e Jaboticabal/SP em 2000, Ribeirão Pires/SP em 2003. No Rio Grande do Norte, os municípios que iniciaram a elaboração de suas agendas 21 locais foram Natal, São Paulo do Potengi, Caicó, Assu, João Câmara, Guamaré (KOHLER, 2003); Parnamirim (MACÊDO, 2006); Maxaranguape (SANTOS, 2008); e Grossos

(BRASIL, 2011). Segundo Carvalho, Kelting e Silva (2011), dos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, são 5 os que estão com suas Agendas 21 Locais na fase de implementação: Felipe Guerra, Caraúbas, Frutuoso Gomes, Serrinha dos Pintos e Venha-Ver.

A agenda 21 brasileira foi lançada em 2002. De acordo com Malheiros, Philippi Jr. e Coutinho (2008) sua construção partiu de um processo de planejamento participativo, cujo objetivo era analisar a situação atual do país para identificar potencialidades e fragilidades, visualizando o desenvolvimento futuro de forma sustentável. Nesse sentido, a Agenda 21 brasileira apresenta-se como um importante documento de subsídio à formulação de políticas comprometidas com o desenvolvimento duradouro, na medida em que incorpora princípios, compromissos e objetivos estabelecidos na Agenda 21 Global, aplicando-os ao contexto nacional.

Para que funcione efetivamente, a política ambiental no Brasil precisa ser mais seriamente planejada, aplicada e fiscalizada, de maneira participativa e partindo sempre do princípio de que as dimensões social, ambiental, política e econômica sejam incorporadas no processo, levando em consideração as especificidades de cada localidade. A partir dessa perspectiva integradora, pode ser estabelecida a equidade social fundamentada no equilíbrio ambiental.

1.2 Planejamento ambiental

O meio ambiente vem sofrendo uma série de transformações negativas ao longo das últimas décadas, decorrentes da ausência ou falha no planejamento de algumas atividades econômicas, seja no âmbito rural ou urbano, assim como pela expansão das cidades, resultando no uso indiscriminado dos recursos ambientais, demandado pelo processo produtivo orientado pelo capitalismo e consequente degradação ambiental.

A relação entre o homem e a natureza vem se mostrando catastrófica, uma vez que as ações humanas, impulsionadas pelo modelo de desenvolvimento vigente, conduziram a um desequilíbrio jamais visto antes, o que levou a comunidade científica a acreditar que estamos vivenciando uma crise ambiental. Segundo Leff (2009), a crise ambiental se manifesta tanto na destruição do meio físico e biológico, como também na degradação da qualidade de vida, seja no âmbito rural ou urbano.

O planejamento ambiental é fundamental para minimizar esses efeitos ambientais negativos, pois se traduz em ações cujos objetivos são recuperar, preservar, controlar e conservar a qualidade ambiental de determinada localidade. Em complementaridade Nucci

(1998) explica que o planejamento ambiental deve ser conduzido a partir de uma visão interdisciplinar, propondo uma regulamentação dos usos e dos recursos ambientais.

O autor supracitado explica de maneira detalhada como ocorre, atualmente, a proposição de medidas para o planejamento do espaço, evidenciando suas deficiências.

> Quando se pensa em planejamento do espaço, está se pensando no "todo", nos aspectos sociais, econômicos e naturais, mas faz-se necessário uma divisão desse espaço para um melhor entendimento, pois as metodologias de estudo até agora conhecidas ainda não foram capazes de estudar o espaço levando em consideração todas as suas variáveis e inter-relações. Portanto, o que atualmente tem acontecido são estudos em esferas diferentes do planejamento com uma posterior tentativa de sínteses parciais, dentro de cada linha de estudo, e depois uma síntese mais global com o intuito de propor medidas de planejamento do espaço. Entretanto, no momento de se fazer essa síntese final, nem todos os aspectos estudados são considerados na tomada de decisões (NUCCI, 1998, p. 210).

De acordo com Floriano (2004), planejamento ambiental é uma expressão recente, usada com maior frequência nos últimos dez anos, pois em julho de 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, a ECO-92, foi criado um dos documentos principais relacionados ao planejamento ambiental, a AGENDA 21. Este elencava que o planejamento deveria ser desencadeado de maneira hierárquica, do nível global, para o nacional, regional (estadual), até o nível local (ou municipal), com o objetivo de melhoria da qualidade de vida do ser humano e de conservação e preservação ambiental.

Rodriguez, Silva e Cavalcante (2010) entendem o planejamento ambiental do território como um elemento tanto básico quanto complementar, para a elaboração dos programas de desenvolvimento econômico e social e para a otimização do plano de uso, manejo e gestão de qualquer unidade territorial.

Segundo Chistofoletti (1999) os programas de uso dos sistemas ambientais necessitam do planejamento ambiental como elemento condicionante de planos nas escalas local, regional e nacional, uso do solo rural, execução de obras de engenharia e planejamento econômico. Na medida em que focaliza os ecossistemas e os geossistemas (sistema físico), seus objetivos podem sublinhar perspectivas ecológicas e geográficas.

Na perspectiva deste estudo, Silva (2003) resume bem a idéia de planejamento ambiental quando diz que:

> O planejamento ambiental é um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análise sistematizadas das informações através de procedimentos e métodos, para se chegar a decisões ou escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis em função de suas potencialidades, e com a finalidade de se atingir metas específicas no futuro, levando à melhoria de determinada situação e a qualidade de vida das sociedades. Um importante papel que se destina o planejamento ambiental é ainda o de direcionar os instrumentos metodológicos, administrativos, legislativos e de gestão para o desenvolvimento de atividades num determinado espaço e tempo, incentivando a participação

> institucional e dos cidadãos, induzindo relações mais estreitas entre sociedade e autoridades locais e regionais (SILVA, 2003, p. 09).

Diante do panorama atual, não é mais possível pensar no desenvolvimento sem condicioná-lo a um planejamento ambiental prévio, criando alternativas sustentáveis no que diz respeito ao uso dos recursos e ocupação dos espaços, pois como se sabe, a economia não é capaz de se manter sem o capital natural.

1.3 Abordagem Sistêmica

Para compreender a dinâmica do planeta Terra é necessária uma abordagem integradora ou sistêmica, com a qual seja possível pensar a Terra como um todo, incluindo o ser humano e as alterações que estes provocam no meio ambiente. Todos os sistemas do planeta interagem uns com os outros, dessa maneira, o que acontece em um determinado sistema, provavelmente, refletirá em outro, positiva ou negativamente. Segundo Limberguer (2006), atualmente não há mais como tratar o ser humano sem considerar um espaço geográfico, assim como não é possível referir-se a um ambiente físico sem relacioná-lo a uma intervenção antrópica, por menor que seja, pois as diferentes escalas e esferas necessitam ser integradas.

A Teoria dos Sistemas aplicada à geografia iniciou-se nos Estados Unidos nos anos de 1950 e 1960. Na década de 1950, a Teoria dos Sistemas foi aliada ao Método Quantitativo dentro da geografia. Isso foi possível graças à Teoria dos Modelos, que resultou na aplicação de modelos matemáticos e análise dos componentes físicos do ambiente. A somatória desses conhecimentos possibilitou uma nova configuração aos estudos geográficos, diferente da desenvolvida até então. Os resultados das aplicações dos estudos sistêmicos decorrentes em parte daquele movimento, constituem-se hoje como métodos de estudos aplicados à geografia (MENDONÇA, 1989).

Segundo Limberguer (2006), ao considerar a Terra como um geossistema, é possível afirmar que qualquer alteração em qualquer de seus componentes, que exceda seu limite de resistência, pode desestabilizá-lo e levá-lo a uma readaptação para um novo estado de equilíbrio. Esta análise pode ser aplicada para o estudo dos impactos ambientais e para a emergência da relação sistema sócio-econômico e sistema ambiental físico.

Dessa maneira, a análise sistêmica e sua complexidade, nos permite criar conhecimentos sobre a natureza, sua estrutura e os elementos que a compõem, entender como uns influenciam os outros, o papel e função de cada um de seus componentes e como o homem e suas ações modificam a organização espacial de um dado território. A partir do

entendimento de como a natureza funciona, é possível buscar resoluções para os problemas que o homem enfrenta. (VEADO, 2001).

De acordo com Mendonça (1989) a análise sistêmica, pode ser entendida como um conjunto de objetos ou atributos e suas relações, orientadas para executar uma função particular. Em complementaridade, este autor afirma que os sistemas podem ser classificados em isolados ou não isolados, sendo os isolados aqueles que fecham em si mesmos um ciclo de atividades. E os sistemas não isolados são todos aqueles que mantêm relações com os demais, podendo ser fechados, a exemplo do ciclo hidrológico, e abertos, como os morfológicos.

Nesse sentido, a área de estudo pode ser considerada um sistema, visto que o município de Areia Branca abriga parte do baixo curso do Rio Apodi Mossoró e sua foz, constituindo um sistema natural aberto ou um sistema ambiental.

Segundo Christofoletti (1979) um sistema é definido como o conjunto dos elementos e das relações e interações entre si e seus atributos. No entanto, quando se define um sistema particular para se estudar, é necessário pensar que este não está isolado, uma vez que funciona dentro de um ambiente e faz parte de um conjunto maior, o qual se encontra organizado em virtude das inter-relações entre as unidades, e o grau de organização destas permite que o conjunto assuma a função de um todo que é maior que a soma de suas partes. Nessa perspectiva deve-se considerar que os sistemas devem ter (Figura 1):

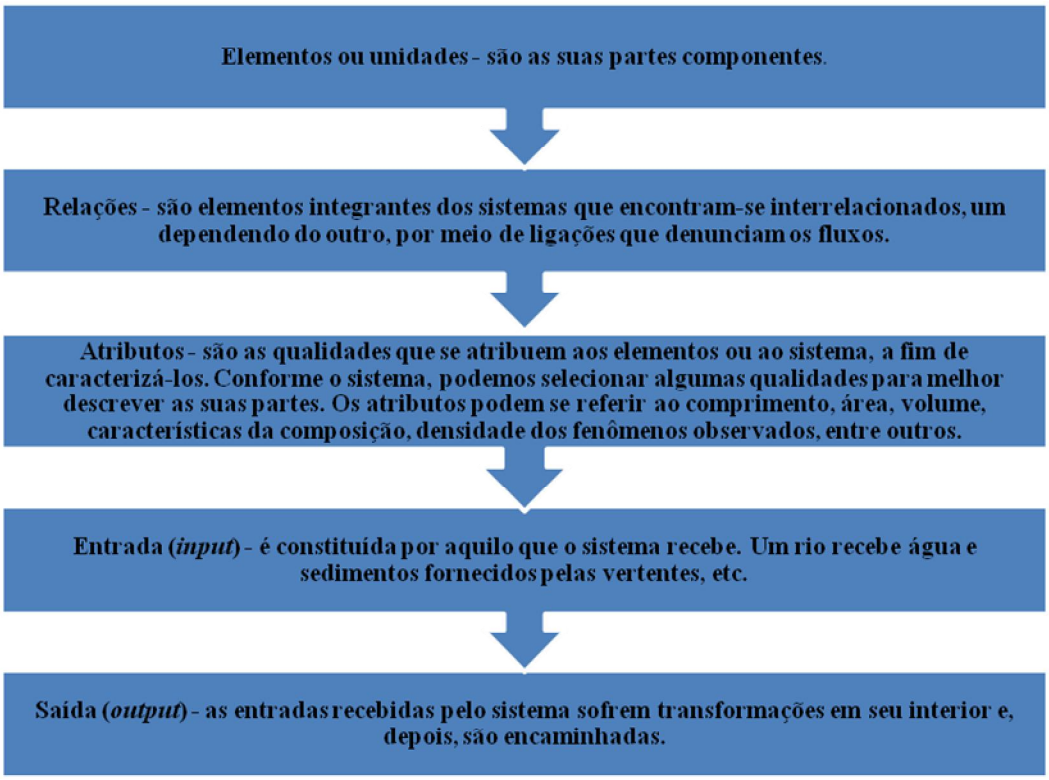


Figura 1. Componentes de um sistema.

Fonte: Christofoletti (1979).

Afirma ainda este autor que os sistemas são também compostos de outros aspectos importantes que devem ser abordados, como a entrada e saída de matéria, a energia e a estrutura. Nesse sentido, a matéria corresponde ao material a ser mobilizado por meio do sistema; a energia é representada pela força que desencadeia o seu funcionamento; e a estrutura é constituída pelos elementos e suas relações, expressa no arranjo de seus componentes.

Perez Filho e Vicente (2003) explicam que o desafio oriundo da abordagem sistêmica, fruto direto da Teoria dos Sistemas, é o do entendimento da complexidade do todo. Ou seja, se a complexidade da natureza não foi reduzida a comportamentos lineares, muito menos o será quando encarada sob uma perspectiva ambiental, onde o Homem é parte integrante. Não é possível entender essa realidade por partes, separá-las, e depois juntá-las para que funcionem novamente.

1.4 Impacto e Degradação Ambiental

Os termos impacto e degradação ambiental têm sido comumente empregados em estudos relacionados ao meio ambiente. Por apresentarem relevante importância neste estudo, serão discutidos alguns conceitos destes termos.

Inicialmente é importante ressaltar que há uma nítida confusão nos conceitos de poluição, impacto ambiental e degradação ambiental na legislação ambiental brasileira. De acordo com Sánchez (2006) até meados da década de 1980, o conceito de degradação ambiental no Brasil era dado pelo termo poluição, às vezes com o emprego subsidiário de termos como devastação no caso de supressão de extensas áreas de cobertura vegetal nativa.

O conceito legal de impacto ambiental contido na Resolução 01/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, apresenta uma definição similar ao de poluição da Lei Federal 6.938/81. Esta resolução define impacto ambiental, em seu Art. 1º, como sendo:

> Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: I- a saúde, a segurança, o bem estar da população; II- as atividades sociais e econômicas; III- a biota; IV- as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V- a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

É possível perceber que a Resolução 01/86 do CONAMA restringe o conceito de impactos ambientais como apenas oriundos de ações antrópicas, de maneira que não considera que estes podem também ocorrer em virtude de eventos naturais.

Já Guerra e Guerra (2006) apontam,

> Impacto ambiental: Expressão utilizada para caracterizar uma série de modificações causadas ao meio ambiente, influenciando na estabilidade dos ecossistemas. Os

> impactos ambientais podem ser negativos ou positivos, mas, nos dias de hoje, quando a expressão é empregada, já está implícito que os impactos são negativos. Os impactos podem comprometer a flora, fauna, rios, lagos, solos e a qualidade de vida do ser humano.

Em continuidade, Macedo (2002, apud OLIVEIRA, 2003, p. 27), apresenta um conceito abrangente do termo impacto ambiental, por considerar que este pode ser oriundo de causas naturais e antrópicas, além de apresentar efeitos benéficos ou negativos. Este autor conceitua impactos ambientais como sendo

> [...] todos os efeitos sensíveis provenientes das alterações de ordem física, química, biológica, social, econômica e cultural do ambiente, adversos e benéficos causados por qualquer processo de transformação ambiental, antrópico ou não, que, direta ou indiretamente, afetem: I – a saúde e o bem-estar presente e futuro do indivíduo e das comunidades de que participa; II – as atividades sociais, econômicas e culturais ocorrentes e previstas; III – a qualidade presente e futura dos recursos e fatores ambientais; IV- a estabilidade presente e futura dos ecossistemas, constituídos ou em transição; V – as possibilidades de reabilitação e recursos e fatores ambientais.

A lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, artigo 3, inciso II, aponta a degradação da qualidade ambiental como sendo a alteração adversa das características do meio ambiente. Ou seja, a referida lei denota ao termo degradação ambiental um caráter apenas de adversidade, ou seja, um caráter negativo.

A degradação ambiental altera as funções ambientais, prejudicando a biodiversidade, em diferentes graus de intensidade. O uso indiscriminado dos recursos ambientais exigidos para suprir as demandas de consumo inerentes ao capitalismo aumentou substancialmente os níveis de degradação ambiental no planeta. O que se percebe hoje são ecossistemas sendo fortemente agredidos para alimentar esse sistema econômico, em alguns casos chegando a um nível de degradação que excede sua capacidade de suporte e de resiliência, sendo necessária a intervenção humana através de práticas de mitigação desses ambientes.

Segundo Guerra e Guerra (2006),

> Degradação ambiental: É a degradação do meio ambiente causada pela ação do homem, que na maioria das vezes, não respeita os limites impostos pela natureza. A degradação ambiental é mais ampla que a degradação dos solos, pois envolve não só a erosão dos solos, mas a extinção de espécies vegetais e animais, a poluição de nascentes, rios, lagos e bacias, o assoreamento e outros impactos prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem.

Importante salientar que a degradação ambiental além de ter um enfoque somente negativo, não é apenas de causa antrópica. Como explicam Guerra e Cunha (2003), é possível que muitos processos ambientais como lixiviação, erosão, movimentos de massa e cheias, tenham ocorrido com ou sem a intervenção humana. Isso quer dizer que bacias hidrográficas podem sofrer alterações em função de causas associadas a fenômenos naturais. No entanto, percebe-se que nos últimos anos, o ser humano tem contribuído como um agente catalisador dos processos que modificam e desequilibram a paisagem.

Segundo Bitar e Ortega (1998, p. 506, apud Meneguzzo, 2006, p. 4) ações pontuais e isoladas em bacias hidrográficas objetivando tentar recuperar a qualidade ambiental são em certos casos ineficazes, uma vez que os processos de degradação ambiental constituem-se em problemas sistêmicos.

A bacia necessita ser entendida como um todo, de modo que projetos de recuperação de bacias levem em consideração essa propriedade. Além de ações para mitigar a degradação existente nas bacias, faz-se necessário que haja uma preparação da população local a respeito dessa intervenção, associada a uma conscientização da mesma sobre a relação entre as condições ambientais e qualidade de vida.

Os cursos fluviais sempre representaram importante condicionante no que se refere ao uso e ocupação do solo, uma vez que historicamente, os povos foram se estabelecendo e ocupando áreas próximas aos rios, em função das facilidades que estes apresentavam. Segundo Meneguzzo (2006), os múltiplos usos dos sistemas hidrográficos, para fins de abastecimento hídrico, irrigação, implantação de infra-estrutura ou lazer, definem a importância que as bacias de drenagem representam para a humanidade.

Meneguzzo (2006) afirma ainda que a concentração da população em áreas urbanas e peri-urbanas e a falta de planejamento de uso e ocupação do solo no Brasil, têm afetado de forma negativa os sistemas de drenagem. Os rios, que deveriam servir para abastecimento de água para a população e para a agricultura, têm sido utilizados como emissários de esgoto doméstico e industrial.

É nesse contexto que a área-objeto desta pesquisa se insere, ou seja, o município de Areia Branca está localizado no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Mossoró, abrangendo uma área de 357,58 km^2. Abriga o estuário do rio Apodi Mossoró e condições naturais que favoreceram o desenvolvimento de atividades produtivas, como a salineira, a petrolífera, e a agropecuária.

Tais atividades, no entanto, em função de se desenvolverem sem um planejamento adequado às condições ambientais locais, têm sido responsáveis por um quadro de degradação ambiental que necessita de estudos, especialmente, na faixa estuarina.

Segundo Carvalho, Kelting e Silva (2011) o município de Areia Branca possui o maior valor absoluto quanto à produção industrial por km^2 (100% após o ajuste proporcional) em relação aos outros municípios da Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, seguido de Mossoró e Grossos, com 55% em ambos os municípios. Esse destaque se dá em função da produção de petróleo em terra e das salinas mecanizadas, segundo estes autores.

O Estuário do rio Apodi-Mossoró vem sofrendo fortes danos ambientais decorrentes do lançamento de esgotos *in natura* no leito do rio, que pode causar a contaminação deste.

Soma-se a isto o problema do desmatamento da mata ciliar, que é um fato que remonta à fase de instalação das salinas no município, pois esta atividade econômica se fixou principalmente às margens do rio Apodi-Mossoró e da zona costeira da cidade. A implantação das salinas causou ainda a invasão de Áreas de Preservação Permanente (APP), locais protegidos pela Lei 12.651/2012, que institui o novo Código Florestal Brasileiro, como é o caso das áreas de manguezais que possuem importância vital para a manutenção da vida deste rio. Há também o caso das águas-mães resultantes do processo de produção do sal marinho, que em parte são lançadas no leito do rio sem nenhum tratamento prévio, provocando a salinização deste curso d'água. Em outros casos as águas-mães são depositadas nas planícies de inundação, causando a salinização do solo, inviabilizando o desenvolvimento da agricultura nestes locais (SILVA, SILVA e MEDEIROS, 2013).

A atividade petrolífera também merece destaque neste estudo, uma vez que esta desencadeou uma série de danos ambientais como o desmatamento para perfuração de poços e a contaminação por vazamentos. O desmatamento pode desencadear uma série de outros impactos de ordem indireta que tendem a agravar o quadro da degradação, como susceptibilidade à erosão dos solos e assoreamento do rio, além da dificuldade de regeneração natural da vegetação, entre outros. Já a contaminação por vazamentos de petróleo ou materiais perigosos, além de contribuir para a degradação dos solos, pode causar explosões e incêndios e a consequente fuga da fauna local (SILVA, SILVA e MEDEIROS, 2013).

Diante disso, o objetivo geral deste trabalho é realizar um diagnóstico da degradação ambiental no município de Areia Branca-RN, de modo que este possa contribuir com a sensibilização e até mudanças, por parte do setor industrial, assim como dos produtores rurais e do poder público, na maneira de utilização das terras, subsidiando ações de recuperação ambiental e de uma exploração galgada nos princípios da sustentabilidade.

Para se alcançar o objetivo geral foram traçados objetivos específicos, são eles:

- Identificar e analisar os tipos de degradação ambiental encontrados na área de estudo;

- Caracterizar o meio físico e biótico da área de estudo a partir da elaboração de mapas temáticos de hidrografia, geologia, geomorfologia, tipos de solos, declividade, cobertura vegetal original e cobertura vegetal atual.

- Verificar o uso do solo no município;

- Quantificar os níveis de degradação ambiental;

- Analisar as potencialidades e as fragilidades ambientais da área;

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização

Localizado no Estado do Rio Grande do Norte, o município de Areia Branca (Figura 2), situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião de Mossoró, e abrange uma área de 357,58 km^2.

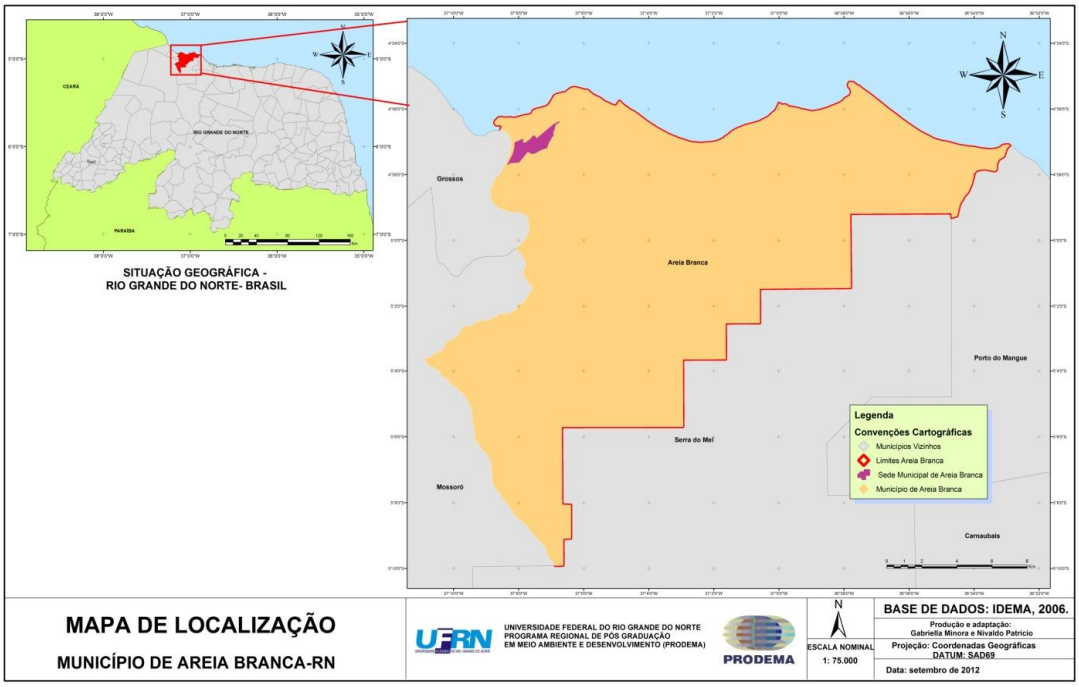


Figura 2. Mapa de localização da área de estudo, Areia Branca-RN.

Fonte: Idema (2006).

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 (COMPANIA DE PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS - CPRM, 2005).

A população estimada é de 25.315 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 70,79 hab/km^2 de acordo com o censo do IBGE do ano de 2010 (IBGE, 2012).

2.2 Aspectos Fisiográficos

2.2.1 Clima

A área de estudo apresenta como clima característico tipo BSw'h, com uma sensação térmica muito quente (IDEMA, 2008). A classificação de Köppen (1918) aponta que o clima é predominantemente quente com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca (Figura 3). 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 ºC e máxima de 33,0 ºC, com umidade relativa média anual de 69%, apresentando um tempo de insolação estimado em 2.700 horas/ano (IDEMA, 2008).

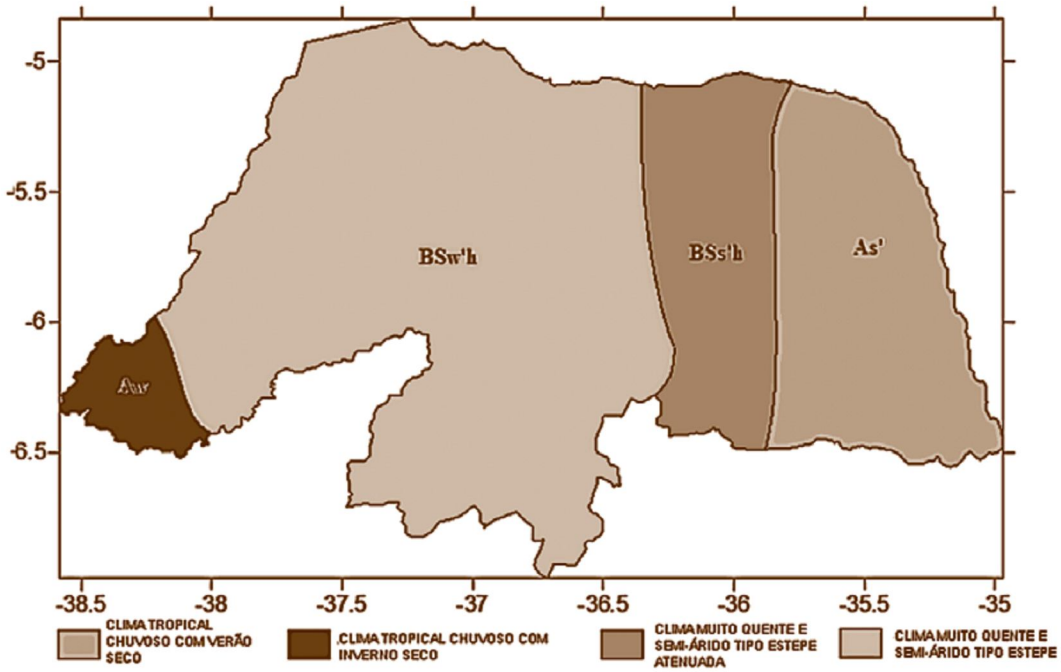


Figura 3. Mapa climático do estado do Rio Grande do Norte.

Fonte: Silva (2009).

2.2.2 Geologia

Geologicamente, o município de Areia Branca está inserido na província Borborema e é 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 evaporitos na base. Esta

formação possui idade em torno de 90 Ma, correspondentes ao Cretáceo. Os Depósitos aluvionares, presentes na região estuarina do rio Apodi-Mossoró, são constituídos por areias, cascalhos e níveis de argila. Estes depósitos estão distribuídos nas margens e nos canais de drenagens, e são constituídos basicamente por sedimentos areno-argilosos. 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 tercio-quaternária, ou seja, possuem 30 Ma e é constituído por arenitos e conglomerados, com intercalações de siltitos e argilitos, dominantemente associados a sistemas fluviais. E Paleocascalheiras são formados por paraconglomerados com seixos de quartzo, sílex e fragmentos líticos, matriz areno-argilosa avermelhada (CPRM, 2006).

A figura 4 apresenta o mapa das unidades geológicas da área de estudo.

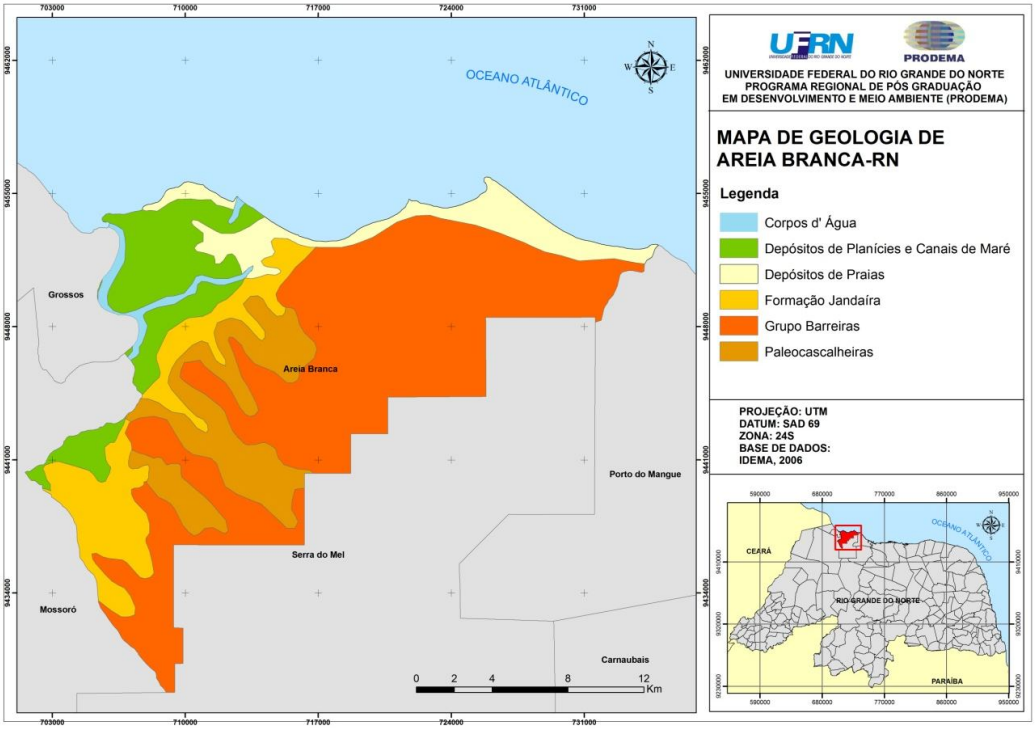


Figura 4. Mapa das Unidades Geológicas do município de Areia Branca-RN.

Fonte: IDEMA (2006).

2.2.3 Geomorfologia

A geomorfologia da região é constituída pelas seguintes unidades geomorfológicas, segundo Petta, Gomes, Erasmi et al. (2007).

-Formas de acumulação - Planície fluviomarinha. Trata-se de 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.

- Formas erosivas - Superfície pediplanada. É uma superfície plana elaborada por processos de pediplanação, ocorrendo em diversos tipos de litologias.

- E Formas de dissecação - 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, GOMES, ERASMI et al., 2007).

A Figura 5 apresenta o mapa da geomorfologia na área de estudo.

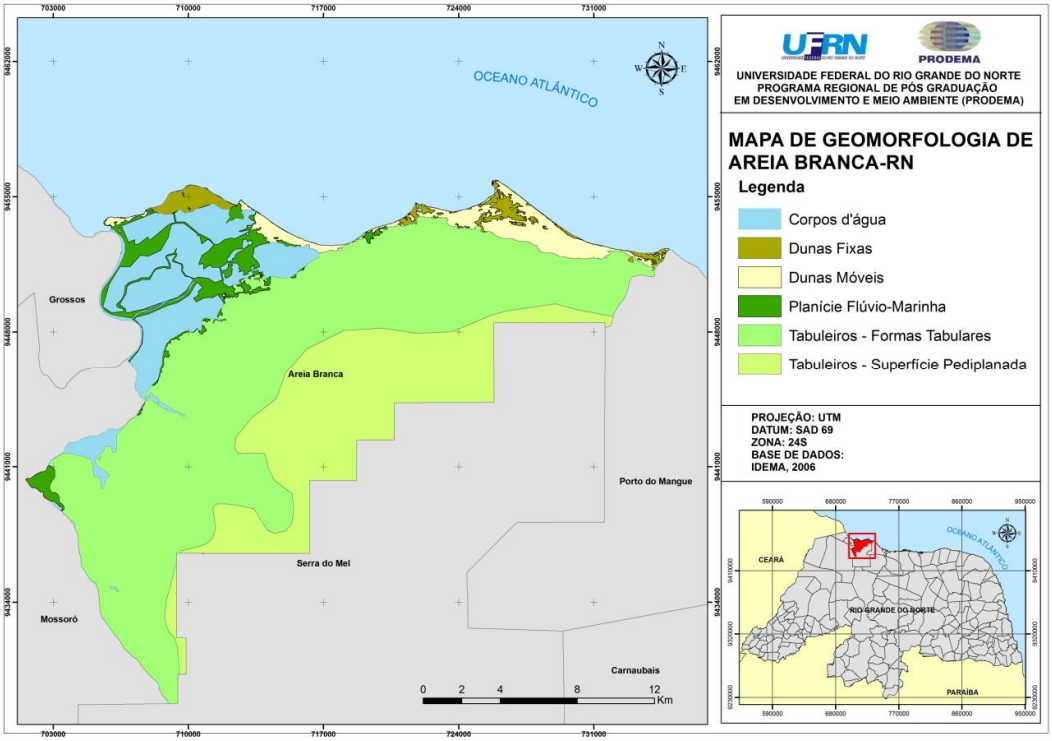


Figura 5. Mapa geomorfológico do município de Areia Branca-RN.

Fonte: IDEMA (2006).

Em complementaridade, o IDEMA (2008) revela que o município apresenta menos de 100 metros de altitude. É constituído pelas seguintes formas de relevo - Planície Costeira, formada por praias que têm como limites, de um lado, o mar, e, de outro, os 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 apresentar relevos planos de baixa altitude, também denominados planaltos rebaixados, formados basicamente por argilas (barro), localizados próximo ao litoral, às vezes chegando lá.

A combinação dos processos de acumulação fluvial e marinha resultou em uma área plana, apresentando ótimas condições para a extração do sal marinho, pois se trata de uma área sujeita a inundações periódicas (IDEMA, 2008).

Essas aptidões naturais características da região para a realização da atividade salineira foram manejadas de maneira inadequada, visto que esta atividade se instalou, historicamente, às margens do Rio Apodi-Mossoró, que é considerada uma área de preservação ambiental, protegida pela Lei 12.651/2012, que instituiu o novo Código Florestal Brasileiro. Significa dizer que atualmente esta ocupação se encontra irregular do ponto de vista do cumprimento à legislação ambiental vigente.

O relevo é predominantemente plano na faixa litorânea, sem a presença de inclinações relevantes, sendo que a foz do rio Apodi-Mossoró apresenta o ponto mais baixo da região.

O conhecimento geomorfológico da região é fundamental para o diagnóstico da degradação ambiental, pois em geral são as formas de relevo que condicionam o uso e ocupação do solo. Isso porque a geomorfologia possui um papel integrador na busca da compreensão dos processos de evolução do relevo e dos impactos causados pela ação antrópica (GUERRA; CUNHA, 2003).

2.2.4 Solos

A distribuição dos tipos de solos e suas características morfológicas segundo Chueh (2004) são fatores condicionantes importantes a serem considerados na análise integrada de um ambiente, pois a convenção que estabelece o uso e/ou parcelamento da terra, além de outras, está relacionada com a gênese e formação dos tipos de solo, o que permitirá estabelecer parâmetros para limitar ou não os seus diferentes usos.

Os principais tipos de solos encontrados na área de estudo (Figura 6) são os Latossolos Vermelho Amarelos e Areias Quartzosas Marinhas (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 (IDEMA, 2008).

As Areias Quartzosas Marinhas representam solos característicos de áreas de dunas, compreendendo tanto as dunas fixas, que em geral são recobertas por vegetação de restinga, quanto as dunas móveis. São solos excessivamente drenados e pouco férteis. (BRASIL, 1971).

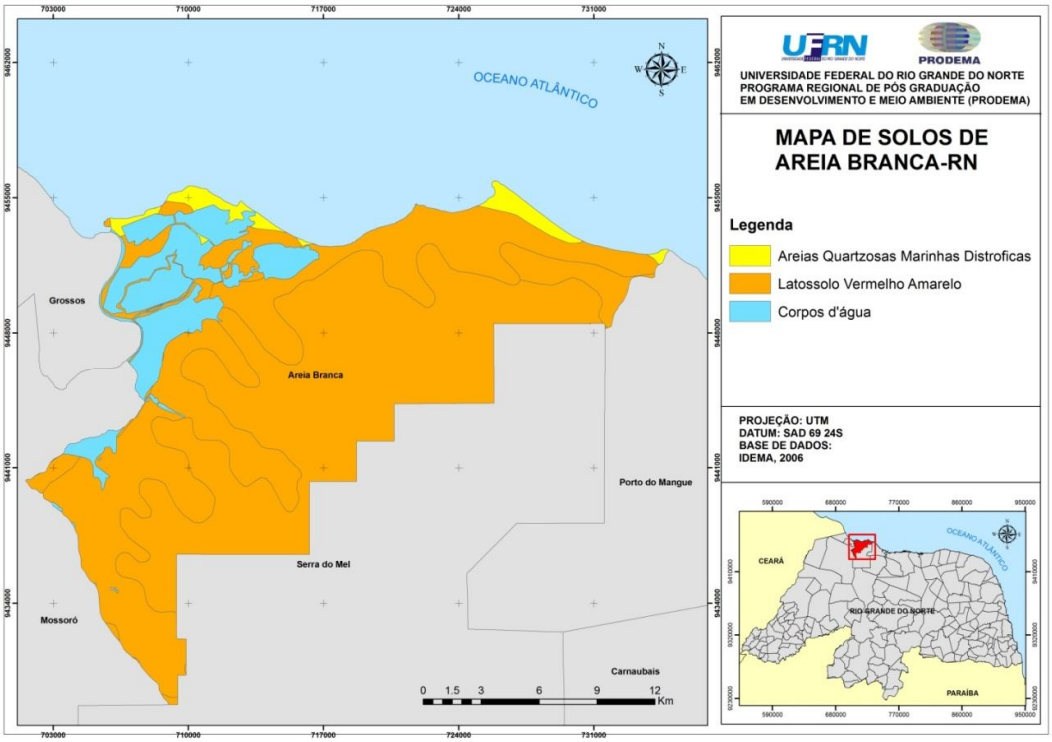


Figura 6. Mapa dos solos do município de Areia Branca-RN.

Fonte: IDEMA (2006).

Esses solos favorecem o desenvolvimento da agricultura do tipo familiar com ausência total ou parcial de instrumentos tecnológicos para manejo. O município 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, coco e a monocultura do caju, está última com forte tendência a causar degradação ambiental (IDEMA, 2008).

2.2.5 Vegetação

Segundo o IDEMA (2008), é possível identificar na área de estudo, três tipos de vegetação, são elas:

- Caatinga hiperxerófila, caracterizada por ter um 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 considerado um depósito arenoso de origem marítima e a vegetação que cobre essa planície arenosa é tida como sendo vegetação de

preservação permanente (BRASIL, 2012). Esse tipo de vegetação é comumente encontrada na zona costeira da área de estudo.

- Manguezal, constitui um sistema ecológico 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.

Os manguezais, na área de estudo, vêm sendo historicamente desmatados em função do crescimento urbano e da expansão de atividades econômicas, com destaque para a atividade salineira. Isso tende a causar uma aceleração do processo de assoreamento do rio Apodi-Mossoró, além da fragmentação desse ecossistema e perda da biodiversidade.

2.2.6 Recursos Hídricos

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

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).

É no município de Areia Branca que se encontra a foz do rio Apodi-Mossoró, isto quer dizer que ele deságua no mar no perímetro que banha a cidade.

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).

A Figura 7 representa o mapa da hidrografia da área de estudo.

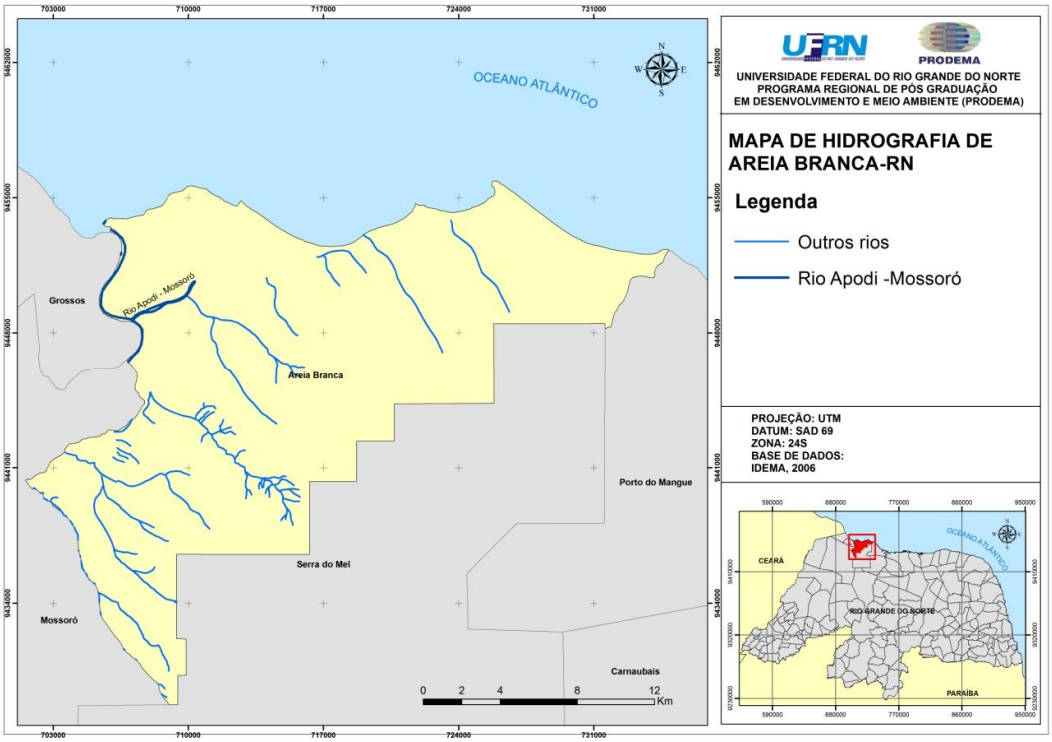


Figura 7. Mapa Hidrográfico do município de Areia Branca-RN.

Fonte: IDEMA (2006).

3. METODOLOGIA GERAL

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho está fundamentada 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 a 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 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, o que proporcionou uma análise mais detalhada da área de estudo.

Segundo Barbosa (1997), nas últimas décadas, a pesquisa científica concernente aos recursos naturais gerou novos dados passíveis de serem mapeados. No entanto, a crescente massa de dados tornou praticamente impossível mapeá-los manualmente. Isso gerou a necessidade de desenvolver ferramentas automáticas e computadorizadas para manipulação destes dados, tais ferramentas foram denominadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

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 geografia dentro de uma instituição (CÂMARA, 1995, p. 7).

Utilizou-se também como ferramenta o Geoprocessamento, e dentro deste, o sensoriamento remoto, com a inclusão de GPS - *Global Positioning System* e Câmera digital para registrar as informações obtidas no campo.

O termo sensoriamento remoto apareceu pela primeira vez na literatura científica em 1960. Por definição, refere-se a um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informações sobre objetos, sem que haja contato físico entre eles (CASTRO JÚNIOR, 2001).

Para a elaboração dos mapas de localização, geológico, geomorfológico, de solos e de recursos hídricos foram utilizados dados em formato shapefile (shp,) disponibilizados pelo IDEMA, para o ano de 2006.

3.1 Capítulo 1

No primeiro capítulo, 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. Utilizou-se imagem LANDSAT 5 sensor TM (*Thematic Mapper*) de 09/06/2010. Órbita/Ponto: 215/064. Resolução espacial de 30 metros.

O SPRING é um software livre desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)/Divisão de Processamento de Imagens (DPI) e tem como objetivos: a construção de um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional; tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado; fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais; e ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias (INPE, 2012).

De acordo com Lang e Blaschke (2009), o programa Landsat-TM constitui hoje, a mais importante fonte de dados de satélites óticos, devido especialmente à alta persistência temporal do programa (desde 1972), à elevada resolução espectral do satélite TM, bem como à rede de estações em Terra e de recepções espalhadas por todo o globo terrestre.

O sensor espectral TM foi lançado a bordo do satélite Landsat 5. Possui separação espectral compatível com seu principal propósito que é oferecer subsídios para mapeamentos temáticos na área de recursos naturais. Continua em atividade no satélite L5 e opera com 7 bandas nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal. Apresenta melhor resolução espacial, acurácia radiométrica e posicionamento geométrico que seu antecessor, o sensor MSS. Os dados do sensor TM foram utilizados em pesquisas e definições de metodologias em amplas áreas do conhecimento científico e tiveram importância singular para a evolução das técnicas desenvolvidas e utilizadas no sensoriamento remoto mundial (EMBRAPA, 2009).

O primeiro capítulo aborda uma caracterização do uso do solo no município de Areia Branca-RN.

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 (2006) 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 do solo.

Segundo Prado (2004) os classificadores utilizados na classificação podem ser divididos em dois tipos, *pixel a pixel* e por regiões. Nesta pesquisa 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. Na classificação supervisionada aplicando classificadores por regiões, em princípio, a imagem é segmentada em regiões, e posteriormente, cada região é associada a uma classe. Para Hussain (1991 apud PRADO, 2004), a segmentação é o processo em que uma imagem é subdividida em partes constituintes ou regiões, baseando-se em propriedades dos *pixels*, como nível de cinza e textura. É durante a fase de segmentação que objetos ou outras entidades de interesse são extraídos para um posterior processamento.

Após a realização da classificação supervisionada, foi feito o trabalho de campo a fim de comprovar a verdade terrestre, ou seja, identificar até que ponto a classificação digital corresponde com a realidade. Em função disso, foram escolhidos 10 pontos para verificação em campo, sendo estes sempre que possível, situados em áreas de fácil acesso, de maneira que abarcasse 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.

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

Como explica Lobão, França-Rocha e Silva (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 que o grau de exatidão é expresso entre 0 e 1. Quanto mais próximo do valor de 1, mais a classificação aproxima-se da realidade.

3.2 Capítulo 2

O segundo capítulo tem como objetivo quantificar a degradação dos recursos naturais do município de Areia Branca-RN, a partir da metodologia proposta por Beltrame (1994), o Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC). Esta proposta metodológica é embasada teoricamente em trabalhos desenvolvidos pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) com sede na Venezuela, e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) deste mesmo País.

O DFC, segundo Beltrame (1994), tem por finalidade diagnosticar a situação real em que se encontram os recursos naturais renováveis e determinar o potencial de degradação destes recursos naturais em um dado espaço geográfico, visando, principalmente, a manutenção dos recursos hídricos, solo e vegetação em bacias hidrográficas.

Para isso, foram estabelecidos indicadores (parâmetros) potenciais de proteção ou degradação dos recursos naturais renováveis, neste caso, para o município de Areia Branca.

Com relação aos processos erosivos será estabelecida como padrão de melhores condições, a somatória dos índices mínimos de cada parâmetro. E como padrão de piores condições, será estabelecido a somatória dos índices máximos de cada parâmetro.

A fórmula descritiva a ser utilizada será a seguinte:

E(f) = COa + **CA**b + **DM**c + **E**d + **PE**c + **DD**f + **BH**g

Onde:

E(f) - é o estado físico ambiental do setor que é proporcional aos parâmetros:

COa - grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a cobertura atual.

CAb - Cobertura vegetal atual relacionado com a proteção fornecida.

DMc- declividade média.

Ed - erosividade da chuva.

PEe - potencial erosivo do solo.

DDf - densidade de drenagem.

BHg balanço hídrico.

Beltrame (1994) considerou quatro grandes fatores potenciais naturais de degradação física e, a partir deles, definiu sete parâmetros componentes da fórmula descritiva do estado físico conservacionista, que serão utilizados na área objeto de estudo. São eles:

I. Vegetação - considerada sob dois aspectos:

a) pelo grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original dos setores da bacia (CO);

b) pelo grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo (CA) (tipo de uso do solo atual).

A cobertura vegetal é um fator importante na manutenção dos recursos naturais renováveis, segundo Beltrame (1994). Além de essencial para a manutenção do ciclo da água, a vegetação protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, aumentando a porosidade e a permeabilidade do solo em função da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica.

II. Clima - foi considerado:

a) pela erosividade da chuva (E);

b) pelo balanço hídrico da bacia (BH).

O clima, direta ou indiretamente, influencia na degradação dos recursos naturais renováveis. A chuva exerce influência bastante expressiva na degradação do solo. O efeito erosivo das gotas da chuva dá-se com a desagregação, o transporte através do salpicamento e o escoamento superficial das partículas de solo, caracterizando, assim, a erosão. Além disso, a chuva é fundamental na manutenção do ciclo da água e, consequentemente, do balanço hídrico em uma bacia hidrográfica (BELTRAME, 1994).

III. Características geológicas e pedológicas - sob dois aspectos:

a) pela suscetibilidade da textura à erosão, associada à declividade (PE);

b) pela densidade de drenagem (DD).

IV. Características do relevo - considerado em termos de declividade média

(parâmetro DM).

As características físicas do solo: textura, declividade e profundidade efetiva, influem na capacidade de infiltração de água da chuva, refletindo diretamente nos processos erosivos. Já as características da rede de drenagem, influenciada pela declividade e pelo substrato rochoso, também refletem potencial de degradação dos recursos naturais renováveis. Quanto mais difícil a infiltração da água, maior o escoamento superficial e em consequência, maior a esculturação dos canais (BELTRAME 1994).

Em um primeiro momento, foi realizada a setorização do município de Areia Branca, onde este foi subdividido em setores menores. Estas unidades de planejamento seguiram critérios hidrológicos, ou seja, a delimitação foi realizada de acordo com a linha do divisor de águas, setorizando assim o município em três sub-áreas.

Para isso, utilizou-se uma imagem de radar do programa TOPODATA, o qual oferece livre acesso a variáveis geomorfológicas locais derivadas de dados SRTM (*Shuttler Radar Topographic Mission*) para todo o território nacional. Os dados disponibilizados pelo TOPODATA foram refinados da resolução espacial (90m) para (30m). Entre outras variáveis, este programa aplicou algoritmos de análise geomorfométrica sobre os dados refinados para a evidenciação de talvegues e divisores de água, cujos resultados foram combinados à

orientação de vertentes para favorecer a interpretação das feições de drenagem e caracterização de sua estrutura.

Nesse sentido, a setorização do município de Areia Branca ocorreu em função dos principais divisores de água identificados, uma vez que a declividade não representou fator significativo na divisão do município em setores menores, já que este representa uma área estuarina, relativamente plana, apresentando pouca diferença quanto à declividade. A setorização foi realizada utilizando-se o software ArcGIS, versão 10.

Para a determinação do parâmetro cobertura vegetal original, foi confeccionado um mapa, utilizando uma imagem de satélite LANDSAT 5 sensor TM, do ano de 1984, sendo esta, a imagem mais antiga que conseguiu-se encontrar. Para tanto, foi aplicado o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), o qual consiste em uma equação que tem como variáveis as bandas do vermelho e infravermelho próximo. Segundo Freire e Pacheco (2005), o NDVI é um indicador de vegetação utilizado para destacar a vegetação ocorrente em uma área, este IV é dado pela razão entre as bandas de alta correlação entre si e realça os alvos de interesse, a biomassa vegetal.

Os valores do NDVI variam entre -1 e 1, sendo que os valores negativos, abaixo de zero, tendem a representar a ausência de vegetação, e os valores positivos, acima de zero, representam a presença de vegetação.

A equação de NDVI:

$$NDVI: IVP – V/IVP + V$$

Onde:

IVP: valor da reflectância da banda no infravermelho próximo

V: valor da reflectância da banda no vermelho

Para definir o grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual no município de Areia Branca-RN, confeccionou-se um mapa de uso do solo em data mais recente possível. 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%.

Foram identificados oito usos do solo no município, são eles: Caatinga; Cultura; Corpos d’água; Solo exposto; Dunas; Mangue; Vegetação arbustiva; e Área urbana.

Os valores do parâmetro declividade média dos setores A, B e C foram aferidos no software ArcGIS, versão 10, a partir dos dados obtidos de uma imagem de radar do programa TOPODATA do INPE.

A erosividade da chuva é o equivalente à quantidade de solo que se perde pela erosão ocasionada pela ação dos eventos pluviométricos (chuva). Para a determinação do potencial erosivo da chuva utilizou-se dados aferidos por Rocha (2011), no município de Areia Branca.

Rocha (2011) utilizou a metodologia proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) apud Bertoni e Lombardi Neto (1990), onde a unidade são toneladas de solo por hectare e por milímetros de chuva por hora, para se chegar ao valor médio do índice de erosividade por meio da relação entre a média mensal e a média anual de precipitação, a partir das equações:

$EI = 67,355\ (r^2/P)\ 0,85$

$RC = Pm^2/Pa$

Onde:

- EI - média mensal do índice de erosão, (t/ha.mm/h);
- r - precipitação média mensal em mm;
- P - precipitação média anual em mm;
- RC – coeficiente de chuva em mm, capacidade da chuva em provocar erosão;
- Pm – precipitação média mensal, em mm;
- Pa – precipitação média anual, em mm.

De acordo com Beltrame (1994) a erodibilidade dos solos é a suscetibilidade que possuem de erodirem em diferentes taxas, devido às diferenças em suas propriedades e seus diversos usos.

Os tipos de solo que formam o relevo estão se desenvolvendo e se transformando em diferentes intensidades constantemente, seja por ações químicas ou físicas a que estão expostos diante das adversidades climáticas. Destaca-se a ação das águas, que determinará o grau de suscetibilidade à erosão hídrica (erodibilidade) a que estão sujeitos, variando de acordo com sua gênese e posição no relevo, caracterizando suas propriedades morfológicas, de modo que os solos apresentam erodibilidade diferentes (CHUEH, 2004).

Para a determinação do parâmetro potencial erosivo do solo foram utilizados os parâmetros elaborados por Pundek (1994) apud Chueh (2004), em que foi desenvolvido um fator de erodibilidade do solo (k). Segundo este autor, o fator de erodibilidade do solo (K) é expresso como perda de solo (A) por unidade de índice de erosão (El), cuja unidade é t/ha/ano dividido por MJ/ha x mm/h.

Para a classificação do potencial erosivo dos solos do município de Areia Branca, utilizou-se a base cartográfica disponibilizada pelo IDEMA, ano de 2006, que foi manipulada por meio do software ArcGIS, versão 9.3, resultando no mapa de solos do município de Areia Branca, o qual foi correlacionado com as informações relativas às características morfológicas

gerais dos solos descritos e obteve-se o fator de erodibilidade dos solos - fator K, desenvolvido com base nas observações feitas por Pundek (1994) apud Chueh (2004).

A densidade de drenagem é estabelecida em função do comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia. Para esta pesquisa foi preciso adaptar a equação que determina a densidade de drenagem uma vez que a área de estudo não corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, mas a um dos municípios componentes desta bacia.

Nesse sentido, o parâmetro densidade de drenagem foi determinado calculando-se os comprimentos dos canais fluviais por setores e as respectivas áreas dos setores do município de Areia Branca, através do software ArcGIS, versão 10, e posteriormente, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem (km/km²);

Lt = Comprimento total dos canais (km); e

A = Área do município (km²).

O balanço hídrico é a contabilização das entradas e saídas de água de um sistema. Segundo Beltrame (1994), o balanço hídrico é importante neste tipo de pesquisa, considerado como mais um indicador potencial natural de degradação ou conservação física da bacia, onde se houver desequilíbrios na relação de entrada e saída da água, podem ocasionar danos irreversíveis aos recursos naturais renováveis da área de estudo.

A metodologia utilizada para obtenção do balanço hídrico foi proposta por Thornthwaite 1948, encontrada em Vianello e Alves (1991).

4. REFERÊNCIAS

BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1997.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BRASIL. **Lei Federal n° 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Brasília, DF, 31 de agosto de 1981.

BRASIL. **Lei Federal n° 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o Novo Código Florestal. Brasília, DF, 17 de outubro de 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa pedológica. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte**. Recife, 1971. 536 p. (DNPEA-DPP. Boletim técnico, 21).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. **Programa Agenda 21. Agenda 21 local – resultados selecionados**. Brasília, 2011.

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.

CARVALHO, R. G.; KELTING, F. M. S.; SILVA, E. V. **Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN.** Revista Sociedade e Natureza. Uberlândia, 23 (1): 143-159, abr. 2011.

CASTRO JÚNIOR, P. M. **Introdução ao Sensoriamento remoto**. Laboratório de Topografia e Cartografia – Universidade Federal do Espírito Santo. São José dos Campos, 2001. Disponível em: < http://www.ltc.ufes.br > Acessado em:10 de Julho de 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia.** São Paulo: HUCITEC: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, Antonio**. Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 236 p., 1999.

CHUEH, A. M. **Análise do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Pequeno – São José dos Pinhais/PR, por meio do Diagnóstico Físico Conservacionista – DFC.** 2004. 91p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 1986. **Resolução Conama nº 01**. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/port/conama/> Acesso em 22/06/2012.

DIEGUES, A. C. **Desenvolvimento Sustentável ou Sociedades Sustentáveis: da crítica dos modelos aos novos paradigmas.** São Paulo em Perspectiva, 6(1-2):22-29, jan./jun. de 1992.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>. Acessado em: 16 de Julho de 2012.

FLORIANO, E. P.; **Planejamento Ambiental**. Caderno Didático nº 6, 1ª ed. 54 p. Santa Rosa, 2004.

FREIRE, N. C. F.; PACHECO, A. P. **Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região do Xingó.** XII. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE.

GUERRA, Antonio J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio Ambiente**. 4ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 5ª. ed. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil. 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo de 2010**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidades> Acessado em: 10 de Julho de 2012.

INPE. **Divisão de Processamento de Imagens – PDI**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/> Acessado em: 14 de Julho de 2012.

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.

JACOBI, P. **Meio Ambiente e Sustentabilidade. In: O município do século XXI: cenários e perspectivas.** Fundação Prefeito Faria Lima – CEPAM. Ed Especial. São Paulo, p. 175-183, 1999.

KOHLER, M. C. M. **Agenda 21 Local: Desafios da sua implementação. Experiências de São Paulo, Rio de Janeiro e Florianópolis.** Dissertação (Mestrado em Saúde Pública), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LEFF, E. Ecologia, Capital **e Cultura: a Territorialização da Racionalidade Ambiental**. Editora Vozes, 1ª ed., 2009.

LIMBERGUER, L. **Abordagem Sistêmica e Complexidade na Geografia**. Geografia, v. 15, n. 2, Jul./Dez. 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/geografia> Acessado em: 16 de Julho de 2012.

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.

MACÊDO, J. C. **Processo Participativo da População na Construção da Agenda 21 Local: O Caso de Parnamirim-RN.** Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR. A.; COUTINHO, S. M. V. **Agenda 21 Nacional e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: contexto brasileiro**. Saúde Soc. São Paulo, v.17, n.1, p.7-20, 2008.

MENDONÇA, F. **Geografia física: ciência humana?** São Paulo: Contexto, 1989. (Coleção repensando a geografia).

MENEGUZZO, I. S. **Análise da degradação ambiental na área urbana da bacia do Arroio Gertrudes, Ponta Grossa, PR: uma contribuição ao planejamento ambiental.** 2006. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

NUCCI, J. C. **Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana**. Revista do departamento de geografia. n. 12, p. 209-224, 1998.

OLIVEIRA, F. G. **Diagnóstico e avaliação dos impactos ambientais em Natal. In: Caracterização e diagnóstico de impactos ambientais em Natal/RN com apoio do geoprocessamento.** Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

OLIVEIRA, G. B. **Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento**. Revista FAE, Curitiba, v.5, n.2, p.37-48, 2002.

PEREZ FILHO, A.; VICENTE, L. E. **Abordagem sistêmica e geografia**. Geografia – v. 28, n.3, p. 323-344, set./dez. 2003.

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.

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.** Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis – as introduction**. Berlin, Springer-Verlag, 4ª ed., 439 p, 2006.

ROCHA, A. B. **Análise multitemporal da dinâmica do uso e ocupação do baixo curso do Rio Apodi-Mossoró-RN (1989-2009)**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens – Uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Edições UFC, 3ª ed., Fortaleza, 2010.

SANTOS, A. F. **Uma prática educativa ambiental na construção da Agenda 21 Local.** Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

SANTOS, F. F. **Nexos entre qualidade de vida dos Areia-branquenses e saneamento ambiental**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2004, 182 p.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

SCHEER, M. A. P. S; ROCHA, J. V. **Detecção de mudanças do uso da terra no município de Setãozinho (SP) por meio de técnicas de geoprocessamento, 1981 – 2001**. Revista Brasileira de Cartografia n. 58/02, p. 163-174, Agosto, 2006.

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.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa Geológico do Rio Grande do Norte.** 2006. Disponível em: <http://www.geobank.sa.cprm.gov.br> Acessado em: 28 de Maio de 2013.

SILVA, B. C. O.; SILVA, F. M. **Estudo teórico-bioclimático da potencialidade de desenvolvimento do *aedes aegypti* no estado do Rio Grande do Norte**. 2009. 112p. Mestrado (Dissertação). Universidade Federal d Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SILVA, G. C. M.; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, W. D. A. **Determinação de zonas ambientalmente degradadas na Messoregião de Mossoró usando geotecnologia.** Revista Brasileira de Gestão Ambiental - RBGA, Pombal-PB, v. 7, n. 1, p. 01-08, 2013.

SILVA, J. S. V. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental – Estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari MS/MT**. 2003. 332p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SOUZA, N. J. **Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Atlas, 1993.

VEADO, R. W. A.; TROPPMAIR, H. **Geossistemas do Estado de Santa Catarina**. In: GERARDI, L. H. O.; MENDES, I. A. (Org.). Teoria, técnica, espaços e atividades: temas de geografia contemporânea. Rio Claro: Programa de Pós Graduação em Geografia. UNESP; AGETEO, 2001. p.379-399.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações.** Viçosa, UFV. Imp. Univ., 1991. 449 p.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO DO USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA-RN, POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Gabriella Cynara Minora da Silva
Gestora Ambiental e Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Prodema - UFRN. Endereço: Campus Universitário, BR 101 Centro de Biociências. Lagoa Nova, Natal-RN.
E-mail: gabriella_cynara@yahoo.com.br

Nivaldo Patrício da Costa Junior
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
E-mail: nivaldopc@outlook.com

Fernando Moreira da Silva
Prof. D. do Departamento Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Endereço: Campus Universitário, BR 101 CCHLA, Sala 503. Lagoa Nova, Natal-RN.
E-mail: fmoreyra@ufrnet.com

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^2. 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 do solo 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 do solo 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: Degradação Ambiental, Geoprocessamento, Classificação Supervisionada, Coeficiente KAPPA.

DESCRIPTION OF LAND USE IN THE CITY OF AREIA BRANCA/RN BY REMOTE SENSING TECHNIQUES

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^2. 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.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a degradação ambiental encontra-se fortemente ligada à maneira como o homem tem ocupado e utilizado o solo, 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 apresentado poucos resultados no tocante à produtividade, além de causar graves problemas ao meio ambiente, seja em função do uso incorreto das inovações tecnológicas nessa área, ou pelo fato destas tecnologias serem inadequadas as 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 atividades econômicas, de crescimento urbano, e através de práticas agrícolas inadequadas, refletindo um mau uso dos recursos ambientais da região e consequente degradação ambiental.

O planejamento auxilia no direcionamento do uso e ocupação do solo de acordo com as aptidões de determinado território, contribuindo para a utilização sustentável de seus recursos. Para Mello Filho (1994) um 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.

Segundo Nucci (1998), para 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.

Como explicam Souza, Barbosa, Silva et al., (2007) 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, é uma importante ferramenta no estudo da degradação das terras para que o espaço rural, assim como o urbano, seja organizado seguindo padrões ecológicos e ambientalmente corretos.

Segundo Rosa (1990) o mapeamento de uso e ocupação do solo 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 solo, 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 do solo 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 este solo, juntamente com suas respectivas localizações. Em resumo, o uso do solo 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 do solo 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.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 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 km², 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).

2.2 ASPECTOS FÍSICOS NATURAIS

2.2.1 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 ºC e máxima de 33,0 ºC, 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 salineira como sendo a mais significativa.

2.2.2 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 evaporitos na base. Esta formação possui idade em torno de 90 Ma, correspondentes ao Cretáceo. Os Depósitos aluvionares, presentes na região estuarina do rio Apodi-Mossoró, são constituídos por areias, cascalhos e níveis de argila. Estes depósitos estão distribuídos nas margens e nos canais de drenagens, e são constituídos basicamente por sedimentos areno-argilosos. 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 tercio-quaternária, ou seja, possuem 30 Ma e é constituído por arenitos e conglomerados, com intercalações de siltitos e argilitos, dominantemente associados a sistemas fluviais. E o Paleocascalheiras é formado por paraconglomerados com seixos de quartzo, sílex e fragmentos líticos, matriz areno-argilosa avermelhada (CPRM, 2006).

2.2.3 Geomorfologia

Identificou-e na região as seguintes unidades geomorfológicas: Formas de acumulação - Planície fluviomarinha. Trata-se de 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. Formas erosivas – Superfície pediplanada. É uma superfície plana elaborada por processos de pediplanação, ocorrendo em diversos tipos de litologias. E Formas de dissecação - 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, GOMES, ERASMI et al., 2007).

O município apresenta menos de 100 metros de altitude. É constituído pelas seguintes formas de relevo - Planície Costeira, 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).

2.2.4 Solos

Os principais solos encontrados na área de estudo podem ser identificados como: Latossolos Vermelho-Amarelos e Areias Quartzosas Marinhas (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).

2.2.5 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 considerado um depósito arenoso de origem marítima e a vegetação que cobre essa planície arenosa é tida como sendo vegetação de preservação permanente (BRASIL, 2012).

- 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.

2.2.6 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 (IDEMA, 2008).

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 (IDEMA, 2008).

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).

2.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho está fundamentada 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 a 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, o que proporcionou uma análise mais detalhada da área de estudo.

Utilizou-se também como ferramenta o Geoprocessamento, e dentro deste, o sensoriamento remoto para indicar as formas de uso do solo no município alvo deste estudo. Para registrar as informações obtidas em campo, Fez-se uso do *Global Positioning System* - GPS e Câmera Digital.

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.

2.3.1 Procedimentos Metodológicos

A caracterização do uso do solo no município de Areia Branca-RN baseou-se na criação de um banco de dados georreferenciado, seguindo as etapas (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 do solo; (6) classificação digital do uso do solo utilizando o algoritmo *Bhattacharya*; (7) verificação da verdade terrestre; (8) mapeamento do uso do solo; e (9) nível de exatidão da classificação.

2.3.1.1 *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, foi montada composição colorida RGB 532, essa composição foi escolhida após teste com outras combinações de banda, pois apresentou 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 3 (infravermelho próximo) reflete muito a vegetação, e a banda 2 (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.

2.3.1.2 *Recorte da Área de Estudo*

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

2.3.1.3 *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) 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 do solo.

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.

2.3.1.4 *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 abarcasse 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.

2.3.1.5 *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, França-Rocha e Silva, (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 e o Mapa real.

Segundo Rocha (1992, apud SCHEER e 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 que o 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.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 USO DO SOLO

O mapa de uso do solo 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).

A classe referente à caatinga abrange, em termos de porte da vegetação, a caatinga rala e a caatinga densa. Na classe de 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 e áreas desmatadas para fins econômicos. A tabela 2 determina a quantificação da área ocupada por cada classe de uso em km^2 e em percentagem.

A classificação digital constatou que aproximadamente 38 km^2 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 está representado 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. 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.

Fica evidenciada a grande representatividade da atividade salineira no cenário sócio-econômico do município, gerando emprego e renda para muitas famílias areia-branquenses. No entanto, segundo Medeiros, Cunha e Almeida (2011) esta atividade encontra-se implementada nos terrenos da planície flúvio-marinha, configurando uma série de impactos ambientais negativos (Figuras 4 e 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 dulcículas e estuarinos; salinização dos solos da planície flúvio-marinha; e exclusividade do uso da terra (restrição de uso).

A área de cultivo representou cerca de 22 km^2, equivalente a 6.06% do território estudado e está caracterizada em um 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 côco-da-baía, o sorgo granífero, o feijão, a mandioca, e a melancia.

A agricultura convencional ainda praticada em regiões semiáridas tem causado grandes prejuízos ao meio ambiente, através de severas mudanças na paisagem, causando a degradação ambiental, chegando a tornar-se irreversível em alguns casos. 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 semi-árido, 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 semi-árido 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.

As dunas podem ser classificadas, de acordo com sua mobilidade, em dunas fixas e em dunas móveis. As dunas fixas e as dunas móveis, conjuntamente, estão representadas na cor amarelo mostarda e ocuparam cerca de 21 km^2 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.

A classe identificada como vegetação arbustiva, caracterizada num tom de verde claro, ocupou uma área em torno de 14 km^2, equivalente a 3.94% 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 quando a rala, ocupa uma área de aproximadamente 223 km^2, sendo considerada a classe mais representativa da classificação digital, totalizando 62.36% 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.

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.

Os mangues (Figuras 12 e 13), classe representada pela cor verde escuro, ocupam uma área aproximada de 3 km^2 na pesquisa, ou seja, apenas 0.92% do território. Segundo a Resolução CONAMA nº 303/2002 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.

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^2 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.

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 melhorias sócio-econômicas 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, Cunha e Almeida, (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. Os referidos autores afirmam 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^2 de área, é possível calcular uma área de 1.24km^2 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, CUNHA e ALMEIDA, 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.

A classe referente ao núcleo urbano ocupou uma área aproximada de 2 km^2, o que equivale a 0.60% 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. Extensas áreas estão sendo desmatadas na região costeira para a implementação desta atividade (Figura 16).

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; impactos visuais, resultantes do agrupamento de torres e aerogeradores; e mudanças nas rotas de aves migratórias.

O mapa de uso do solo apresentou áreas frágeis e utilizadas de maneira equivocada, indo de encontro ao que reza a Legislação Ambiental Brasileira, a exemplo dos manguezais, locais protegidos pela Lei 12.651/2012 que instituiu o novo Código Florestal Brasileiro. Os manguezais são considerados verdadeiros 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.

4. CONCLUSÕES

Na escala 1:75000 a classificação do uso do solo, no município de Areia Branca/RN, apresentou oito classes, três delas congregam 82,44% do tipo de cobertura do solo; 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 do solo, menos que 1%, estão relacionados ao desmatamento da vegetação de caatinga e, principalmente, a emissão de gases poluentes.

O mapa de uso do solo mostrou que é possível aplicar ferramentas científicas avançadas no monitoramento ambiental da caatinga, com baixo custo e relevantes informações, que visem

ordenar as atividades humanas para que estas originem o menor impacto possível sobre o meio.

5. 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.

6. ILUSTRAÇÕES

6.1 FIGURA

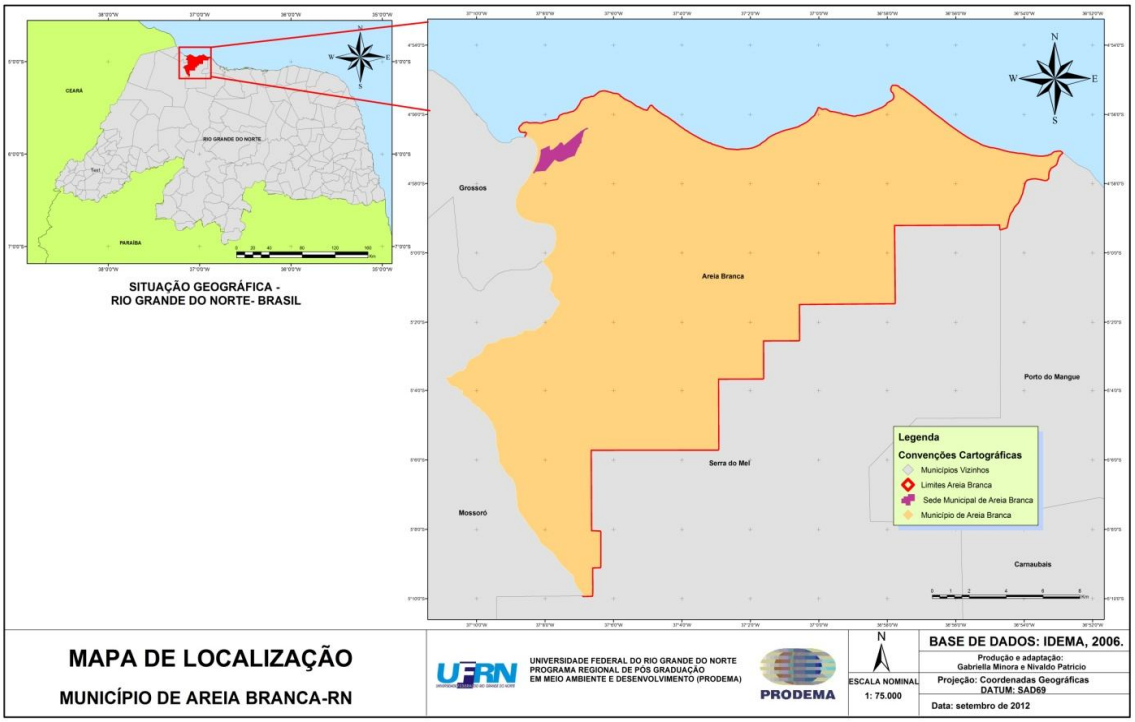


Figura 1. Mapa de localização do município de Areia Branca-RN.

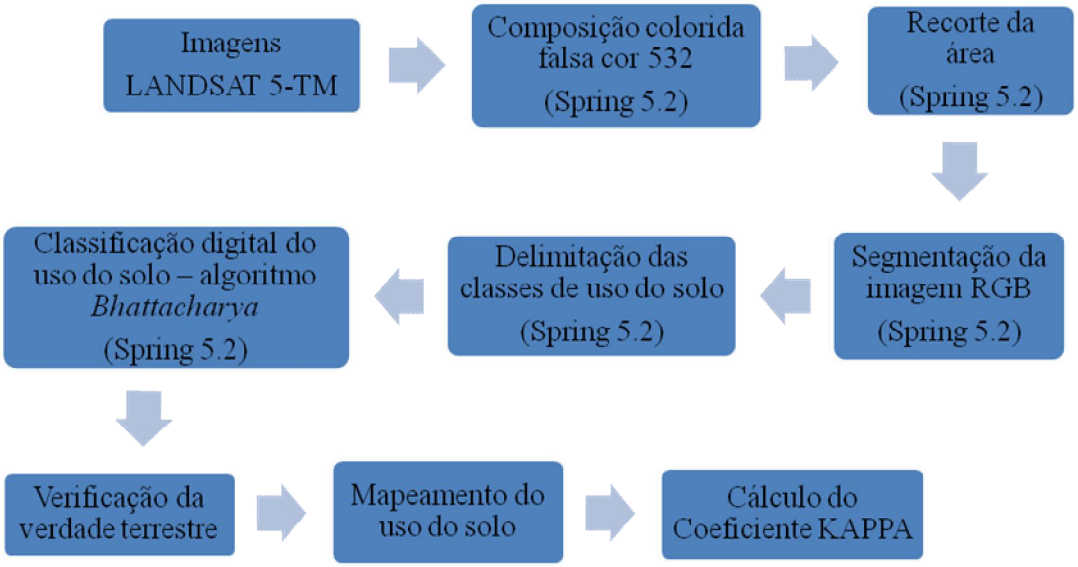


Figura 2. Metodologia utilizada nesta pesquisa.

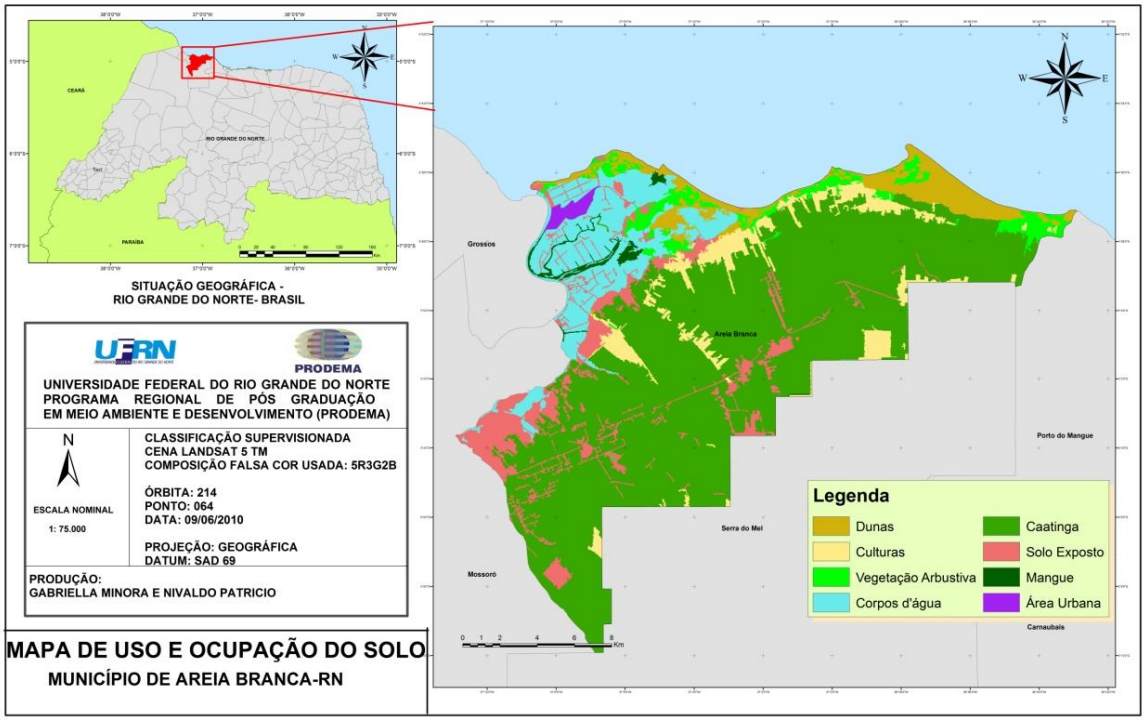


Figura 3. Classificação temática do uso do solo no município de Areia Branca-RN.

Figura 4. Pilhas de sal marinho. Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

Figura 5. Área estuarina utilizada pelas salinas, onde é possível identificar os seguintes impactos ambientais: desmatamentos dos manguezais e das vegetações de transição do estuário para a caatinga, salinização dos solos e exclusividade de uso da terra. Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

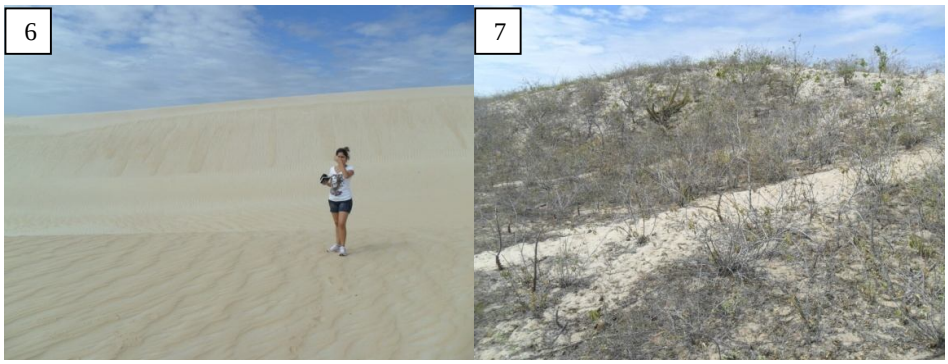
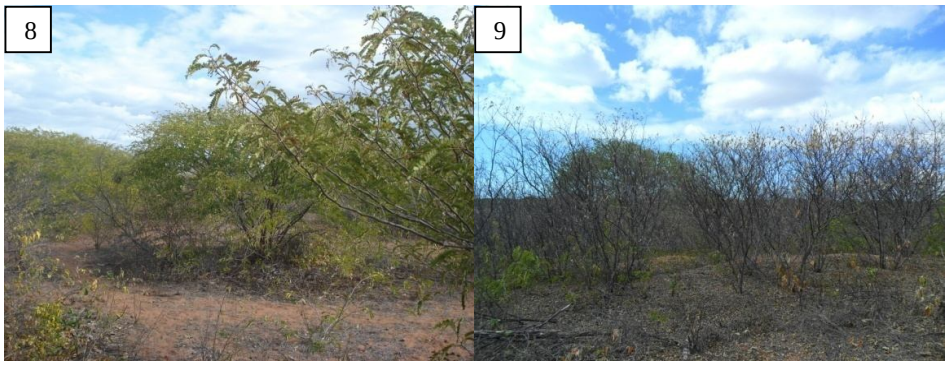


Figura 6. Duna móvel, nas proximidades do povoado de São Cristóvão. Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

Figura 7. Duna fixa recoberta por vegetação arbustiva, nas proximidades do povoado de São Cristóvão. Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

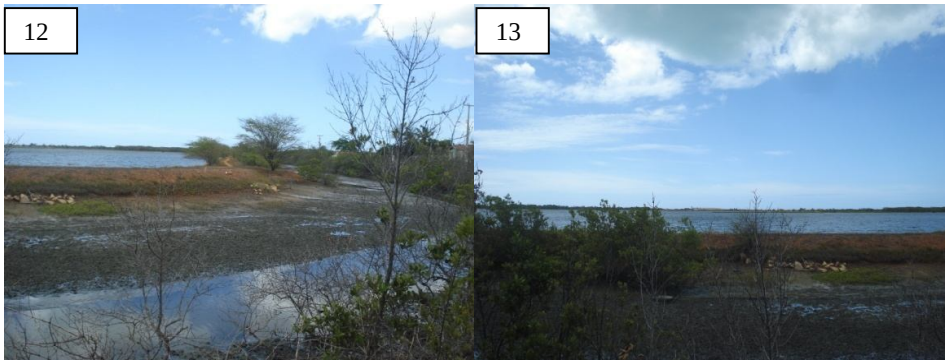


Figuras 8 e 9. Vegetação de caatinga, com árvores de pequeno de porte.

Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

Figura 10. Área de desmatamento para a extração de lenha, constituída por vegetação de caatinga e vegetação exótica (Algaroba - *Prosopis juliflora*). Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

Figura 11. Pilha de lenha encontrada na referida área de desmatamento. Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.



Figuras 12 e 13. Área de manguezal localizada na praia de Baixa Grande, fragmentada em função da ação antrópica. Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

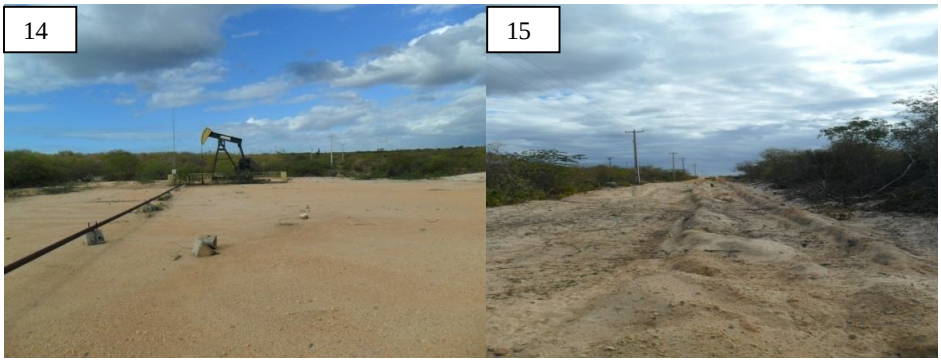


Figura 14. Área de caatinga desmatada para exploração petrolífera, em função da instalação de poços de petróleo.

Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

Figura 15. Área de caatinga desmatada para a abertura de estradas demandada pela atividade petrolífera.

Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

Figura 16. Área desmatada na região costeira para a construção de um parque eólico.
Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

6.2 TABELAS

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

Tabela 2. Quantificação das áreas ocupadas pelas classes de uso do solo.

Classes de Uso	Km^2	%
Duna	21.449700	5.99
Caatinga	223.013600	62.36
Cultura	21.696300	6.06
Corpos d'água	38.014200	10.63
Mangue	3.314700	0.92

Solo exposto	33.8003	9.45
Vegetação Arbustiva	14.122800	3.94
Área Urbana	2.169100	0.60
Total	357.580700	100

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Energia Eólica**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br> Acessado em: 14 de Julho de 2012.

2 - BRASIL. **Lei Federal n° 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o Novo Código Florestal. Brasília, DF, 17 de outubro de 2012.

3 - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2002. **Resolução Conama nº 303**. Disponível em:< www.mma.conama.gov.br/conama> Acessado em: 13 de Julho de 2012.

4 - EMBRAPA. **Alternativas para a prática de queimadas na agricultura**. Brasília – DF, 2000. Disponível em: <http://www.preveqmd.cnpm.embrapa.br> Acessado em: 12 de Julho de 2012

5 - 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.

6 - 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.

7 - 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 Encuentro de Geógrafos da América Latina 2011. Disponível em: <http://www.egal2011.geo.una.ac.cr/> Acessado em: 10 de Julho de 2012.

8 - MELLO FILHO, J. A. **Estudo de microbacias hidrográficas, delimitadas por compartimento geomorfológicos, para o diagnóstico Físico Conservacionista**. Santa Maria, 1994. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.

9 - NUCCI, J. C.; **Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana**. Revista do Departamento de Geografia, n. 12, p. 209-224, 1998.

10 - 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.

11 - 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.

12 - RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis – as introduction**. Berlin, Springer-Verlag, 4ª ed., 439 p, 2006.

13 - 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.

14 - 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.

15 - SCHEER, M. A. P. S. & ROCHA, J. V. **Detecção de mudanças do uso da terra no município de Setãozinho (SP) por meio de técnicas de geoprocessamento, 1981 – 2001**. Revista Brasileira de Cartografia n. 58/02, p. 163-174, Agosto, 2006.

16 - 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.

17 - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa Geológico do Rio Grande do Norte.** 2006. Disponível em: <http://www.geobank.sa.cprm.gov.br> Acessado em: 28 de Maio de 2013.

18 - 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.

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA/RN

Gabriella Cynara Minora da Silva
Gestora Ambiental e Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Prodema - UFRN. Endereço: Campus Universitário, BR 101 Centro de Biociências. Lagoa Nova, Natal-RN.
E-mail: gabriella_cynara@yahoo.com.br

Nivaldo Patrício da Costa Junior
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
E-mail: nivaldopc@outlook.com

Márcia Regina Farias da Silva
Prof. Dra. do Departamento de Gestão Ambiental da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN. Endereço: Campus Universitário Central, Rua Professor Antônio Campos, s/n, BR 110, km 48, Bairro Costa e Silva, Mossoró-RN.
E-mail: marciaregina@uern.br

Fernando Moreira da Silva
Prof. Dr. do Departamento Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Endereço: Campus Universitário, BR 101 CCHLA, Sala 503. Lagoa Nova, Natal-RN.
E-mail: fmoreyra@ufrnet.com

RESUMO

O município de Areia Branca localiza-se no estado do Rio Grande do Norte (RN), e está inserido na mesorregião Oeste Potiguar, microrregião de Mossoró, abrangendo uma área de 357,58 km^2. Este município compreende uma área de fragilidade do ponto de vista ambiental, pois abriga, juntamente com o município de Grossos-RN, o estuário do rio Apodi-Mossoró. Este vem sofrendo, historicamente, com a falta de planejamento do uso e ocupação do solo, uma vez que algumas atividades econômicas, atraídas pelas condições naturais extremamente favoráveis, têm explorado os recursos naturais desse município de forma inadequada. O objetivo deste estudo é quantificar a degradação ambiental no referido município. Para isto, utilizou-se a metodologia proposta por Beltrame (1994), o Diagnóstico Físico-Conservacionista, sob algumas adaptações. Como resultados, foram obtidos os índices para os parâmetros propostos na metodologia, permitindo analisar quantitativamente o potencial de

degradação de cada setor. Nessa perspectiva, considerando uma escala de 0 a 100, o setor A e o setor B apresentaram valor – 31,20 unidades de risco de degradação física. E o setor C, demonstrou valor – 34,64 unidades de risco de degradação, devendo ser considerado prioridade no tocante à realização de ações conservacionistas.

Palavras-chave: Degradação Ambiental, SIG, Uso do Solo, Recursos Naturais.

PHYSICAL DIAGNOSIS CONSERVATIONIST THE MUNICIPALITY OF AREIA BRANCA/RN

ABSTRACT

The municipality of AreiaBranca is located in the state of Rio Grande do Norte, and is inserted in the mesoregion of West Potiguar, microregion of Mossoró, covering an area of 357.58 km^2.The municipality covers an area of weakness in terms of environmental, housing, together with the municipality of Grossos-RN, the estuary Apodi-Mossoró.This has historically suffered from a lack of planning regarding the use and occupation of land as some economic activities, attracted by the extremely favorable natural conditions, have been exploited the natural resources of this county improperly. The objective of this study is to quantify the environmental degradation in the said municipality. For this, were used the methodology proposed by Beltrame (1994), Physical Diagnosis Conservationist under some adjustments.As a result, the indexes were obtained for the parameters in the proposed methodology, allowing quantitatively analyze the degradation potential of each sector.From this perspective, considering a scale of 0 to 100, sector A and sector B had value - 30.70 units of risk of physical deterioration. And the C sector, has shown its value - 34.15 units degradation risk and should be considered a priority in relation to the achievement of conservation actions.

Keywords: Environmental Degradation, GIS, Land Use, Natural Resources.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano vem utilizando os recursos ambientais de maneira inadequada e predatória, constituindo risco para a manutenção da vida do planeta. É consenso entre os pesquisadores que o planeta não suportará o ritmo e métodos atuais de exploração dos recursos ambientais.

Segundo Araújo (1997), a vida no planeta existe há cerca de 4,5 bilhões de anos, no entanto, há apenas duzentos anos a vida humana tornou-se mais confortável, devido aos grandes avanços tecnológicos. Nesse pouco tempo, a população mundial aumentou oito vezes, enquanto que o consumo de recursos naturais aumentou em escala significativamente maior. O consumo de água, por exemplo, aumentou 35 vezes. (ARAÚJO, 1997).

Em continuidade, esta autora afirma que a história do homem difere da história dos demais seres vivos em função da maneira como este se apropria dos recursos naturais para satisfazer as suas necessidades, criando sistemas cada vez mais elaborados, baseados em tecnologias nem sempre sustentáveis e, quase sempre, às custas da degradação ambiental. Esta ocorre de forma tão acelerada que os sistemas naturais não conseguem repor tudo no lugar com a mesma presteza. A qualidade da terra, da água e do ar deteriora-se progressivamente, pondo em evidência o prejuízo biológico experimentado por muitas espécies, incluindo o próprio homem.

Nesse sentido, verifica-se que o estudo do uso do solo, em uma dada região, é imprescindível para compreensão dos padrões de organização do espaço e para o planejamento de políticas públicas voltadas para a minimização e/ou, em estado ótimo, para a supressão dos fatores causadores da degradação ambiental.

A degradação ambiental, diferentemente do impacto ambiental, possui apenas conotação negativa. Segundo Cândido (2008), a degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental. Ou seja, a degradação ambiental corresponde ao impacto ambiental negativo.

Estudos voltados para o planejamento e ordenamento territorial devem ser incentivados, uma vez que se mostram fundamentais para a orientação do uso adequado do solo, de acordo com suas potencialidades, contribuindo para a preservação dos recursos ambientais, promovendo o desenvolvimento sustentável. Nessa perspectiva, segundo Chueh (2004), o processo de apropriação e exploração dos recursos ambientais demanda estudos sistêmicos, resultando em diagnósticos para orientar a prevenção de impactos ambientais considerados negativos, para se evitar a degradação dos ambientes a serem explorados e/ou para minimizar as degradações já ocorridas, proporcionando subsídio técnico no planejamento das ações mitigadoras.

O uso de geotecnologias, com destaque para o sensoriamento remoto, tem se mostrado eficiente em estudos ambientais, uma vez que essas ferramentas conseguem analisar um espaço geográfico amplo, em um curto espaço de tempo e com baixos custos financeiros. Segundo Novo (1998), o sensoriamento remoto consiste na utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações. Logo, entendem-se como sensores, os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações.

Diante desse contexto, escolheu-se como área de estudo o município de Areia Branca-RN, uma vez que este apresenta sérios conflitos relacionados aos tipos de uso do solo atuantes, considerados fortes indicadores de degradação ambiental.

O município de Areia Branca compreende parte da foz do rio Apodi-Mossoró, principal afluente da Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. No entanto, apesar de constituir uma área estuarina, de importante valor ambiental, verifica-se uma série de atividades com potencial de causar degradação ambiental, em alguns casos, inclusive, indo de encontro ao que reza a legislação ambiental brasileira, sobre áreas que devem ser mantidas preservadas.

Corroborando com a hipótese deste estudo Carvalho, Kelting e Silva (2011), realizaram uma pesquisa para aferir o valor do índice de pressão socioeconômica dos 51 municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, levando em consideração as variáveis: densidade demográfica percentual, taxa de urbanização percentual, agropecuária percentual e indústria percentual; evidenciaram que o município de Areia Branca apresentou um índice de pressão socioeconômica no valor de 62%, ficando abaixo apenas do município de Mossoró, com 68%.

Ainda segundo esse estudo, o município de Areia Branca apresentou o maior valor absoluto quanto à produção industrial – 100%. Distando 45% dos municípios de Mossoró e Grossos, que são os municípios seguintes a apresentarem maior produção industrial, ambos com 55%. Esses municípios destacam-se no setor industrial em virtude da produção de petróleo e de sal marinho.

Esses dados evidenciam a necessidade de promover estudos voltados para verificar o nível de degradação ambiental no município de Areia Branca, uma vez que este tem seus recursos naturais fortemente afetados pela ação antrópica.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é realizar a quantificação da degradação dos recursos naturais do município de Areia Branca-RN. Para isto, foi utilizada a metodologia proposta por Beltrame (1994), o Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 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 km², 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).

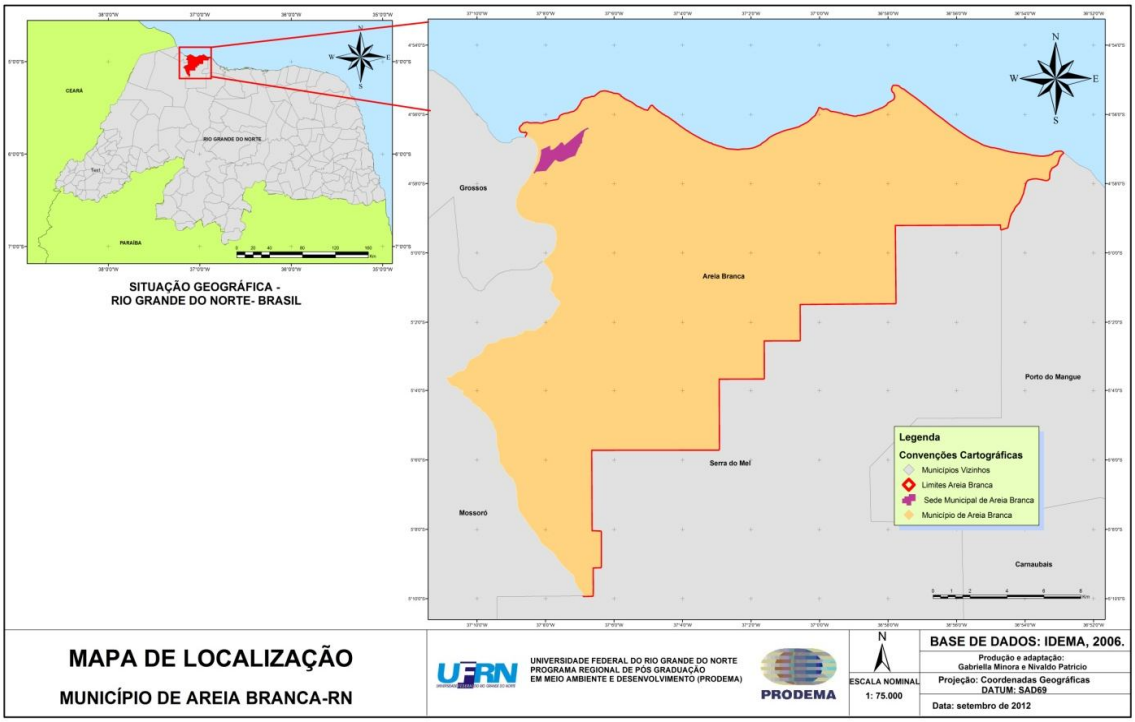


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, Areia Branca-RN.

Fonte: Idema (2006).

2.2 ASPECTOS FÍSICOS NATURAIS

2.2.1 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 ºC e máxima de 33,0 ºC, 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 atividades econômicas, dentre as quais podemos destacar a atividade salineira como sendo a mais significativa. Entretanto, se por um lado o fator climático é fundamental para potencializar o desenvolvimento econômico do município, por outro lado, apresenta-se como fator facilitador de degradação ambiental, uma vez que o clima semiárido é naturalmente problemático em função dos longos períodos de seca, e elevadas temperaturas, o que, aliado ao uso inadequado do solo e de tecnologias inapropriadas, resultam em degradação da qualidade dos recursos ambientais.

2.2.2 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 evaporitos na base. Esta formação possui idade em torno de 90 Ma, correspondentes ao Cretáceo. Os Depósitos aluvionares, presentes na região estuarina do rio Apodi-Mossoró, são constituídos por areias, cascalhos e níveis de argila. Estes depósitos estão distribuídos nas margens e nos canais de drenagens, e são constituídos basicamente por sedimentos areno-argilosos. 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 tercio-quaternária, ou seja, possuem 30 Ma e é

constituído por arenitos e conglomerados, com intercalações de siltitos e argilitos, dominantemente associados a sistemas fluviais. E o Paleocascalheiras é formado por paraconglomerados com seixos de quartzo, sílex e fragmentos líticos, matriz areno-argilosa avermelhada (CPRM, 2006).

2.2.3 Geomorfologia

Identificou-e na região as seguintes unidades geomorfológicas: Formas de acumulação - Planície fluviomarinha. Trata-se de 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. Formas erosivas – Superfície pediplanada. É uma superfície plana elaborada por processos de pediplanação, ocorrendo em diversos tipos de litologias. E Formas de dissecação - 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, GOMES, ERASMI et al., 2007).

O município apresenta menos de 100 metros de altitude. Sendo constituído pelas seguintes formas de relevo - Planície Costeira, 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).

2.2.4 Solos

Os principais solos encontrados na área de estudo podem ser identificados como: Latossolos Vermelho-Amarelos e Areias Quartzosas Marinhas (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).

2.2.5 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 considerado 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.

2.2.6 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, semi-confinado e livre em algumas áreas. Suas águas apresentam excelente qualidade química, com baixos teores de sódio, podendo ser utilizada para praticamente todos os fins (IDEMA, 2008).

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 (IDEMA, 2008).

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).

2.3 METODOLOGIA

2.3.1 Material

Para a realização deste estudo fez-se uso do sensoriamento remoto, cuja importância, segundo Demattê (2005) reside no fato do sistema obter informações sobre um objeto ou alvo (planta, solo, água) sem ter nenhum contato direto com ele. O que traz algumas vantagens como, ganho de tempo na aquisição da informação, não polui o ambiente (pois não se utiliza de nenhum produto químico) e pode avaliar grandes áreas. Acrescente-se aí a vantagem do baixo custo das pesquisas que utilizam o sensoriamento remoto.

O registro das informações em campo foi possível por meio da utilização do *Global Positioning System* - GPS e Câmera Digital.

Os softwares utilizados foram o ArcGIS, versão 9.3 e versão 10, e o SPRING 5.2.

A imagem raster da área de estudo utilizada na confecção do mapa de uso do solo 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.

O mapa de vegetação original do município foi confeccionado a partir de uma imagem LANDSAT 5 sensor TM (*Thematic Mapper*) de 1984.

Para a confecção dos mapas, setorização do município e de declividade, utilizou-se imagens de radar do programa TOPODATA do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o qual realizou um aprimoramento na definição de imagens SRTM (*Shuttler Radar Topographic Mission*) da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) do ano 2000.

Os demais mapas foram elaborados a partir de dados em formato shapefile (shp), disponibilizados pelo IDEMA, datando do ano de 2006.

2.3.2 Procedimentos Metodológicos

O Diagnóstico Físico conservacionista-DFC, segundo Beltrame (1994), objetiva diagnosticar a situação real em que se encontram os recursos naturais renováveis e determinar o potencial de degradação destes recursos naturais em um dado espaço geográfico, visando a manutenção dos recursos hídricos, solo e vegetação em bacias hidrográficas.

Para isso, foram estabelecidos indicadores (parâmetros) potenciais de proteção ou degradação dos recursos naturais renováveis, neste caso, para o município de Areia Branca-RN.

Com relação aos processos erosivos foi estabelecida como padrão de melhores condições, a somatória dos índices mínimos de cada parâmetro. E como padrão de piores condições, estabeleceu-se a somatória dos índices máximos de cada parâmetro.

A fórmula descritiva utilizada foi a seguinte:

E(f) = COa + **CA**b + **DM**c + **E**d + **PE**c + **DD**f + **BH**g

Onde:

E(f) - é o estado físico ambiental do setor que é proporcional aos parâmetros:

COa - grau de semelhança entre a cobertura vegetal original e a cobertura atual.

CAb - Cobertura vegetal atual relacionada com a proteção fornecida.

DMc- declividade média.

Ed - erosividade da chuva.

PEe - potencial erosivo do solo.

DDf - densidade de drenagem.

BHg balanço hídrico.

Beltrame (1994) considerou quatro grandes fatores potenciais naturais de degradação física e, a partir deles, definiu sete parâmetros componentes da fórmula descritiva do estado físico conservacionista, que serão utilizados na área objeto de estudo. São eles:

I. Vegetação – considerada sob dois aspectos:

a) pelo grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original dos setores da bacia (CO);

b) pelo grau de proteção da cobertura vegetal fornecido ao solo (CA) (tipo de uso do solo atual).

II. Clima- foi considerado:

a) pela erosividade da chuva (E);

b) pelo balanço hídrico da bacia (BH).

III. Características geológicas e pedológicas- sob dois aspectos:

a) pela suscetibilidade da textura à erosão, associada à declividade (PE);

b) pela densidade de drenagem (DD).

IV. Características do relevo- considerado em termos de declividade média (parâmetro DM).

2.3.2.1 *Setorização do Município de Areia Branca*

Para a setorização do município de Areia Branca, utilizou-se uma imagem de radar do programa TOPODATA, o qual oferece livre acesso a variáveis geomorfológicas locais derivadas de dados SRTM (*Shuttler Radar Topographic Mission*) para todo o território nacional. Os dados disponibilizados pelo TOPODATA foram refinados da resolução espacial (90m) para (30m). Entre outras variáveis, este programa aplicou algoritmos de análise geomorfométrica sobre os dados refinados para a evidenciação de talvegues e divisores de água, cujos resultados foram combinados à orientação de vertentes para favorecer a interpretação das feições de drenagem e caracterização de sua estrutura.

2.3.2.2 Determinação do Parâmetro Cobertura Vegetal Original (CO)

Para a confecção do mapa de cobertura vegetal inicial, foi utilizada uma imagem de satélite LANDSAT 5 sensor TM (*Thematic Mapper*) do ano de 1984. Para tanto, foi aplicado o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), o qual consiste em uma álgebra que tem como variáveis as bandas do vermelho e infravermelho próximo. Segundo Freire e Pacheco (2005) apud Araújo, Silva, Lopes et al. (2010), o NDVI é um indicador de vegetação utilizado para destacar a vegetação ocorrente em uma área, este IV é dado pela razão entre as bandas de alta correlação entre si e realça os alvos de interesse, a biomassa vegetal.

2.3.2.3 Determinação do Parâmetro Cobertura Vegetal Atual (CA)

Para definirmos o grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual no município de Areia Branca-RN, confeccionou-se um mapa de uso do solo referente ao ano de 2010. Para isso, utilizou-se uma imagem LANDSAT 5 sensor TM. 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%.

2.3.2.4 *Determinação do Parâmetro Declividade Média (DM)*

Os valores da declividade média dos setores A, B e C foram aferidos no software ArcGIS, versão 10, a partir dos dados obtidos de uma imagem de radar do programa TOPODATA do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

2.3.2.5 Determinação do Parâmetro Erosividade da Chuva (E)

Utilizaram-se dados do potencial erosivo da chuva aferidos por Rocha (2011), no município de Areia Branca, a partir da metodologia proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) apud Bertoni e Lombardi Neto (1990).

2.3.2.6 *Determinação do Parâmetro Potencial Erosivo do Solo (PE)*

Para a classificação do potencial erosivo dos solos do município de Areia Branca, utilizou-se a base cartográfica disponibilizada pelo IDEMA, ano de 2006, resultando no mapa de solos do município de Areia Branca, o qual foi correlacionado com as informações relativas às características morfológicas gerais dos solos descritos e obteve-se o fator de erodibilidade dos solos - fator K, desenvolvido com base nas observações feitas por Pundek (1994) apud Chueh (2004).

2.3.2.7 Determinação do Parâmetro Densidade de Drenagem (DD)

A densidade de drenagem é estabelecida em função do comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia. Para esta pesquisa foi preciso adaptar a equação que determina a densidade de drenagem uma vez que não estamos trabalhando com toda a Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, mas apenas com um dos municípios componentes dessa bacia.

2.3.2.8 Determinação do Parâmetro Balanço Hídrico (BH)

Na determinação do parâmetro balanço hídrico para o município de Areia Branca-RN foi utilizado a metodologia proposta por Thornthwaite 1948, encontrada em Vianello (1991).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PARÂMETRO COBERTURA VEGETAL ORIGINAL (CO)

Com a confecção do Mapa da Cobertura Vegetal Original (Figura 2), a partir do método NDVI - (*Normalized Difference Vegetation Index*), conseguiu-se chegar mais próximo do que era a cobertura vegetal original do município de Areia Branca-RN. Foi realizada uma correlação entre este mapa e o mapa de uso do solo atual (Figura 3). Dessa maneira, foi possível verificar o grau de semelhança entre a vegetação atual e a original, baseado na proposta de Marnr (1978) apud Beltrame (1994).

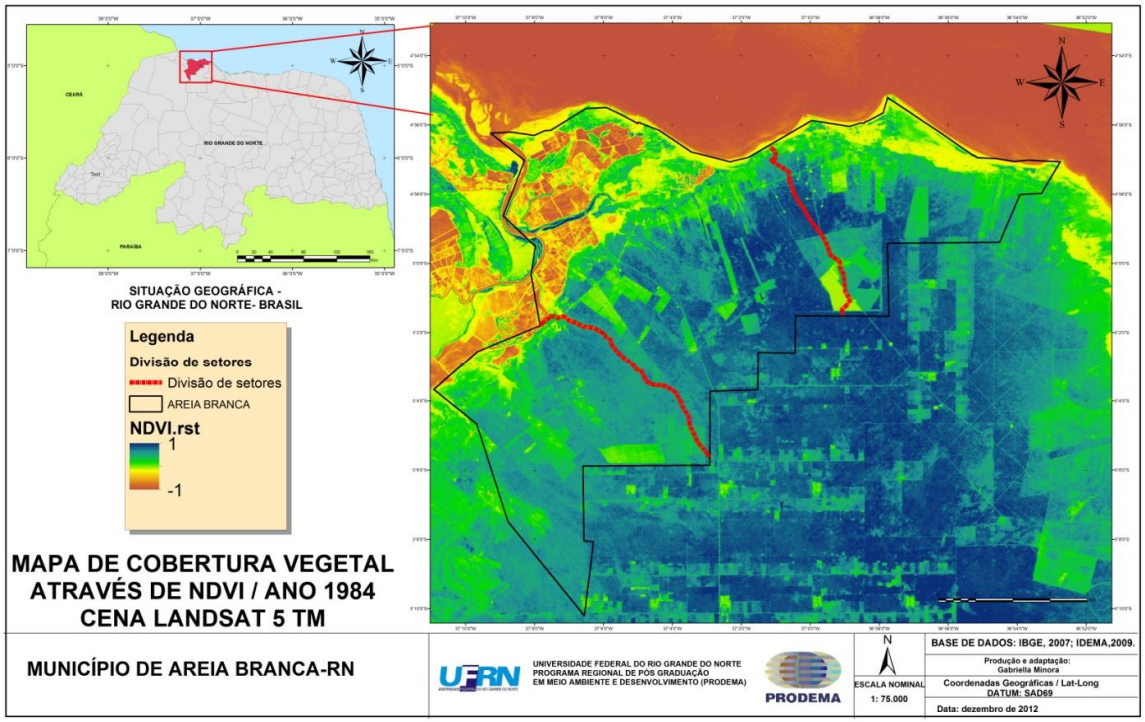


Figura 2. Mapa de cobertura vegetal original do município de Areia Branca-RN, utilizando o NDVI/ano de 1984, dividido por setores.

O município de Areia Branca, inserido em uma região de clima semi-árido e de relevo plano, abriga o estuário do rio Apodi-Mossoró. O mapa da vegetação original apresentou uma variação que vai desde uma vegetação mais densa, representada pelos tons de azul, no interior do município, passando por uma vegetação mais rala, representada na cor verde, que contitui áreas utilizadas para agricultura e áreas de restinga, até os locais com ausência total de vegetação, como é o caso das áreas de dunas, representados pela cor amarela e dos corpos d'água, na cor vermelha.

Os fatores naturais atuantes na região influenciam, diretamente, as formações vegetais ali encontradas. A vegetação de caatinga, os manguezais e a vegetação de restinga sempre estiveram presentes no território do município, no entanto, atualmente estas se encontram descaracterizadas em função de ações antrópicas.

As ocorrências vegetais originais do município de Areia Branca não variam muito do que encontra-se atualmente, exceto no quesito quantitativo.

Originalmente, o município apresentava extensas áreas de caatinga em seu interior. A área estuarina era toda constituída pela vegetação de manguezal as margens do rio Apodi-Mossoró entre outras espécies de vegetação ciliar, hoje raramente encontradas. Em função da proteção fornecida pela vegetação ciliar, o canal do rio Apodi-Mossoró era mais profundo, com uma fauna rica em diversidade. Na região costeira era comum avistar longas áreas de vegetação de restinga, recobrindo as dunas, antigamente abundantes no município.

3.2 PARÂMETRO COBERTURA DA SUPERFÍCIE ATUAL (CA)

A confecção do mapa de uso do solo do município de Areia Branca (Figura 3), resultou na identificação de oito usos distintos do solo deste município, são eles: Caatinga, que abrange em termos de porte da vegetação, a caatinga rala e a caatinga densa; Cultura, onde estão inseridas a cultura temporária e a cultura permanente; Corpos d’água, que congregou as salinas, as áreas alagadiças, e o trecho da foz do rio Apodi-Mossoró; Solo exposto, representado pelas vias de acesso e as áreas desmatadas para fins econômicos; Dunas, que envolve tanto as dunas fixas quantos as dunas móveis; Mangue; Vegetação arbustiva, representada, especialmente, pela vegetação de restinga; e Área urbana.

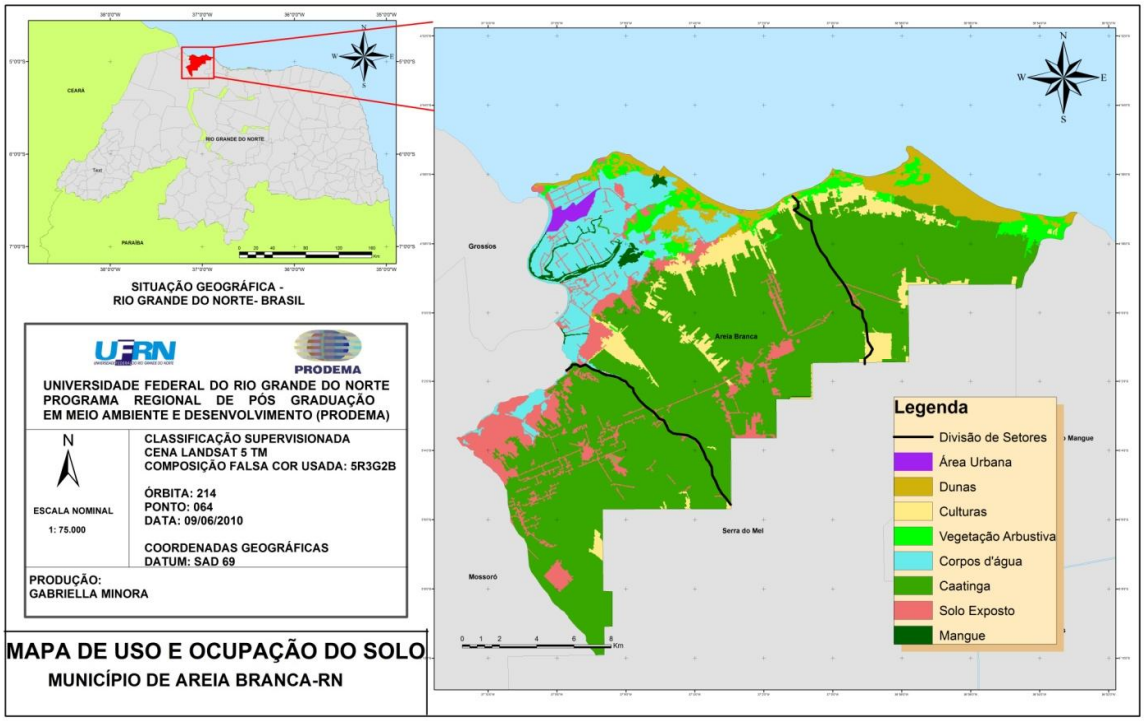


Figura 3. Classificação temática do uso do solo no município de Areia Branca-RN, dividido por setores.

A Tabela 1 expressa a quantificação da área ocupada por cada classe de uso em km^2 e em percentagem. O uso mais representativo foi o da caatinga, e o uso que apresentou a menor área ocupada foi o de área urbana.

Tabela 1. Quantificação das áreas ocupadas pelas classes de uso do solo.

Classes de Uso	Km^2	%
Duna	21.4497	5.99
Caatinga	223.0136	62.36
Cultura	21.6963	6.06
Corpos d'água	38.0142	10.63
Mangue	3.3147	0.92
Solo exposto	33.8003	9.45
Vegetação Arbustiva	14.1228	3.94
Área Urbana	2.1691	0.60
Total	**357.5807**	**100**

Segundo Lima, Souza e Souza (2009) relatos históricos apontam que há dois séculos a cidade de Areia Branca era apenas um mundo de vargens, cortadas pelo rio Apodi-Mossoró e seus afluentes, suas gamboas e mangezais. Os holandeses, ao desembarcarem nesta localidade

encontraram sal cristalino nos baldes naturais às margens do rio, e ao conhecerem as salinas de Areia Branca, passaram a utilizar-se delas.

O historiador Gurgel (2002) relata que a povoação de Areia Branca teve início no ano de 1870 e já no ano de 1978 foi construída a primeira salina de Areia Branca, chamada Serra Vemelha.

A partir de então deu-se o aumento progressivo do processo de uso do solo pela atividade salineira que veio a ocupar uma extensa área desse território, modificando severamente a paisagem estuarina, através do desmatamento de manguezais e da mata ciliar para a instalação dos tanques cristalizadores/evaporadores de sal.

O manguezal era bastante representativo em todo o curso do rio Apodi-Mossoró, contudo, vem sofrendo com ações antrópicas, especialmente pela atividade salineira. Silva e Medeiros (2008) fortalecem essa ideia quando afirmam que não houve um planejamento adequado, enfocando a questão ambiental nos períodos que remetem à instalação da atividade salineira, que se deu a partir do desmatamento e aterramento de grande parte dos manguezais, levando à morte ou fuga de diversos organismos que ali viviam, expondo os solos à erosão e, consequentemente, contribuindo com o assoreamento do rio.

Além do desmatamento oriundo do processo de instalação das salinas, Costa, Silva, Lucena Filho et al. (2007) constataram degradação ambiental em função da ação dos catadores de carangueiro-uçá (*Ucides cordatu L.)*, que atuam clandestinamente neste ecossitema. Em continuidade, estes autores explicam que é grande a derrubada de árvores juvenis de *L. racemosa* e *R mangle*, uma vez que a madeira dessas árvores é utilizada na fabricação de instrumentos de pesca e captura de carangueijo, e para a alimentação de gado bovino. Outro fator degradador do ecossitema manguezal no município, identificado por Costa, Silva, Lucena Filho et al. (2007), diz respeito a grande quantidade de resíduos sólidos urbanos observados, proveniente do lançamento nas águas do rio pela população urbana ou

mesmo pelas pessoas que viajam diariamente nas balsas, trafegando entre os municípios de Areia Branca e Grossos (margem oposta do estuário).

Além do lançamento de resíduos, ainda há o problema do descarte dos esgotos domésticos também no leito do rio, sem nenhum tipo de tratamento prévio, causando prejuízos sérios a este ambiente aquático. Esse problema remete a ausência de um projeto de saneamento básico no processo de construção do município, dessa forma a população localizada na região central do município, aproveitou o sistema de canalização construído para o escoamento das águas pluviais até o rio, para, por meio deste, descartar as águas servidas de suas residências. Já as populações periféricas por não possuírem nem mesmo esse sistema para escoamento de águas pluviais, depositam seus esgotos em uma vala que circunda a cidade e deságua na foz do rio (SILVA; MEDEIROS, 2008). Ainda segundo estes autores, os estabelecimentos comerciais situados no marco zero da cidade lançam seus esgotos diretamente no rio, bem como estabelecimentos públicos, como é o caso do matadouro municipal. Nessa perspectiva, a quantidade de efluentes que o rio passou a receber excedeu seus limites de autodepuração, culminando em transtornos que afetaram a fauna e flora características, bem como a própria população.

Atualmente, o sistema de esgotamento sanitário encontra-se em processo de implementação no município, o que certamente irá contribuir com a revitalização deste trecho do rio Apodi-Mossoró, que deixará de receber os esgotos domésticos.

A diminuição da vegetação de caatinga no município de Areia Branca ocorreu em função da produção agropecuária, do desmatamento para exploração de petróleo e do desmatamento para fins energéticos (retirada de lenha para alimentar os fornos das cerâmicas da região e de padarias do município).

Já a vegetação arbustiva, formada principalmente por restinga, é facilmente encontrada como fixadora de dunas. A vegetação arbustiva vem decrescendo devido aos fatores citados no parágrafo anterior e devido ao crescimento desordenado na zona costeira do município,

com construção de residências em locais inapropriados, como é o caso das áreas de dunas. Além disso, há a crescente implementação da atividade de carcinicultura, principalmente na zona costeira, que acaba impactando negativamente a vegetação característica dessas áreas, através do desmatamento para a instalação das fazendas.

Segundo Silva e Medeiros (2008) as comunidades rurais de Morro Pintado, Ponta do Mel e Barra de Upanema têm sofrido processos erosivos oriundos do desmatamento de áreas dunares para a atividade agropecuária. Já as áreas urbanas têm desmatado e ocupado as áreas dunares, contribuindo com o processo de impermeabilização do solo e aumento de processos erosivos, uma vez resulta na diminuição da capacidade de infiltração das águas pluviais e intensificação do escoamento superficial, produzindo assoreamentos, ravinas e voçorocas (SILVA; MEDEIROS, 2008).

O trecho da foz do rio Apodi-Mossoró encontra-se visivelmente assoreado, o que tem causado severos prejuízos à economia local. A figura 4 evidencia a formação de bancos de areia que vem prejudicando a navegação que atua no escoamento da produção salineira.

Como explicam Silva e Medeiros (2008) o processo de assoreamento é decorrente de várias ações que se relacionam e são observadas no tempo e no espaço, a exemplo do desmatamento da vegetação ciliar, dos mangues e da vegetação de restinga, protetora de dunas. Somado a isso, a ocupação humana desordenada e irregular às margens do rio, para abrigar as atividades produtivas e o espaço urbano, também contribuíram substancialmente com o processo de assoreamento (SILVA; MEDEIROS, 2008).

As figuras 4, 5, 6 e 7 fornecem uma ideia do nível de alteração da vegetação original, nos dias de hoje.

Figura 4. Área estuarina ocupada pelo crescimento urbano e pelas salinas, onde é possível identificar a completa fragmentação do ecossistema manguezal, que originalmente compreendia toda a extensão das margens do Rio Apodi-Mossoró, em seu estuário. Fonte: Idema, 2005.

Figura 5. Área costeira considerada frágil, ocupada pelo crescimento urbano, onde é possível verificar a descaracterização da vegetação de restinga, anteriormente existente em abundância nessa região. Fonte: Idema, 2005.

Figura 6. Desmatamento da vegetação de caatinga para utilização da lenha em fornos das cerâmicas da região. Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

Figura 7. Desmatamento da vegetação de caatinga para implantação de um poço de extração de petróleo, no município de Areia Branca-RN. Fonte: Trabalho de Campo, Julho de 2012.

A promoção da conservação da caatinga esbarra em obstáculos que precisam ser superados, são eles: a falta de um sistema regional eficiente de áreas protegidas, visto que nenhum outro bioma brasileiro tem tão poucas Unidades de Conservação de proteção integral

quanto a caatinga; e a falta de inclusão do componente ambiental nos planos regionais de desenvolvimento, uma vez que as ações governamentais para melhorar a qualidade de vida da população sertaneja contribuem muito com a destruição dos recursos biológicos (MMA, 2002).

3.3 PARÂMETRO DECLIVIDADE MÉDIA (DM)

De acordo com as informações aferidas a partir da imagem de radar do programa TOPODATA, do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), utilizada para a confecção do mapa de declividade do município de Areia Branca (Figura 8), obteve-se como resultado os seguintes valores: setor A – 5,2%, setor B – 4,92% e setor C – 4,52%.

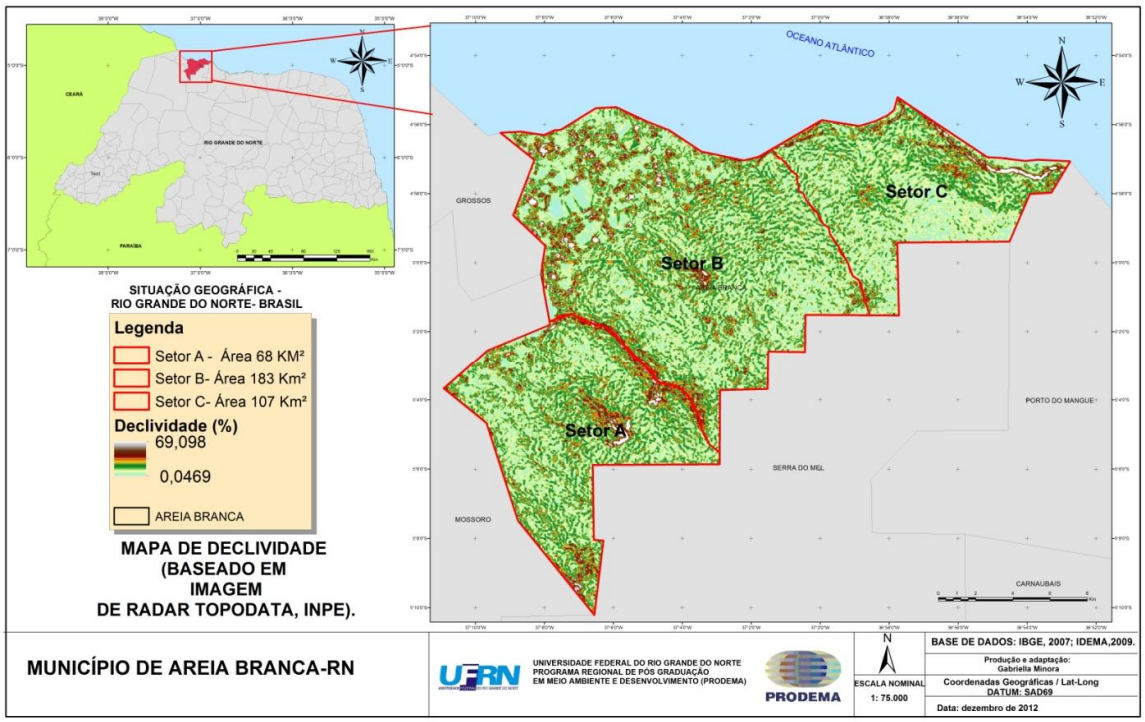


Figura 8. Mapa de declividade do município de Areia Branca, dividido por setores.

3.4 PARÂMETRO EROSIVIDADE DA CHUVA (E)

A partir das médias dos anos-padrão (1970, 1982, 1993, 2000, 2009), Rocha (2011) avaliou a erosividade pelo método de Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) obteve o seguinte

valor de erosividade média para o município de Areia Branca-RN: 5.358 Mj.mm/ha.h.ano. Desta forma para todos os setores; A, B e C do município, a erosividade é média, cujo símbolo e peso associado é E2.

3.5 PARÂMETRO POTENCIAL EROSIVO DO SOLO (PE)

As feições de relevo resultam das condições climáticas atuantes na superfície terrestre. Os tipos de solos que compõem o relevo se desenvolvem e se transforma em maior ou menor intensidade, tanto pelas ações químicas quanto físicas a que estão expostos diante das adversidades climáticas. Dentre as quais, destaca-se a ação das águas, que vai determinar o grau de suscetibilidade à erosão hídrica (erodibilidade) a que estão sujeitos, variando conforme sua gênese e posição no relevo, caracterizando suas propriedades morfológicas, de modo que os solos apresentam erodibilidade diferentes (CHUEH, 2004).

De acordo com o mapa de solos do município de Areia Branca (Figura 9), são dois os tipos de solos encontrados, o Latossolo Vermelho-Amarelo e as Areias Quartzosas Marinhas Distróficas, esta atualmente, com nomenclatura – Neossolos Quartzarênicos. Os tipos de solos encontrados neste município foram correlacionados aos valores de erodibilidade dos solos utilizados por Chueh (2004) apud Santos (2002), e obteve-se o fator de erodibilidade dos solos – fator K.

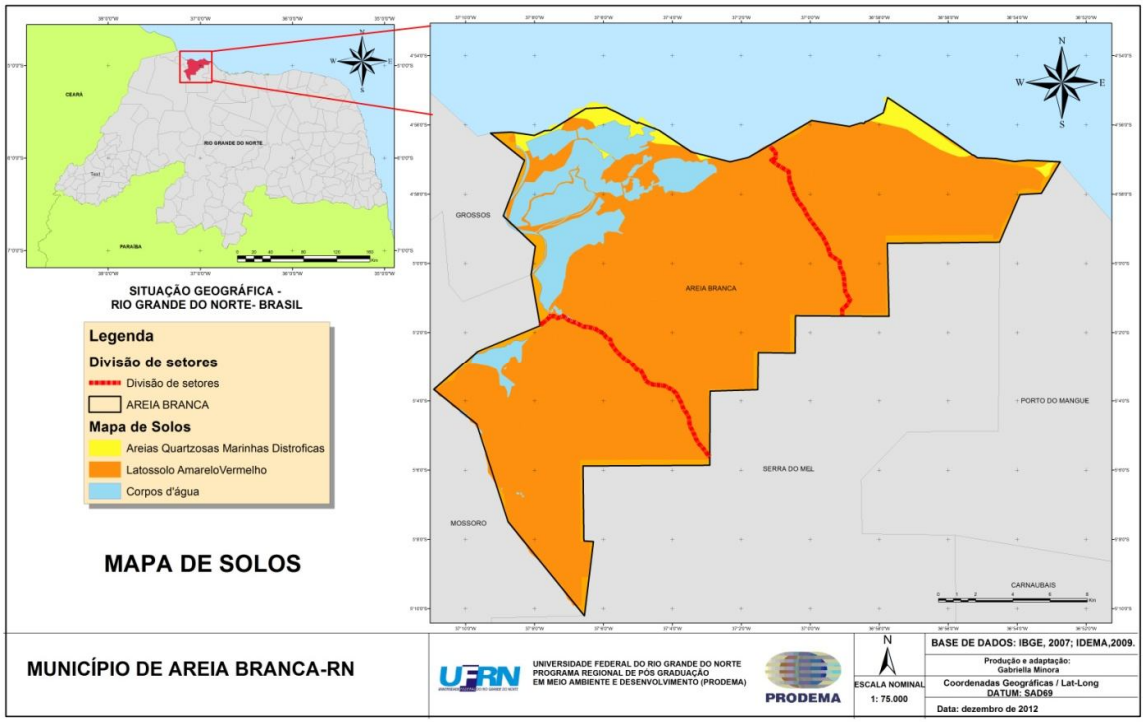


Figura 9. Mapa de solos do município de Areia Branca-RN, dividido por setores.

3.6 PARÂMETRO BALANÇO HÍDRICO (BH)

A partir dos valores obtidos no balanço hídrico climático do município de Areia Branca (Figura 10), é possível observar que somente entre os meses de março e abril registra-se excedente hídrico, uma vez que os valores de precipitação nesse período excedem os valores da evapotranspiração potencial, havendo assim, predominância de deficiência hídrica ao longo do ano, quando os valores de precipitação são menores que os valores da evapotranspiração real. Isso ocorre devido a distribuição pluviométrica em Areia Branca ser concentrada nos meses de fevereiro a maio, cabendo ao restante do ano, um clima seco, característico do bioma caatinga.

Desta forma para todos os setores; A, B e C do município, o balanço hídrico é baixo, cujo símbolo e peso associado é BH4.

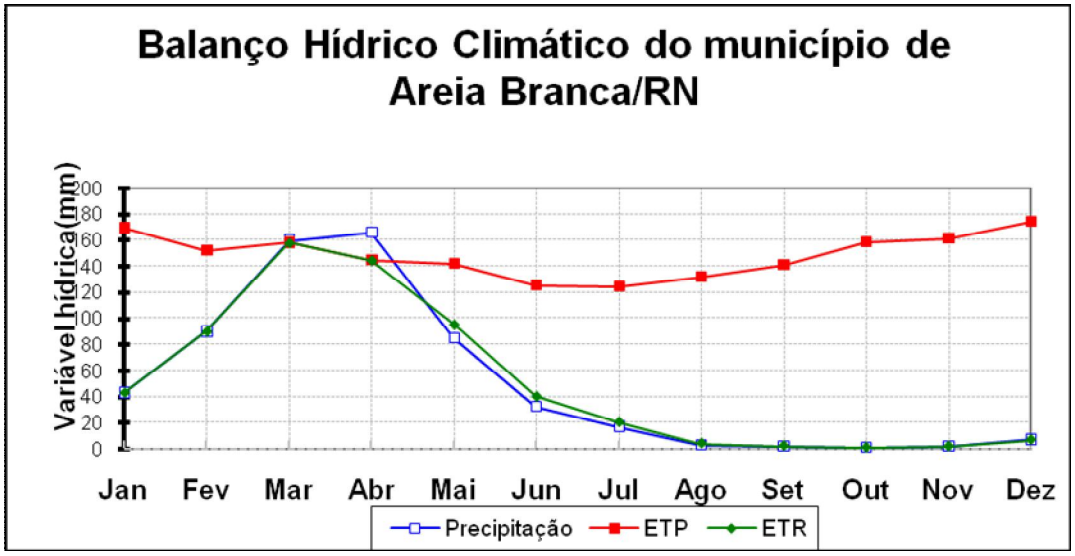


Figura 10. Gráfico do Balanço Hídrico Climático do município de Areia Branca-RN.

Fonte: Fernando Moreira da Silva.

3.7 DIAGNÓSTICO FÍSICO-CONSERVACIONISTA

Para a obtenção dos valores finais das fórmulas descritivas dos setores, em percentuais, utilizou-se um modelo linear, expressando numericamente o estado físico-conservacionista dos setores do município de Areia Branca.

O resultado da síntese dos parâmetros dos fatores potenciais de degradação dos recursos naturais está expresso de forma numérica por meio da fórmula descritiva final na Tabela 2.

Tabela 2. Síntese dos índices obtidos em cada parâmetro por setor.

Parâmetro	Setor A	Setor B	Setor C
Cobertura vegetal original	CO2	CO3	CO3
Cobertura vegetal atual	CA3	CA2	CA3
Declividade média	DM1	DM1	DM1
Erosividade da chuva	E2	E2	E2
Potencial erosivo do solo	PE2	PE2	PE2
Densidade de drenagem	DD2	DD2	DD2
Balanço hídrico	BH4	BH4	BH4
Somatória dos índices	**16**	**16**	**17**

Nesse sentido, de acordo com as classificações realizadas nos itens anteriores, o mínimo valor possível a ser obtido na fórmula descritiva sugerida é 7 (somatória de todos os índices iguais a 1), o que representa o melhor estado físico-conservacionista que o setor poderia

apresentar. Da mesma forma, o máximo valor possível a ser obtido na fórmula descritiva é 36 (somatório de todos os índices com os valores máximos), o que representa o pior estado físico conservacionista que o setor poderia apresentar. Com estes valores, mínimo de 7 e máximo de 36, tem-se o ângulo de inclinação da reta.

Assim, pelo processo analítico de substituição chega-se a equação para avaliação do processo de degradação (Y = 3,44; X - 23,84), cujos resultados estão na Figura 11:

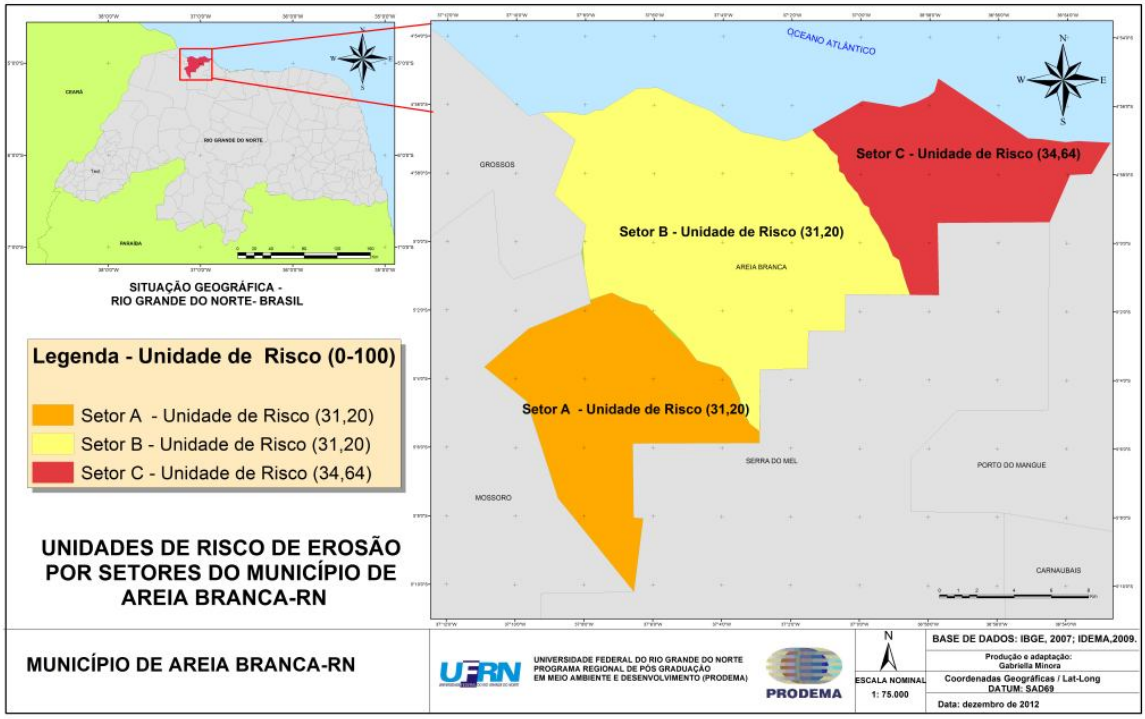


Figura 11. Mapa das unidades de risco de erosão do município de Areia Branca-RN, dividido por setores.

O setor A e o setor B apresentaram o mesmo valor quanto ao risco de degradação física (31,20). Isso significa que estes dois setores estão sob as mesmas condições físico-conservacionistas.

No setor C verificou-se risco de erosão no valor (34,64). Nessa perspectiva, apesar de representar apenas 3,44 unidades críticas a mais que os demais setores, este apresenta maiores riscos de degradação, devendo constituir setor prioritário no tocante ao planejamento e execução de ações conservacionistas.

Verificou-se que os três setores apresentaram os mesmos índices de declividade média, erosividade da chuva, potencial erosivo do solo, densidade de drenagem e balanço hídrico.

Os resultados dos índices dos parâmetros da fórmula descritiva dos setores apontaram que:

a) O setor A apresentou maior semelhança entre a cobertura vegetal atual e a cobertura vegetal original, percebendo-se um aumento sutil na quantidade de área desmatada, principalmente, para a construção de poços de perfuração de petróleo. Já o setor B e o setor C apresentaram grau de semelhança um pouco menor. O nível de semelhança empregado para o setor B justifica-se em função do visível aumento de área desmatada para a perfuração de poços de petróleo, no interior do município e da utilização de áreas de restinga para abrigar as planícies de inundação das salinas, na zona costeira. No setor C, verificou-se que no mapa de vegetação original havia uma maior quantidade de área utilizada para agricultura, fato que ocorre em menor intensidade atualmente, havendo, portanto, uma alteração inversa, ou seja, os dados indicam que atualmente o índice de conservação da vegetação nesse setor é maior do que no ano de 1984.

b) A cobertura vegetal atual oferece maior proteção ao solo no setor B. É provável que esse resultado se justifique em função deste apresentar uma área de vegetação de caatinga maior do que nos demais setores, conferindo um aumento considerável no índice de proteção. No entanto, visualmente, percebe-se que o setor B é o que sofreu maiores alterações na cobertura vegetal, pois possui uma grande área sendo utilizada por atividades econômicas (salinas, exploração de petróleo, agricultura) e pelo crescimento urbano, já que é neste setor que encontra-se a sede do município de Areia Branca. Os setores A e C demonstraram o mesmo índice de proteção.

c) O resultado do parâmetro declividade média apontou o mesmo índice para os três setores, isso porque trata-se de uma área de estuário, ou seja, a parte mais baixa da bacia, cujo relevo tende a ser relativamente plano. Isso justifica o fato de todo o território do município ter apresentado relevo suave ondulado.

d) A erosividade da chuva nos três setores apresentou o mesmo índice, o de erosividade média.

e) O potencial erosivo do solo também apontou o mesmo índice para os três setores, tendo em vista ser uma área não muito extensa, cujos tipos de solos identificados foram apenas o Latossolo Vermelho Amarelo (com menor potencial erosivo) e as Areias Quartzosas Marinas Distróficas/NeossolosQuartzarênicos (com maior potencial erosivo), nos três setores.

De acordo com Resende, Curi e Rezende et al. (2007) as bacias de domínio de Latossolos e Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos), em relevo plano e suave ondulado, apresentam uma rede de drenagem pouco expressiva, isto é, os cursos d'água são mais espaçados em razão do menor dissecamento das mesmas (menor densidade de drenagem), o que justifica os baixos valores encontrados no parâmetro densidade de drenagem.

Os Neossolo, segundo Resende, Curi e Rezende et al. (2007), conotam a ideia de instabilidade, de ambiente em mudanças ou muito susceptível a mudanças, o que justifica as Areias Quartozosas Marinhas Distrófica/Neossolos Quartzarênicos terem apresentado moderado a alto potencial erosivo. Esse tipo de solo encontra-se em toda a região costeira do município, mais conhecido como áreas de praias ou dunas.

Já os Latossolos são considerados solos mais profundos (normalmente superiores a 2 m) e menos susceptíveis à erosão e ocorrem em quase todo o território do município.

f) Todos os setores apresentaram a mesma densidade de drenagem, considerada baixa.

g) O resultado do balanço hídrico evidenciou que o município possui registros de excedente hídrico apenas nos meses de março e abril, cabendo aos demais meses do ano, deficiência hídrica. O balanço hídrico apontado neste parâmetro indicou o valor máximo proposto para a fórmula descritiva, sendo considerado importante fator de contribuição para o risco de degradação ambiental.

De modo geral, é possível afirmar que o município de Areia Branca apresentou uma cobertura original (relativa ao ano de 1984) medianamente semelhante da original,

erosividade da chuva também mediana e potencial erosivo dos solos entre baixo e moderado. A densidade de drenagem, altamente influenciada pelas características de relevo, apresentou valores baixos. E o balanço hídrico foi o parâmetro que representou maior potencial de causar degradação ambiental, pois apresenta registros de excedente hídrico em apenas dois meses do ano, março e abril. Isso significa que os valores de deficiência hídrica obtidos, constituem fator limitador para a manutenção da qualidade dos recursos naturais.

4. CONCLUSÕES

A utilização do Diagnóstico Físico-Conservacionista, o DFC se mostrou eficiente no diagnóstico da degradação ambiental do município de Areia Branca.

Há uma homogeneidade das características climáticas, de relevo, dos tipos de solos e nos padrões da drenagem, de Areia Branca, salientando que todos esses elementos físicos relacionam-se entre si, influenciando uns aos outros, caracterizando um sistema.

As unidades de risco de erosão para os três setores do município evidenciaram resultados negativos relativos aos tipos de uso do solo. O setor A e o setor B apresentaram valor idêntico de risco de erosão – 31,20 e o setor C demonstrou valor de risco de erosão – 34,64. Dessa forma, os resultados apontaram o setor C como o mais degradado do município. A atividade antrópica identificada neste setor é, principalmente, a agricultura, exploração petrolífera e crescimento urbano.

Fica evidente a importância de reproduzir estudos como este em outras localidades, no estado do Rio Grande do Norte, onde as características naturais, especialmente as climáticas, já são fatores facilitadores de provocar degradação ambiental.

Espera-se que, este estudo possa embasar a tomada de decisões por parte dos gestores públicos na proposição de medidas de recuperação das áreas degradadas e conservação dos recursos naturais do município.

5. AGRADECIMENTOS

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

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - ARAÚJO, I. R; SILVA, H. P.; LOPES, A. S.; ALENCAR, B. P. B.; SILVA, H. D. B. **Cálculo de NDVI no suporte ao estudo de desertificação no município de Orocó- PE.** III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010 p. 001 – 006.

2 - ARAÚJO, S. M. **Introdução às ciências do ambiente para engenharia**. Universidade Federal da Paraíba – Departamento de Engenharia Civil. Março, 1997.

3 - BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

4 - CANDIDO, H. G. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba – MG.** Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Jaboticabal-SP, 2008.

5 - CARVALHO, R. G.; KELTING, F. M. S.; SILVA, E. V. **Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN.** Revista Sociedade e Natureza. Uberlândia, 23 (1): 143-159, abr. 2011.

6 - CHUEH, A. M. **Análise do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Pequeno – São José dos Pinhais/PR, por meio do Diagnóstico Físico Conservacionista – DFC**. 2004. 91p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

7 - COSTA, D. F. S.; SILVA, A. S.; LUCENA FILHO, M. A.; ROCHA, R. M. **Análise da ação antrópica sobre uma faixa de mangue no estuário do Rio Apodi/Mossoró (RN).**

Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.

8 - DEMATTÊ, J. A. M. **Sensoriamento remoto aplicado a solos cultivados com cana de açúcar: relações com manejo.** Escola superior de agricultura "Luiz de Queiroz"/USP. 2005.

9 - GURGEL, D. F. **Areia Branca: A Terra e a Gente.** Natal – RN, 2002.

10 - 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.

11 - LIMA, I. C.; SOUZA, M. J. J. B. S.; SOUZA, V. M. **Memória de um lugar esquecido no tempo – Valorização das edificações urbanas de Areia Branca como patrimônio histórico-cultural.** XII Encontro de Geógrafos da América Latina – Caminando en una América Latina em transformarción. Montevidéu, 2009.

12 - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Biodiversidade brasileira - avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros.** 404 p. Brasília, 2002.

13 - NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações.** Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1998.

14 - 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.

15 - RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia – base para distinção de ambientes.** Editora UFLA, 2007.

16 - ROCHA, A. B. **Análise multitemporal da dinâmica do uso e ocupação do baixo curso do Rio Apodi-Mossoró-RN (1989-2009)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, 2011, 113 p.

17 - SANTOS, F. F. **Nexos entre qualidade de vida dos Areia-branquenses e saneamento ambiental**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2004, 182 p.

18 - 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.

19 - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa Geológico do Rio Grande do Norte.** 2006. Disponível em: <http://www.geobank.sa.cprm.gov.br> Acessado em: 28 de Maio de 2013.

20 – SILVA, S. B.; MEDEIROS, W. D. A. **Caracterização e diagnóstico de impactos ambientais no município de Areia Branca/RN: uma proposta de *Background* para a atividade turística**. II Simpósio de Geografia Física do Nordeste: sustentabilidade e meio ambiente no nordeste brasileiro. João Pessoa/PB, 2008.

21 - VIANELLO, R. L. **Meteorologia Básica e Aplicações.** Viçosa, UFV. Imp. Univ., 1991. 449 p.

CONSIDERAÇÕES GERAIS DA DISSERTAÇÃO

As características naturais da região do semi-árido brasileiro são fatores facilitadores da ocorrência ou aceleração da degradação ambiental. Em geral, esta é creditada ao crescimento demográfico que resulta em demandas cada vez mais altas de alimentos e energia, que acaba resultando no uso inadequado dos recursos naturais em função da falta ou falha no planejamento desses processos produtivos.

Foi escolhida como área de estudo o município de Areia Branca-RN, que encontra-se inserido em uma região de clima semi-árido e compondo parte do estuário do rio Apodi-Mossoró, sendo considerado um ambiente naturalmente frágil e susceptível à degradação. Apesar desses fatores limitadores, o município abriga uma variedade de atividades econômicas, que foram instaladas, na maioria dos casos, sem o devido planejamento ambiental, representando grande potencial de causar degradação ambiental.

Dividido em dois capítulos, este trabalho inicia-se com uma classificação do uso do solo no município de Areia Branca-RN, na escala 1:75000. Esta apresentou oito classes, três delas congregam 82,44% do tipo de cobertura do solo; 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 do solo, menos que 1%, estão relacionados ao desmatamento da vegetação de caatinga e, principalmente, a emissão de gases poluentes.

O mapa de uso do solo mostrou que é possível aplicar ferramentas científicas avançadas no monitoramento ambiental da caatinga, com baixo custo e relevantes informações, que visem ordenar as atividades humanas para que estas originem o menor impacto possível sobre o meio.

No segundo capítulo, realizou-se uma quantificação da degradação ambiental no município alvo deste estudo, através do Diagnóstico Físico-Conservacionista, o DFC.

Para a realização desta pesquisa, foi necessário adaptar a metodologia proposta por Beltrame (1994) às condições naturais e artificiais da área de estudo, já que ambos os estudos contemplam áreas completamente distintas quanto aos aspectos fisiográficos e aos tipos de

uso do solo. Além disso, foram realizadas adequações no processo de aquisição dos dados que possibilitaram a obtenção dos índices para compor a fórmula descritiva final.

Dos sete parâmetros utilizados para compor a fórmula descritiva componente desta metodologia, cinco deles evidenciaram índices com valores idênticos, foram eles: declividade média, erosividade da chuva, potencial erosivo dos solos, densidade de drenagem e balanço hídrico. Isso significa que há uma homogeneidade das características climáticas, de relevo, dos tipos de solos e nos padrões da drenagem, no município de Areia Branca, salientando que todos esses elementos físicos relacionam-se entre si, influenciando uns aos outros, caracterizando um sistema.

As unidades de risco de erosão para os três setores do município evidenciaram resultados negativos relativos aos tipos de uso do solo. O setor A e o setor B apresentaram valor idêntico de risco de erosão – 31,20 e o setor C, demonstrou valor de risco de erosão – 34,64. Dessa forma, os resultados apontaram o setor C como o mais degradado do município. A atividade antrópica identificada neste setor é, principalmente, a agricultura, exploração petrolífera e crescimento urbano. Neste setor encontra-se uma representativa área de dunas, locais protegidos por lei, que constituem áreas de preservação permanente, no entanto, foi constatado desrespeito à legislação através da ocupação irregular dessas áreas para fins, principalmente, de urbanização.

No setor A, identificou-se como principais atividades antrópicas potenciais de causar degradação ambiental, a exploração petrolífera, a atividade salineira e a agricultura. Nos últimos anos, houve um crescimento substantivo na quantidade de poços perfurados para a extração de petróleo no município, sendo os setores A e B, os mais afetados.

E o setor B, apesar de não constituir o setor com maior potencial de causar erosão, apresenta visualmente, fortes alterações oriundas de atividades antrópicas, a exemplo da atividade salineira, exploração petrolífera, agricultura e urbanização. Vale salientar que o desenvolvimento da atividade salineira vai de encontro ao que reza a legislação brasileira, pois a implantação das salinas ocorreu quase toda às margens do Rio Apodi-Mossoró, que são considerados áreas de preservação permanente.

Fica evidente a importância de reproduzir estudos como este em outras localidades, especialmente no estado do Rio Grande do Norte, onde as características naturais, especialmente as climáticas, já são fatores facilitadores de provocar degradação ambiental.

Espera-se que este estudo possa embasar a tomada de decisões por parte dos gestores públicos na proposição de medidas de recuperação das áreas degradadas e conservação dos recursos naturais deste município.