

FREDERICO FONSECA GALVÃO DE OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA
ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E NA DETERMINAÇÃO DA
VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO LITORAL SUL DO RIO
GRANDE DO NORTE.**

Tese de Doutorado apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente para obtenção do título de doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos

RIO CLARO (SP)
2011

FREDERICO FONSECA GALVÃO DE OLIVEIRA

Aplicação das técnicas de geoprocessamento na análise dos impactos ambientais e na determinação da vulnerabilidade ambiental no litoral sul do Rio Grande do Norte.

Tese de Doutorado apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente para obtenção do título de doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos – Orientador (UNESP – Guaratinguetá)

Prof. Dr. Jairo Roberto Jiménez Rueda (UNESP – Rio Claro)

Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto (UNESP – Rio Claro)

Prof. Dr. Luiz Antônio Cestaro (UFRN)

Prof. Dr. Luiz Eduardo de Oliveira (UNESP – Guaratinguetá)

Frederico Fonseca Galvão de Oliveira (Candidato)

Rio Claro – SP, 06 de dezembro de 2011.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre me acompanhar.

A Carla Amorim, amor de minha vida e fonte de inspiração. Aos meus pais, Airton e Lucia, e aos meus irmãos, Wolmer, Rodrigo (Guigo) e Airton Filho (Tito). À minha afilhada e sobrinha Marina. Aos meus sobrinhos: Antônia, Julinha, Clarinha, Gabriel e Wolminho. Às cunhadas, Cândida, Gabi e Raquel.

Ao meu orientador, Prof. Juércio Tavares de Mattos, pela confiança e apoio nos momentos mais incertos.

A Rosângela, competéssima secretária do Programa. Obrigado pela sua dedicação. Ao apoio de Dona Edna.

Aos colegas da Unesp e da república em Rio Claro, Fred, Fabrício, Heros, Sidney, Aguinaldo, Bia, Patrick, Leonardo, Simone, Fabiano, Juliano, César e Alex.

Aos amigos eternos da Roselândia.

Aos amigos de jornada geográfica e ambiental.

A Universidade Estadual de Goiás-UEG, pela licença para realização desta tese. Aos colegas da UEG, Campus de Formosa, muito obrigado pela ajuda, especialmente a Profa. Marisa e colegas do Depto. de Geografia.

Ao IBAMA, pela concessão da licença nos últimos meses do desenvolvimento desta tese. Aos amigos do IBAMA/RN: Alvamar, Bonilha, Marlova, Alexandre, Robson, Marcelo, Juliana, Simone, Fred, Fabíola, Rafael, Airton, Francisca e a turma do RH (Eduardo, Liliane, Ataídes e Sônia). Aos grandes estagiários e futuros colegas, Adriana e Welson Aialon. Aos amigos do IBAMA Sede em Brasília. Aos amigos e grandes fiscais da SEMURB.

Aos Professores Juércio Mattos, Jairo Rueda e Sérgio dos Anjos por participarem da Banca de Qualificação desta tese. Aos mestres professores de disciplinas, incluindo aí o Prof. Mário Assine, Leandro Cerri, Paulo Landim, José Stevau, Alexandre Perinotto e Antonio Saad.

Ao amigo e eterno mestre, Prof. Elias Nunes. Aos professores do Depto. de Geografia da UFRN, Sebastião, Marcelo Chaves, Zuleide, Edna e Hermínio, por algum momento me cederem informações. Ao amigo Carlos Sérgio pelo Abstract.

A Gilmar Bistrot (EMPARN) e Clodoaldo Rego (Estação Climatológica da UFRN), por me cederem dados climatológicos.

RESUMO

Este trabalho objetiva identificar analiticamente os impactos ambientais negativos e determinar, a partir de modelos empíricos, em escala de 1:25.000, os graus de vulnerabilidade ambiental existentes no litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte. Os resultados dos impactos foram obtidos mediante a proposição de metodologias de geoprocessamento específicas para cada impacto. A distribuição das diferentes classes de vulnerabilidade ambiental foi determinada a partir de modelamentos por álgebra de mapas. Os impactos ambientais analisados configuram-se nos campos de dunas, manguezais, faixas de praia e remanescentes florestais de Mata Atlântica. Quanto às dunas, o mapeamento indicou que 48,24% da área têm uma magnitude de impacto classificada como muito fraca. Contudo, o que preocupa é que os locais onde a magnitude do impacto é muito forte são exatamente as áreas com maior vulnerabilidade ambiental. Atualmente o maior avanço da carcinicultura ocorre em áreas que não são de manguezais, mas em sistemas ambientais associados. As faixas de praia podem se diferenciar quanto ao seu comprometimento ambiental, pois a capacidade de suporte aos impactos desses ambientes varia em função de suas características geoambientais. Apesar de os fragmentos florestais de Mata Atlântica apresentarem predominância de áreas muito irregulares (60,39%), muito pequenas (64,08%), com proporção de borda de 54,34%, má distribuição de sua densidade (setor sul) e circundados por cana-de-açúcar e áreas campestres (72,04%), eles ainda são responsáveis pelo controle geossistêmico e ecológico da área. Quanto à vulnerabilidade ambiental, verificou-se de que mais de 80% da área é classificada como de baixa e moderada vulnerabilidade. Isso mostra que, de acordo com o método aplicado e com os resultados alcançados, a maioria da área pode estar em equilíbrio. Contudo, as áreas com grau de vulnerabilidade muito alta são áreas de dunas ativas, indicando que devem ser prioritariamente protegidas.

Palavras-chave: Meio Ambiente. Impacto Ambiental. Vulnerabilidade Ambiental. Geotecnologias. Litoral Sul Potiguar.

ABSTRACT

This study aims to identify analytically the negative environmental impacts and determine, based on empirical models, on a scale of 1:25,000, the existing degree of environmental vulnerability in the south coast of Rio Grande do Norte. The results of the impacts were obtained by the proposition of geoprocessing methodologies specific to each impact. The distribution of different classes of environmental vulnerability were determined from models for map algebra. The environmental impacts analyzed, are configured in the fields of dunes, mangroves, beach strips and areas of Mata Atlantica. Referring to the dunes, the mapping indicated that 48.24% of the area has a magnitude of impact rated as very small. However, the problem is that the locations where the magnitude of impact is very strong are the areas with greater environmental vulnerability. Currently the largest improvement in shrimp farming occurs in areas that are not mangrove, but in associated environmental systems. The beach strips may differ as to its environmental commitment, because the ability to support the impacts of these environments varies with geo-environmental characteristics. Although the present Mata Atlantica forest fragments shows predominance of very irregular areas (60.39%), very small (64.08%), with proportion of edge of 54.34%, bad distribution of density (southern sector) and surrounded by sugar cane fields and grassland (72.04%), they are still responsible for controlling geosystems and ecological area. Referring to the environmental vulnerability, we have concluded that more than 80% of the area is classified as low-and moderate vulnerability. This shows that, according to the method used and results achieved, most of the area is in balance. However, areas with very high degree of vulnerability are areas of active dunes, indicating that priority should be protected.

Word-Keys: Environment. Environmental Impacts. Environmental Vulnerability. Geotechnology. Potiguar South Coast.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Localização da área em estudo sob o contexto nacional e estadual. ...	21
Figura 2 –	Escala de vulnerabilidade das Unidades Territoriais Básicas, segundo Crepani et al. (2001).....	50
Figura 3 –	Categorias de tratamento da informação espacial por geoprocessamento.....	57
Figura 4 –	Mapa de unidades geológicas da área em estudo.....	74
Figura 5 –	Afloramento, na área de estudo, de rochas oriundas da Formação Barreiras com recobrimento de sedimentos arenosos quaternários. Município de Tibau do Sul/RN.....	75
Figura 6 –	Seções aflorantes, na área de estudo, de rochas oriundas da Formação Barreiras com presença de estratificações condicionadas por estágios distintos de paleo-deposições. Municípios de Baía Formosa e Goianinha/RN.	76
Figura 7 –	Representação dos depósitos colúvio-eluviais, na área de estudo. Na grande maioria desta formação estão assentados os canaviais da atividade sucroalcooleira. Município de Goianinha/RN.	78
Figura 8 –	Depósitos flúvio-marinhos associados ao estuário do rio Curimataú nos Municípios de Baía Formosa e Canguaretama/RN. Nessas áreas, geralmente os mangues ficam assentados sobre esses sedimentos.....	80
Figura 9 –	Depósitos eólicos litorâneos de paleodunas nos Municípios de Tibau do Sul (praia de Pipa) e Parnamirim/RN (Barreira do Inferno). Podem-se observar as diferentes ocupações sobre esses sedimentos, com início de ocupação na praia de Pipa e preservação pela FAB na área conhecida como Barreira do Inferno...	81
Figura 10 –	Depósitos litorâneos de praia e dunas móveis nos Municípios de Sen. Georgino Avelino (praia de Malembá) e Nísia Floresta (praia de Búzios). Da mesma forma, podem-se observar as diferentes ocupações sobre esses sedimentos, com ausência de ocupação humana na praia de Malembá e intensa ocupação por casas de veraneio, na praia de Búzios.....	82
Figura 11 –	Recifes praias (<i>beach rocks</i>) no Município Nísia Floresta (praia de Camurupim).	84
Figura 12 –	Mapa de unidades pedológicas da área em estudo.....	91
Figura 13 –	Perfis na área de estudo de solos classificados como Areias Quartzosas.....	92
Figura 14 –	Unidade de mapeamento AQm. Município Sen. Georgino Avelino (praia de Malembá).	93
Figura 15 –	Cavas da unidade de mapeamento Latossolo Amarelo – LA na área de estudo.	94

Figura 16 – Perfis da unidade de mapeamento PVAd na área de estudo.....	95
Figura 17 – Perfil da unidade de mapeamento PVAe na área de estudo.....	96
Figura 18 – Usos da unidade de mapeamento de solos aluviais - A. Vale do rio Pium (Município de Parnamirim) e vale do rio Guajú no município de Baía Formosa, respectivamente.....	97
Figura 19 – Usos da unidade de mapeamento SM. Laguna Guaraíras, município Sen. Georgino Avelino e Tibau do Sul.....	98
Figura 20 – Quadro sinótico-metodológico com compartimentação geomorfológica da área em estudo utilizada no mapeamento.....	101
Figura 21 – Representação de imagens das Dunas Ativas (Praia de Malembá) - A e Dunas Inativas (Nísia Floresta) - B.....	104
Figura 22 – Representação de imagens de Planície Fluvial do rio Jacu (A) e foz do rio Pirangi (B).....	106
Figura 23 – Representação de imagens de Tabuleiros Menos Dissecados (A) e Tabuleiros Mais Dissecados (B).....	107
Figura 24 – Mapa geomorfológico da área de estudo.....	108
Figura 25 – Vale do rio Catu no sentido jusante-montante. Limite entre os municípios de Tibau do Sul e Canguaretama/RN.....	110
Figura 26 – Vale do rio Guaju no sentido montante-jusante. Divisa dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.....	110
Figura 27 – Lagoas originadas a partir de ressurgências do lençol freático em vales interdunares localizados no município de Nísia Floresta (Bacia 16-6).....	110
Figura 28 – Mapa dos sistemas hídricos superficiais da área de estudo.....	111
Figura 29 – Média de precipitação concentrada nos meses de junho e julho (inverno chuvoso) para cada município inserido na área de estudo. Percebe-se a ocorrência de um pequeno veranico no mês de maio. As médias das chuvas indicam que no quadrimestre chuvoso (abril-julho) as chuvas sempre estão acima dos 150 mm mensais (com exceção de Pedro Velho) e que o trimestre seco (outubro-dezembro) as chuvas não passam de 50 mm, demonstrando assim, uma forte concentração dos totais anuais de chuvas na área, nos meses mais chuvosos.....	115
Figura 30 – Precipitação Total Anual Média (mm) por Município. Percebe-se claramente o decréscimo do total de precipitação anual no município de Pedro Velho (limite oeste da área de estudo). Considerando somente os municípios inseridos na área de estudo e a média anual no período de 47 anos, nota-se certa homogeneidade nos totais de precipitação, apresentando uma variação de 451,6 mm entre o município mais chuvoso (Natal) e o menos chuvoso (Goianinha). Neste trabalho não são analisados os fatores que condicionam essas diferenças pluviométricas, como orografia, pressão atmosférica etc.....	115

Figura 31 – Mapa de isoietas da área de estudo com distribuição espacial das chuvas (intervalo de 30 mm). Média anual para um período de 47 anos (1963-2009).....	116
Figura 32 – Mapa de isoietas mensais da área de estudo com distribuição espacial das chuvas em mm. Média anual considerando um período de 47 anos (1963-2009). Intervalo entre as isoietas de 2mm. Meses de janeiro a junho.	117
Figura 33 – Mapa de isoietas mensais da área de estudo com distribuição espacial das chuvas em mm. Média anual considerando um período de 47 anos (1963-2009). Intervalo entre as isoietas de 2mm. Meses de julho a dezembro.	118
Figura 34 – Médias mensais e anuais de variação de temperatura (°C) máxima, média e mínima, considerando um período de 26 anos (1984-2009).....	119
Figura 35 – Médias mensais e anuais de variação de velocidade do vento (m/s), considerando uma série histórica de 26 anos (1984-2009).	120
Figura 36 – Rosa dos ventos com frequência média da direção do vento (em %) nos doze meses do ano, em uma série histórica de 24 meses (julho de 2008 a junho de 2010). Percebe-se a partir desta análise que os ventos possuem uma tendência de alteração de direção no decorrer do ano. Nos meses de dezembro a março os ventos sopram de direção mais Leste e nos meses de maio a agosto, têm uma tendência de direcionamento a partir do setor Sul-Sudeste.....	121
Figura 37 – Evolução da população total recenseada, por ano (1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010) dos municípios inseridos na área de estudo. Linha vermelha apresenta linha de tendência logarítmica.....	123
Figura 38 – Representação por município da evolução das alterações da situação do domicílio da população inserida na área de estudo. Evolução comparativa entre os anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Municípios de Arês (A); Baía Formosa (B); Canguaretama (C); Parnamirim (D); Goianinha (E) e Nísia Floresta (F).	125
Figura 39 – Representação por município da evolução das alterações da situação do domicílio da população inserida na área de estudo. Evolução comparativa entre os anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Municípios de São José de Mipibu (G); Senador Georgino Avelino (H); Tibau do Sul (I) e Vila Flor (J).....	126
Figura 40 – Fluxograma das etapas dos procedimentos de levantamento da cobertura e uso da terra.	129
Figura 41 – Total (km ²) das unidades de cobertura e uso da terra na área de estudo em 2010.	133
Figura 42 – Representação fotográfica das diversas unidades de cobertura e uso da terra na área de estudo (área urbanizada, pastagem/pecuária, cultura temporária, cultura permanente, campestre e Florestal).....	134

Figura 43 – Representação fotográfica das diversas unidades de cobertura e uso da terra na área de estudo (aquicultura intensiva, corpos d’água continentais e corpos d’água costeiros).	135
Figura 44 – Mapa de Cobertura e Uso da Terra da área de estudo. Erro! Indicador não definido	
Figura 45 - Mapa-índice considerando o levantamento aerofotogramétrico SETUR/SIN/IDEMA (2006) na articulação pela nomenclatura IBGE. Mapeamento base em escala de 1:25.000, associada à área de estudo.	140
Figura 46 - Roteiro dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa. ...	142
Figura 47 – Representação das Zonas de Campos de Dunas - ZCD compartimentadas na pesquisa, em função da escala de análise, visando à facilitação da interpretação dos impactos ambientais. Delimitação sobre imagem orbital do satélite TM Landsat 5 de 06/09/2010, com órbita-ponto 214-65 e composição de bandas no RGB de 543. As quatro ZCD apresentam escala semelhante. 1:300.000.	145
Figura 48 - Fragmentos da imagem do sensor TM do satélite Landsat 5, com composição de bandas espectrais 7R5G3B, utilizadas no levantamento dos impactos ambientais em manguezais, com destaque aos estuários do Curimataú e Nísia-Papeba-Guarairás. Imagem de 06/09/2010	151
Figura 49 - Sequência metodológica para a análise dos impactos ambientais em manguezais.	152
Figura 50 – Perfil esquemático das subdivisões morfológicas encontradas na área de estudo com destaque para a indicação da faixa de terra analisada, objeto de análise dos graus de ocupação.	154
Figura 51 – Representação da setorização das faixas de praia utilizadas e compartimentadas na pesquisa. Delimitação sobre ortofotos SETUR/SIN/IDEMA (2006). Os sete setores apresentam escala semelhante. 1:220.000.	156
Figura 52 - Fluxograma do roteiro metodológico na análise dos impactos ambientais em remanescentes de Mata Atlântica na área de estudo.	163
Figura 53 – Sequência metodológica da elaboração algébrica de mapas para a definição das classes de vulnerabilidade ambiental na área de estudo.	167
Figura 54 - Imagens de impactos ambientais sobre campos dunares. Pode-se perceber a ocupação por aparelhos urbanos na encosta das dunas inseridas na praia de Búzios (ZCD-3) – Foto “A”. Também nota-se trilhas de veículos 4X4 sobre as dunas nas dunas inseridas entre Tibau do Sul e Pipa (Foto “C”). A foto “D” se destaca por ser de uma área ocupada por coqueirais e esporadicamente por pecuária extensiva. A foto “E” indica uma deposição irregular de lixo adjacente a estradas.	177

Figura 55 – Mapa de magnitude dos impactos ambientais nas dunas da área de estudo.	Erro! Indicador não definido.
Figura 56 – Aspectos da ocupação da carcinicultura marinha e do cotidiano de trabalho de marisqueiras e pescadores do complexo estuarino-lagunar Nísia-Papeba-Guaráiras. Percebe-se na foto K que o manguezal “possui” uma geometria de ângulos retos, fato pouco provável de acontecer naturalmente, indicando assim a intervenção das atividades de carcinicultura sobre estes ambientes, principalmente com implantação de viveiros sobre antigas florestas de mangue. Podem-se observar remanescentes de mangues no meio e adjacentes aos viveiros. Viveiros em Canguaretama (L).....	181
Figura 57 – Evolução do total das áreas ocupadas (em km ²) pelos mangues e viveiros de carcinicultura nos estuários do Curimataú e Nísia-Papeba-Guaráiras para os anos de 1992/3 a 2010. No estuário de Nísia-Papeba-Guaráiras, pode-se perceber a inversão da maioria da área ocupada por mangues em 1992 pela de viveiros no ano de 2010.	185
Figura 58 – Mapa de evolução espaço-temporal do avanço dos viveiros de carcinicultura no estuário do rio Canguaretama.....	186
Figura 59 – Mapa de evolução espaço-temporal do avanço dos viveiros de carcinicultura no complexo estuarino Nísia-Papeba-Guaráiras.	187
Figura 60 - Gráfico com porcentagens dos graus de ocupação para cada uma das sete faixas de praia inseridas na área de estudo. Análise sobreposta por linhas de tendência (linear) para cada grau de ocupação no sentido sul-norte (setor 1 – setor 7).	190
Figura 61 - Imagens de ocupações de faixas e praia inseridas na área de estudo. Praias de Pirangi do Sul (A); Camurupim (B); Sagi (C); Pipa (D); Búzios (E) e Barreira do Inferno (F).	195
Figura 62 – Mapa de representação dos segmentos de faixa de praia para os sete setores analisados.....	196
Figura 63 – Relação inversa entre a quantidade de fragmentos com o total da área destes.	200
Figura 64 – Distribuição espacial dos fragmentos florestais de Mata Atlântica inseridos na área de estudo, segundo suas categorias de tamanho. Pequeno (A); Médio (B) e Grande (C).....	201
Figura 65 – Relações existentes entre tamanho, forma e quantidade dos fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo.	202
Figura 66 – Distribuição espacial dos fragmentos florestais de Mata Atlântica na área de estudo, segundo os índices de formas de fragmentação. Regulares (A); Irregulares (B) e Muito Irregulares (C).....	202
Figura 67 – Gráfico com distribuição (%) das relações de vizinhança entre os fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo e os diferentes usos e cobertura da terra.....	204
Figura 68 – Imagens de impactos ambientais sobre remanescentes de Mata Atlântica na área de estudo.....	205

Figura 69 – Mapa dos fragmentos florestais mapeados na área de estudo com representação da Densidade Kernel e do Índice de Fragmentação. .	207
Figura 70 – Distribuição espacial dos graus de vulnerabilidade para Geologia (A) e Pedologia (B). O cruzamento dos dois mapas gerou o Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar (C).	210
Figura 71 – Distribuição espacial dos graus de vulnerabilidade para Geomorfologia (A) e Declividade (B). O cruzamento dos dois mapas gerou o Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica (C).....	212
Figura 72 – Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica.....	214
Figura 73 – Mapa de Vulnerabilidade de Uso e Cobertura da Terra/Vegetação...	217
Figura 74 – Mapa de vulnerabilidade ambiental da área de estudo.....	222

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação das variáveis temáticas e seus respectivos graus de fragilidade e proteção.....	51
Quadro 2 – Metodologia sequencial do trabalho em cartografia de solos.....	86
Quadro 3 – Padrões ou chaves de interpretação e características associadas utilizadas no trabalho.	87
Quadro 4 – Distribuição das classes de relevo utilizadas na elaboração do mapa de declividade para a construção do mapa de solos da área de estudo.	88
Quadro 5 – Chave relacional entre diversos fatores naturais e sociais para cada unidade taxonômica de solos levantada na área de estudo.....	90
Quadro 6 – Articulação das folhas em 1:25.000 utilizadas na pesquisa.	139
Quadro 7 – Estabelecimento de critérios para definição e delimitação das dunas inseridas na área de estudo.	144
Quadro 8 – Resumo dos critérios estabelecidos para a definição e ponderação dos parâmetros dos impactos ambientais em dunas inseridas na área de estudo.	149
Quadro 9 – Resumo da setorização da linha de costa utilizada no trabalho e descrição das áreas abrangidas por cada setor.....	155
Quadro 10 – Índices das formas de fragmentação florestal utilizadas no trabalho.	160
Quadro 11 – Categorias morfodinâmicas utilizadas como base conceitual para a determinação das vulnerabilidades.....	164

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo quantitativo de área ocupada pelos municípios inseridos na área de estudo.	20
Tabela 2 – Classes de vulnerabilidade natural e ambiental, segundo Grigio (2003).....	52
Tabela 3 – Pesos compensatórios para elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental, segundo Grigio (2003).....	52
Tabela 4 – Resumo quantitativo das unidades geológicas presentes na área de estudo.	73
Tabela 5 – Classes de declividade utilizada no mapeamento clinográfico.....	102
Tabela 6 – Resumo quantitativo de unidades geomorfológicas presentes na área de estudo.	103
Tabela 7 – Valores de totais de precipitações (mm) na área de estudo e município de Mataraca/PB*. Relação entre o total mensal/anual e média mensal para cada município onde estão inseridas as estações pluviométricas no período de 47 anos (1963-2009). Total de 564 meses.....	114
Tabela 8 – População recenseada, por ano (1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010) e taxa de crescimento populacional entre os anos de 1960 e 2010 (50 anos) dos municípios inseridos na área de estudo.	123
Tabela 9 – População recenseada, por situação do domicílio, segundo os municípios inseridos na área de estudo nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Valores absolutos e percentuais.....	127
Tabela 10 – Superfície ocupada pelas unidades de cobertura e uso da terra na área de estudo-2010.	133
Tabela 11 – Classes e Graus na determinação da vulnerabilidade utilizados no trabalho.	168
Tabela 12 – Resumo quantitativo do total de área ocupada pelas diferentes magnitudes dos impactos ambientais nas dunas inseridas na área de estudo.	173
Tabela 13 – Resumo quantitativo das ocupações de mangues e viveiros de carcinicultura nos estuários de Canguaretama e Nísia-Papeba-Guaráiras.	185
Tabela 14 – Resumo quantitativo dos graus de ocupação encontrados nas faixas de praia inseridas na área de estudo.....	190
Tabela 15 – Resumo quantitativo das categorias de tamanho encontradas nos remanescentes de Mata Atlântica inseridas na área de estudo.	200

Tabela 16 – Resumo quantitativo das relações existentes entre tamanho, forma e quantidade dos fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo.	202
Tabela 17 – Distribuição das relações de vizinhança entre os fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo e os diferentes usos e cobertura da terra.....	204
Tabela 18 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Geologia.....	208
Tabela 19 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Pedologia.....	209
Tabela 20 – Total de área para cada tema e para o Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar, segundo seus graus de vulnerabilidade.....	210
Tabela 21 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Geomorfologia.	211
Tabela 22 – Classes de declividade com seus respectivos graus de vulnerabilidade.....	212
Tabela 23 – Total de área para cada tema e para o Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica, segundo seus graus de vulnerabilidade.....	212
Tabela 24 – Classes de Intensidade Pluviométrica.....	213
Tabela 25 – Valores totais de área mensuradas no Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica, segundo seus graus de vulnerabilidade.....	215
Tabela 26 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Cobertura e Uso da Terra/Vegetação.	216
Tabela 27 – Valores totais de área no Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura e Uso da Terra/Vegetação segundo seus graus de vulnerabilidade.	216
Tabela 28 – Valores totais de área no Mapa de Vulnerabilidade Ambiental segundo seus graus de vulnerabilidade.....	221

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Hipótese e Objetivos	18
1.2 Localização da Área em Estudo.....	20
2 REVISÃO DE LITERATURA E CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS	22
2.1 Impactos Ambientais	23
2.1.1 Conceituação	23
2.1.2 Impactos em Dunas.....	30
2.1.3 Impactos em Manguezais.....	31
2.1.4 Impactos em Faixas de Praia	37
2.1.5 Impactos em Remanescentes de Mata Atlântica	40
2.2 Vulnerabilidade Ambiental	45
2.2.1 Conceituação	45
2.3 Geoprocessamento Aplicado a Análises Ambientais	57
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	72
3.1 Aspectos Físicos	72
3.1.1 Aspectos Geológicos.....	72
3.1.2 Aspectos Pedológicos	85
3.1.3 Aspectos Geomorfológicos.....	98
3.1.4 Recursos Hídricos de Superfície	109
3.1.5 Aspectos Climáticos	112
3.2 Aspectos Sócio-Econômicos	122
3.2.1 Dados Popacionais.....	122
3.2.2 Cobertura e Uso da Terra.....	128
4 MATERIAIS E MÉTODOS	137
4.1 Referencial Teórico-Methodológico.....	137

4.2 Técnicas de Pesquisa	138
4.2.1 Aquisição de dados	138
4.2.2 Materiais.....	138
4.3 Procedimentos Metodológicos	142
4.3.1 Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Dunas.....	143
4.3.2 Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Manguezais	150
4.3.3 Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Faixas de Praia	153
4.3.4 Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Remanescentes de Mata Atlântica.....	157
4.3.5 Metodologia Utilizada na Elaboração dos Mapas de Vulnerabilidade Ambiental	164
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	169
5.1 Discussão dos Impactos Ambientais Identificados	169
5.1.1 Impactos Ambientais em Dunas.....	169
5.1.2 Impactos Ambientais em Manguezais.....	179
5.1.3 Impactos Ambientais em Faixas de Praia	188
5.1.4 Impactos Ambientais em Remanescentes de Mata Atlântica.....	197
5.2 Vulnerabilidade Ambiental	207
5.2.1 Discussão da Vulnerabilidade Ambiental	218
6 CONCLUSÕES.....	223
REFERÊNCIAS.....	228

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as discussões e estudos em torno da questão ambiental vêm ganhando força, face ao avanço dos problemas ambientais decorrentes de ações do Estado e da sociedade, os quais em sua grande maioria, consideram os geossistemas somente como fontes inesgotáveis de recursos naturais e de beleza cênica, ignorando seu aspecto geodinâmico e ecológico.

No Brasil, as políticas públicas de desenvolvimento ocorridas principalmente a partir da década de 70, geraram o avanço das atividades humanas sobre áreas até então pouco exploradas, como as fronteiras agrícolas do Cerrado e da Amazônia. Paralelamente, as cidades passaram a conformar um crescimento desordenado e sem planejamento, com fortes pressões sobre os biomas circunvizinhos, como a Mata Atlântica. As áreas rurais avançaram sobre áreas florestais, provocando uma série de impactos negativos ao meio ambiente.

Na região costeira nordestina, onde a ocupação é secular intensifica-se, o desenvolvimento da cana-de-açúcar, da carcinicultura, da pecuária, do turismo e das cidades, ocupando extensas faixas de terra sobre tabuleiros costeiros, dunas, mangues e restingas o que agravou ainda mais o quadro ambiental na região. No litoral sul potiguar, área objeto desta pesquisa, essas atividades promovem a

ocupação das faixas de praia, dos campos de dunas, dos manguezais e dos remanescentes florestais de Mata Atlântica.

Nesse sentido, este trabalho objetiva fazer uma análise dos impactos ambientais e determinar os graus de vulnerabilidade ambiental do litoral sul potiguar. Os resultados foram obtidos por meio do uso do geoprocessamento, a partir de mapeamentos temáticos sobre campos de dunas, manguezais, faixas de praia e remanescentes de Mata Atlântica, considerando também a aplicação de técnicas computacionais de álgebra de mapas, que possibilitaram modelagens cartográficas da distribuição das diferentes classes de vulnerabilidade ambiental na área de estudo. O tratamento dado aqui aos “impactos” irá considerar estes como efeitos negativos ao meio ambiente, podendo ser causado também por processos naturais, mas com ênfase nos fatores antrópicos

A análise dos impactos sobre as dunas, manguezais, faixas de praia e remanescentes de Mata Atlântica foi norteada pelos trabalhos de Lignon et al. (2005), Araújo et al. (2007), Meunier (1998) e Trindade et al. (2007). A determinação da vulnerabilidade ambiental foi baseada na sistemática de Crepani et al. (2001), com modificações decorrentes da escala de estudo e dos mapeamentos temáticos realizados na pesquisa.

1.1 Hipótese e Objetivos

- Hipótese.

Como hipótese de trabalho observa-se que nas últimas décadas os ambientes dos campos de dunas, dos manguezais, das faixas de praia e dos remanescentes de Mata Atlântica do litoral sul potiguar vêm sendo submetidos à degradação por meio das influências antropogênicas locais, condicionando uma série de impactos ambientais, com a alteração de suas dinâmicas naturais e o aumento de suas vulnerabilidades ambientais.

- Objetivos.

Objetivo Geral.

Identificar analiticamente os impactos ambientais negativos presentes e determinar, a partir de modelos empíricos, a vulnerabilidade ambiental existente no litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte, considerando a aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica-SIG.

Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

Objetivos Específicos.

1. Utilizar modelos empíricos na determinação dos graus de vulnerabilidade ambiental;
2. Estabelecer parâmetros metodológicos vinculados à álgebra de mapas na determinação da vulnerabilidade ambiental em regiões costeiras;
3. Avaliar a aplicação das metodologias propostas na identificação dos impactos ambientais em dunas, manguezais, faixas de praia e fragmentos de Mata Atlântica;
4. Espacializar os impactos analisados e a vulnerabilidade ambiental;
5. Avaliar a potencialidade de técnicas de geoprocessamento como análise multitemporal, mapeamento temático, densidade, proximidade, vizinhança e álgebra, como suporte à tomada de decisão.

1.2 Localização da Área em Estudo

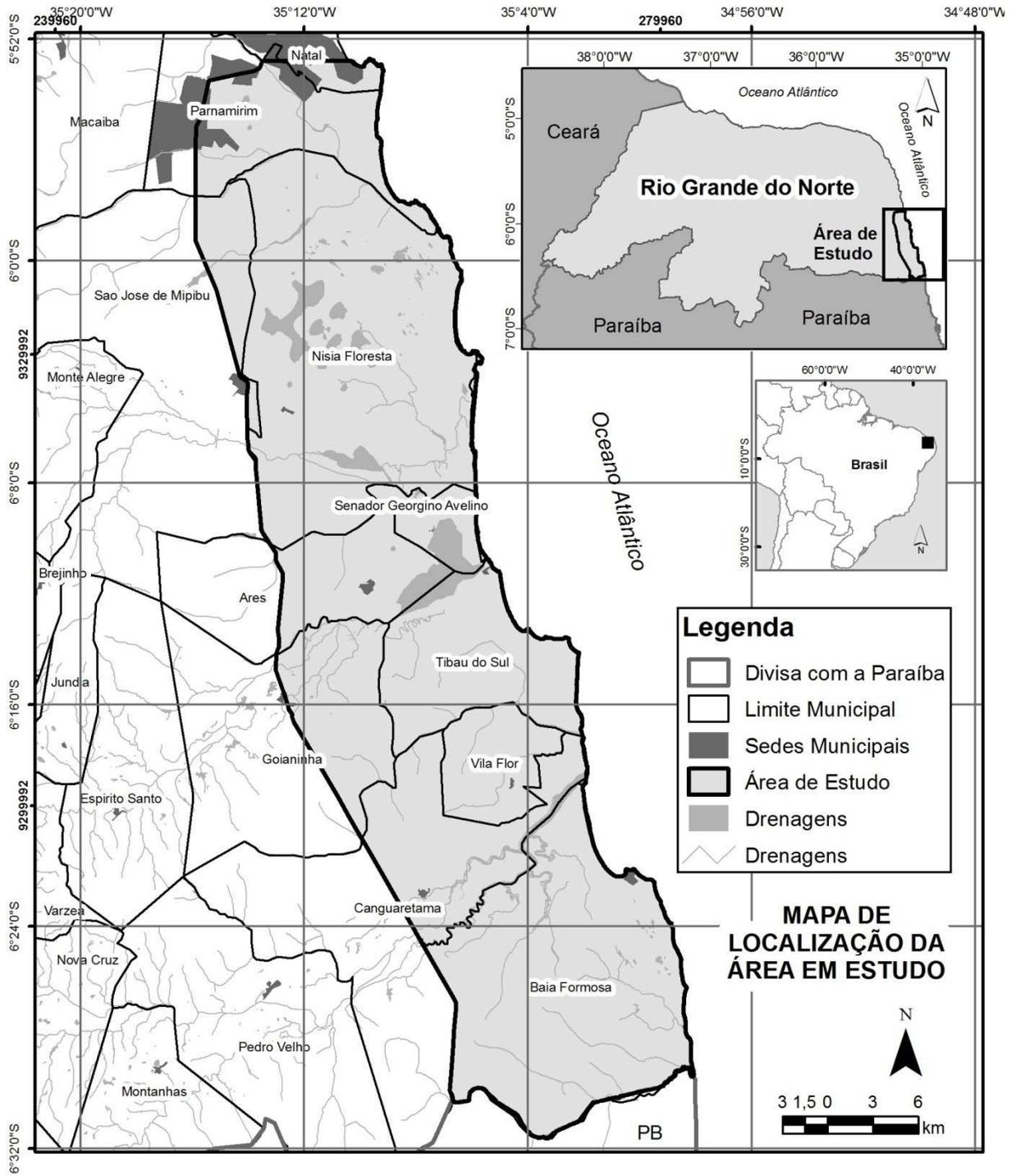
A área em estudo está situada na região Nordeste do Brasil, ocupando o trecho sul do litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, totalizando uma área de 1.071,08 km² ou 107.108 ha e com um perímetro de 191,25 km. Encontra-se localizada entre as coordenadas geográficas 05°52'4 3,1" a 6°31'39,3" de latitude sul e 34°58'04,1" a 35°15'52,3" de longitude oeste e coordenadas UTM (Z. 25 Sul), compreendendo a área entre 9349746 a 9278009mN e 282384 a 249286mE. Confronta-se ao norte com o município de Natal, ao sul com a margem esquerda do rio Guaju (divisa entre os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba), a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com a BR-101.

Sua área envolve 11 municípios, sendo eles: Baía Formosa (ocupando 244,79 km² ou 22,85% da área), Canguaretama (com 92,97 km² ou 8,68% da área), Vila Flor (com 47,56 km² ou 4,44%), Tibau do Sul (com 101,83 km² ou 9,51% da área), Goianinha (com 69,2 km² ou 6,46% da área), Arês (com 60,16 km² ou 5,62%), Senador Georgino Avelino (com 26,68 km² ou 2,49% da área), Nísia Floresta (com 306,7 km² ou 28,63% da área), São José do Mipibu (com 33,05 km² ou 3,09%), Parnamirim (com 77,49 km² ou 7,23%) e Natal (com 10,65 km² ou 0,99% da área). (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo quantitativo de área ocupada pelos municípios inseridos na área de estudo.

Município	Área (km²)	Área (%)
Baía Formosa	244,79	22,85
Canguaretama	92,97	8,68
Vila Flor	47,56	4,44
Tibau do Sul	101,83	9,51
Goianinha	69,2	6,46
Arês	60,16	5,62
Sen. Georgino Avelino	26,68	2,49
Nísia Floresta	306,7	28,63
São José do Mipibu	33,05	3,09
Parnamirim	77,49	7,23
Natal	10,65	0,99
Total	1.071,08	100

O acesso se dá basicamente pela BR-101, em sua porção oeste, e por rodovias estaduais que a cortam no sentido perpendicular até as praias à leste. A área é bastante servida de estradas vicinais em função da infra-estrutura criada, inicialmente pela indústria sucroalcooleira e, recentemente, pelo turismo.



Fonte: O autor.

Figura 1 – Localização da área em estudo sob o contexto nacional e estadual.

2 REVISÃO DE LITERATURA E CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Os referenciais bibliográficos utilizados neste trabalho consideraram a relação dos diversos conceitos utilizados, para a obtenção de informações referentes às principais temáticas trabalhadas nesta pesquisa, entre as quais, os conceitos de impacto ambiental e vulnerabilidade ambiental, assim como, o levantamento de estudos de caso sobre o uso de ferramentas de geoprocessamento em trabalhos com objetivos semelhantes aos propostos nesta tese.

Detalhando-se mais os assuntos e respectiva literatura, foram levantados conceitos genéricos sobre os impactos ambientais e seus principais estudos de caso que são semelhantes às ocorrências observadas na área em estudo, tais como: impactos em dunas, impactos em manguezais, impactos em faixas de praia, impactos em Mata Atlântica. Também foram realizadas leituras sobre a quantificação do impacto ambiental, considerando metodologias próprias de análise.

Quanto à literatura utilizada no levantamento de informações sobre vulnerabilidade natural, optou-se por obter informações sobre os seus conceitos, tentando distingui-los da vulnerabilidade ambiental, da susceptibilidade, das fragilidades e dos riscos ambientais. A bibliografia utilizada sobre o geoprocessamento considerou a sua aplicação em estudos de caso que

abordassem temáticas ambientais que utilizem metodologias semelhantes as aqui propostas, principalmente quanto às análises multitemporais, ao monitoramento ambiental por sensores remotos orbitais e a mapeamentos geomorfológicos e alteração de suas feições em função das derivações antropogênicas.

2.1 Impactos Ambientais

2.1.1 Conceituação

Muito da literatura acerca da conceituação dos impactos ambientais vem a partir das AIAs (Avaliações de Impacto Ambiental), instituídas no Brasil principalmente pelos EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente). Estes são instrumentos legais de gestão ambiental introduzidos pioneiramente em 1969 na legislação ambiental norte-americana, através no *National Environmental Policy Act – NEPA*. Surgem no Brasil, em nível federal, a partir da Lei nº. 6.803, de 02 de julho de 1980 (Art.10º, § 3º), que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição.

Inicialmente é necessário deixar anotado que o Estudo de Impacto Ambiental não é uma novidade criada pelo legislador brasileiro, mas antes, se constitui na recepção pelo direito nacional de um instituto que já se encontrava presente na legislação dos países centrais há muito tempo. [...] Sua fundamentação filosófica assenta-se sobre duas bases fundamentais: a) A obrigatoriedade de respeitar o meio ambiente, e b) O direito dos cidadãos à participação e à informação. (ANTUNES, 1992).

Assim, a partir da mobilização social que se assistiu no Brasil na década de 80, principalmente com o surgimento do movimento ambientalista e no apagar das luzes de regime autoritário, ganha o EIA nova função e amplitude através da Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. (MILARÉ; BENJAMIM, 1993).

A Política Nacional do Meio Ambiente em seu Art. 8º, Inciso I, dá competência ao CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) para estabelecer “normas e

critérios para o licenciamento de atividade efetiva ou potencialmente poluidoras. Em seu inciso II, reza que se deve determinar, quando julgar necessário, a realização de estudos das alternativas e das possíveis conseqüências ambientais de projetos públicos ou privados, requisitando aos órgãos federais, estaduais e municipais, bem assim a entidades privadas, as informações indispensáveis para apreciação dos estudos de impacto ambiental, e respectivos relatórios, no caso de obras ou atividades de significativa degradação ambiental, especialmente nas áreas consideradas patrimônio nacional.

Somente sete anos depois de instituída a Política Nacional do Meio Ambiente, essa matéria passa a ser tratada por uma constituição. A nova Constituição Federal brasileira promulgada em 1988 estabelece em seu Art. 225 que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações e para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: ... exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade. (Art. 225, § 1º, Inciso IV).

Segundo Mirra (1998), o EIA é, “indiscutivelmente, um dos instrumentos mais importantes de atuação administrativa na defesa do meio ambiente introduzidos no ordenamento jurídico brasileiro pela legislação ambiental”. Ainda, ressalta que alguns autores o consideram como o verdadeiro mecanismo de planejamento, na medida em que se insere a obrigação de levar em consideração o meio ambiente antes da realização de obras e atividades e antes da tomada de decisões que possam ter algum tipo de repercussão sobre a qualidade ambiental.

O EIA/RIMA, em síntese, nada mais é que um estudo das prováveis modificações nas diversas características sócio-econômicas e biofísicas do meio ambiente que podem resultar de um projeto proposto. (MILARÉ; BENJAMIM, 1993). Ou seja, o estudo de impacto é acima de tudo uma regra de bom senso: refletir antes de agir, a fim de evitar degradações ambientais importantes. (PRIEUR *apud* MIRRA, *Op. cit.*).

Ainda segundo Milaré; Benjamim, (*Op. cit.*), a obrigatoriedade desses estudos significou um marco na evolução do ambientalismo brasileiro, dado que, até meados da década passada, nos projetos de empreendimentos apenas eram consideradas

as variáveis técnicas e econômicas, sem qualquer preocupação mais séria com o meio ambiente e, muitas vezes, em flagrante contraste com o interesse público.

Como reforço, Rohde (2002) demonstra que os EIA/RIMA são necessários para estabelecer a avaliação de impacto ambiental, [...] formado por um conjunto de procedimentos que visa assegurar, desde o início do processo, a realização do exame sistemático dos impactos ambientais de uma determinada ação proposta [...] e de suas alternativas.

Dentro desse escopo, existe um conteúdo básico a ser apresentado nesses estudos, que pode se diferenciar dependendo do empreendimento, da atividade desenvolvida por este, da área geográfica a ser inserido o projeto e das fragilidades ambientais presentes na área em questão, para as fases de implantação e operação do projeto. Em seu Art. 5º, Incisos II e III, a Resolução nº 001/86 do CONAMA, estabelece que o EIA deverá obedecer a algumas diretrizes gerais, a saber: identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade e definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza.

A definição de impacto ambiental é de difícil análise, pois envolve uma série de causas e conseqüências em ambientes que respondem de forma diferente a ação humana ou ação da natureza. Antunes (2008) ressalta que o conceito de impacto ambiental não é simples. A multiplicidade de resultados potenciais da atividade humana no mundo natural é tão ampla que, dificilmente, poderá ser avaliada pela ciência em todas as suas conseqüências.

Apesar de denotarem no imaginário coletivo da população como efeitos estritamente negativos, os impactos ambientais podem ser positivos, como aumento da geração de empregos de uma dada região em função da implantação de uma certa atividade ou alteração e mudança de sistemas produtivos ou de maquinários que apresentam melhor eficiência energética. Dessa forma na quantificação dos impactos podem ser geradas fórmulas e pesos diferenciados para indicar se uma atividade possui um caráter positivo ou negativo.

O termo impacto ambiental apesar de ser amplamente empregado para referir-se a aspectos negativos decorrentes de ação antrópica, pode possuir conotação positiva. Isto ocorre devido ao fato de que um impacto pode ocorrer na

forma negativa como na forma positiva, isto é, trazer malefícios ou benefícios, respectivamente. (MENEGUZZO; CHAICOUSKI, 2010).

Moreira (1985) ressalta que um impacto ambiental é sempre consequência de uma ação. Porém, nem todas as consequências de uma ação do homem merecem ser consideradas como impactos ambientais. Os fatores que levam a qualificar um efeito ambiental como significativo são subjetivos, envolvendo escolhas de natureza técnica, política ou social. Mais uma vez, a noção de meio ambiente é fundamental para o entendimento e a aplicação do conceito de impacto ambiental. De acordo com a legislação, as opções políticas, os interesses dos grupos sociais, ou mesmo a competência técnica, devem definir os componentes, fatores e parâmetros ambientais considerados relevantes.

Oliveira (2003) ressalta que os impactos não são gerados somente como efeito de ações antropogênicas, observando que se devem considerar os efeitos danosos gerados por agentes naturais como os furacões, terremotos, secas, inundações e movimentos de massa em área até então intactas. Devem-se aceitar noções que os impactos naturais são muitas vezes acelerados e aumentados pela intervenção humana, contudo sem ser, muitas vezes, seu principal fator causador. Como reforço, Cerri Neto (2008) enfatiza que a redação do conceito de impacto ambiental trazida pela CONAMA nº 01/86 deixa claro que só pode ser considerado impacto ambiental as consequências ao meio ambiente oriundas de atividades humanas. Exclui, portanto, as causas naturais. Contudo, destaca que quando se considera somente o palco das ações alteradoras, ou seja, o meio ambiente sofrendo alterações, mudanças ou choques no seu sistema natural e desconsiderando a escala de tempo geológica, pode-se ter clareza que o ambiente está sendo alterado, independentemente da ação humana.

Ainda, quando se considera o termo degradação ambiental entendida aqui como a “degradação da qualidade ambiental” que, segundo a Lei nº 6.938/81 é a alteração adversa das características do meio ambiente, dessa forma não especifica que as consequências ao meio ambiente devem se dar única e exclusivamente por causas antrópicas; não exclui, portanto, as causas naturais. Se a lei não excepcionou, deve ser entendida de forma ampla. (CERRI NETO, 2008).

Os conceitos de impacto ambiental muitas vezes se confundem com os de poluição ambiental. Como exemplo, pode-se citar a própria conceituação jurídica de impacto ambiental, retirada do Art. 1º da Resolução nº 001/86 (CONAMA) que o

considera 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, afetam: I – a saúde, a segurança e 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. Seu conceito legal é calcado no conceito de poluição, mas não é só por esta que se causa impacto ambiental. (SILVA, 2007).

Surpreendentemente, o conceito de poluição retirado do Art. 3º, inc. III da Lei 6.938/81 é mais claro quanto à conceituação de impacto ambiental, pois não inclui termos como “alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia”, conceitos estes muito relacionados à poluição. Descreve como sendo a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Se a interpretação fosse literal, somente poderiam ser considerados impactos as situações nas quais se configurasse a poluição (assim entendida em seu conceito predominantemente técnico: lançar matéria ou energia...). E se assim fosse interpretado, somente existiriam impactos negativos, nunca positivos. (CERRI NETTO, 2008).

O Art. 3º, Inc. III da Lei 9.509/97 do Estado de São Paulo conceitua a poluição como sendo a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos; e f) afetem desfavoravelmente a qualidade de vida.

Embora sejam semelhantes, os conceitos de impacto ambiental e de poluição possuem algumas distinções, como frisa Sánchez (2008):

- Impacto ambiental é um conceito mais amplo e substancialmente distinto de poluição.

- Enquanto poluição tem somente uma conotação negativa, impacto ambiental pode ser benéfico ou adverso (positivo ou negativo).
- Poluição refere-se à matéria ou energia, ou seja, grandezas físicas que podem ser medidas e para as quais se podem estabelecer padrões (níveis admissíveis de emissão ou de concentração ou intensidade).
- Várias ações humanas causam significativo impacto ambiental sem que estejam fundamentalmente associadas à emissão de poluentes (por exemplo, a construção de barragens ou a instalação de um parque de geradores eólicos).
- A poluição é uma das causas de impacto ambiental, mas os impactos podem ser ocasionados por outras ações além do ato de poluir.
- Toda poluição (ou seja, emissão de matéria ou energia além da capacidade assimilativa do meio) causa impacto ambiental, mas nem todo impacto ambiental tem a poluição como causa.

Antunes (1999) considera impacto ambiental um abalo, uma impressão muito forte, muito profunda, causada por motivos diversos sobre o meio ambiente, isto é, sobre aquilo que cerca ou envolve os seres vivos. A ABNT NBR ISO 14001 (1996) conceitua o impacto como sendo “qualquer mudança no ambiente, quer adversa ou benéfica, inteira ou parcialmente resultante das atividades, produtos ou serviços de uma organização”. Já Sachs *apud* Henkels (2002), considera o impacto ambiental como “a alteração da qualidade ambiental quando ocorre modificação no meio ambiente pela ação humana”.

Sánchez (op. cit.) indica que o impacto ambiental pode ser causado por uma ação humana que implique na supressão de certos elementos do ambiente e sobre carga com a introdução de fatores de estresse além da capacidade de suporte do meio, gerando desequilíbrio. Ainda conceitua o impacto ambiental como sendo a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana. Neste caso o autor considera o impacto como um resultado da ação humana, descartando a escala natural ou geológico-climática.

Nessa perspectiva, Fogliatti; Filippo; Goudard (2004) propõem um conceito semelhante a Resolução CONAMA nº 001/86 quando ressaltam que o impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do meio ambiente, provocada direta ou indiretamente por atividades humanas podendo afetar a saúde, a segurança e/ou a qualidade dos recursos naturais.

Alguns conceitos de caráter negativo dos impactos podem ser aqui descritos como o de Mirra (1998) que cita como sendo a alteração drástica e de natureza negativa da qualidade ambiental. Ross (1997) destaca que como toda causa tem seu efeito correspondente, todo benefício que o homem extrai da natureza tem certamente também, seus malefícios. Desse modo, parte-se do princípio de que toda ação humana no ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando às vezes as condições ambientais a processos até mesmo irreversíveis.

Os doutrinadores da área jurídica conceituam de forma muito semelhante o termo “dano ambiental” descrevendo como, no caso de Milaré (2009), como sendo a lesão aos recursos ambientais, com conseqüente degradação – alteração adversa ou *in pejus* – do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida. Outros termos técnicos se assemelham aos conceitos de impacto ambiental, como “degradação ambiental”, “poluição” e “contaminação”. Nesse contexto, Cerri Neto (2008) realizou uma comparação entre estes conceitos de ordem técnica e legal, concluindo pela existência de incompatibilidades entre esses.

Outro conceito que merece uma maior discussão é o de “degradação ambiental”. Freire apud Araújo (2010) descreve que o conceito de degradação da qualidade ambiental não se confunde com o conceito de poluição, pois no seu entendimento a poluição é qualquer alteração prejudicial do meio ambiente por interferência humana, sendo que a degradação da qualidade ambiental significa qualquer alteração adversa das características naturais do meio ambiente, independentemente do homem. Isso significa, no nosso entendimento, que a degradação da qualidade ambiental, definida como sendo a alteração adversa das características do meio ambiente, ocorre em decorrência das transformações espontâneas da própria natureza, mas, se ela vier a ocorrer devido à atividade antrópica, surge então, o fenômeno da poluição.

O tratamento dado aqui aos “impactos” irá considerar estes como efeitos negativos ao meio ambiente, podendo ser causado também por processos naturais, mas com ênfase nos de fatores antrópicos. Dessa forma, além da análise de seus fatores causadores, serão abordadas as respostas finais a que os ambientes inseridos na área de estudo estão submetidos, como conseqüência da ação impactante.

2.1.2 Impactos em Dunas

A origem e evolução das dunas será discutido no Capítulo 3. Contudo, vale aqui ressaltar a contribuição de Barbosa; Dominguez (2004) quando afirmam, de modo geral, que os sistemas eólicos são controlados por fatores ambientais, regionais ou locais que incluem: suprimento sedimentar, textura dos sedimentos, natureza da cobertura vegetal, velocidade e variabilidade direcional do vento, natureza da topografia em torno ou do substrato sob o qual se desenvolve o campo de dunas, variações climáticas e do nível do mar, soerguimento e subsidência tectônicas. Nas zonas costeiras, em particular, podem ser citados outros fatores que influenciam no desenvolvimento dos campos de dunas: profundidade do nível do lençol freático, variedade de processos biológicos e ambientais, taxa de progradação da linha de costa, taxa de erosão da linha de costa, amplitude das marés, morfologia praial, orientação da linha de costa e uso e ocupação dos campos de dunas.

Considerando a importância desses sistemas, Barbosa (2008) indica que as dunas eólicas são importantes indicadores de variações ambientais, constituindo elementos essenciais para compreensão dos processos geomorfológicos e alterações climáticas. Porém a ocupação humana sobre, defronte ou adjacente aos campos de dunas arenosas pode ampliar problemas ambientais associados com a erosão costeira.

Meireles; Silva; Thiers (2006) realizaram um estudo sobre os campos de dunas móveis do litoral cearense com o objetivo de caracterizar parte da dinâmica geoambiental envolvida na evolução geomorfológica da planície costeira. Analisam que quando o homem interfere na dinâmica dunar, modificando a trajetória, a energia envolvida e o volume de areia em transporte, inicia-se uma nova dinâmica, normalmente regida pelo predomínio de fenômenos erosivos. Discorrem que em várias áreas do litoral cearense a ocupação dos campos de dunas responsáveis pela manutenção de um aporte regulador de sedimentos para os processos litorâneos originou erosão acelerada.

Oliveira; Souza (2007) propuseram geoindicadores sócio-ambientais para avaliar os fenômenos biofísicos e os fatores antrópicos contribuintes à vulnerabilidade dos sistemas dunares de Sergipe. Destacam que existe elevada degradação antrópica no litoral sul. Na porção norte, os elementos da dinâmica costeira são os que determinam os índices de vulnerabilidade. Concluem que por

apresentar uma grande fragilidade ambiental, o correto dimensionamento das potencialidades e vulnerabilidades dos campos de dunas, torna-se procedimento essencial para o desenvolvimento de ações de planejamento e de proteção legislativa visando à preservação destes ambientes dotados de importantes serviços ambientais.

2.1.3 Impactos em Manguezais

Manguezais são ecossistemas de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característicos de regiões tropicais e subtropicais e sujeitos ao regime das marés. A cobertura vegetal é constituída de espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas), além de micro e macro algas (criptógamas) adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio. (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991). Por estas características, o manguezal representa áreas de grande interesse para a população humana, em virtude de sua importância sócio econômica, reconhecida principalmente pelos seguintes aspectos: a) exclusividade de sua flora; b) beleza estética e potencial como atrativo turístico; c) produção pesqueira; d) potencial como fonte de madeira e combustível; e) estabilizador das formações litorâneas. (SILVA *apud* SCHULER; ANDRADE; SANTOS, 2000).

Lignon et al. (2009) complementam relatando que embora seja reconhecida a importância do ecossistema, manguezais estão submetidos a impactos negativos de diversas origens, como industrial, urbanização, aquicultura e outras atividades humanas realizadas ao longo das zonas costeiras.

É nesse contexto que as análises relacionadas à ocorrência de impactos ambientais nos estuários presentes na área de estudo se insere. Tanto o estuário do Curimataú, quanto o de Papeba-Nísia-Guaraíras como os demais de menor porte na área de estudo, passam por ações e atividades econômicas que os submetem a impactos que alteram os fluxos gênicos e de sedimentos neles presentes.

Souza (2004), ao estudar os fenômenos morfodinâmicos costeiros da região de influência estuarina do rio Curimataú/RN, incluindo as implicações decorrentes das alterações do ambiente deposicional de manguezal pela atividade antrópica na sua evolução morfodinâmica, observou que em relação às alterações do ambiente

deposicional de manguezal, tem-se como causa principal na atualidade, a destruição desse ambiente para construção de viveiros de criação de camarão. O autor descreve que desde o final da década de 80, paulatinamente, os manguezais do estuário do Curimataú/RN vêm sofrendo este tipo de intervenção, o qual tem sido mais intensificado entre a década de 90 até o presente. Isto tem representado a perda de áreas de deposição de milhares de toneladas de sedimentos finos, podendo este tipo de impacto ocasionar danos irreversíveis ao ambiente costeiro em pauta.

Outro trabalho realizado no estuário de Curimataú foi coordenado por Garlipp (2006) que investigou a variação sazonal (estações seca e chuvosa) e espacial de elementos maiores e traços em sedimento de fundo e material particulado em suspensão, bem como o potencial de biodisponibilidade desses elementos com vistas a detectar concentrações de alguns metais acima dos limites permitidos, como possível consequência dos efluentes de carcinicultura, em ostras *Crassostrea rhizophorae*. A autora expõe que este ecossistema tem sido fortemente afetado por diversas atividades antropogênicas, como o cultivo de cana-de-açúcar, a carcinicultura, além da urbanização. Contudo, apesar destas influências, conclui descrevendo que, com exceção do Ba e Pb, o estuário do rio Curimataú apresentou as concentrações dos elementos analisados no sedimento de fundo e nos testemunhos característicos de um estuário não poluído. Já para o material em suspensão, foram encontrados elevados teores de Ba e Zn. Porém, pela análise realizada, não se pode dizer se a origem de ambos os elementos é antrópica ou geogênica.

Pereira (2008) ao analisar o gerenciamento ambiental das fazendas de camarão do Rio Grande do Norte constata que a rápida expansão econômica da carcinicultura sem o cuidado no gerenciamento dos recursos, foi acompanhada de muitos impactos ambientais negativos, em especial, nos manguezais, criando um enorme passivo ambiental e ameaçando a capacidade de suporte do ecossistema.

Krug; Leão; Amaral (2007) realizaram um estudo com o objetivo de verificar a existência da correlação entre redução de áreas de manguezal e variáveis sócio-econômicas indicadoras de baixa renda e baixo nível de escolaridade na região urbana do município de Paranaguá/PR. As autoras descrevem que esse ecossistema vem sofrendo pressão pelo aumento da população na região costeira e consequentes atividades como desmatamento e aterro para expansão urbana,

industrial e portuária, lançamento de esgoto e lixo, além de uma superexploração de seus recursos naturais como extração de madeira, fauna e desmatamento para criação de áreas de cultivo. Concluem que as variáveis sócio-econômicas selecionadas para o trabalho não apresentaram correlação com o decréscimo de manguezal na área em questão.

Lignon et al. (2009) discutem em escala espaço-temporais a aplicação de diversas ferramentas, visando avaliar a dinâmica natural e os impactos antrópicos ocorridos em manguezais de três setores do litoral do Estado de São Paulo (Baixada Santista e litorais Norte e Sul). Analisam que os manguezais do Estado de São Paulo sofreram distintas alterações ao longo do tempo, em função de cada trecho de segmento de costa. No litoral Norte e na Baixada Santista, as análises espaço-temporais revelaram que a paisagem sofreu marcadas alterações de origem antrópica, no espaço e no tempo. Já no Litoral Sul, encontram-se os manguezais mais conservados do Estado de São Paulo.

A dinâmica da recomposição natural em bosques de mangue impactados, especificamente por um derramamento e combustão de produto químico (DCPD) em 1998 na Ilha Barnabé, Baixada Santista/SP foi estudada por Menghini (2008). Para tal, foi realizado um monitoramento da recomposição natural da vegetação e a produção de serapilheira de 2002-2007 e a microtopografia entre os anos de 2004 e 2008. Também foram analisadas fotografias aéreas em escala multitemporal para os anos de 1962, 1972, 1994 e 2003 e a caracterização estrutural de bosques em diferentes estágios sucessionais. O autor afirma que todo o processo de ocupação industrial, mudanças na paisagem e deterioração da qualidade ambiental ocorrido a partir da década de 50, mudou drasticamente as características naturais da região.

Os cinco estuários presentes na área de estudo desta pesquisa (Guaju, Canguaretama, Catu, Guaráras-Papeba-Nísia e Pirangi), não possuem características de ocupação por atividades industriais de alta complexidade. Contudo, pretende-se aqui discutir como esses ecossistemas reagem naturalmente frente a entradas de matérias e energias alóctones, fato verificado na área de estudo, principalmente pela entrada no sistema estuarino de efluentes oriundos das fazendas carcinicultoras ali presentes. Menghini (*op. cit.*) ainda expõe que existem relatos de declínio da pesca na área e que este está estreitamente correlacionado com os impactos antrópicos exercidos nos manguezais da região, que em decorrência destes impactos, estão cada vez menos, subsidiando as águas

estuarinas com detritos orgânicos, que são a base das cadeias tróficas estuarinas. Conclui que, no bosque impactado pelo produto químico, a recomposição natural se mostrou eficaz, porém lenta e a produção de serapilheira apresentou valores crescentes ao longo dos anos.

Lignon (2005) realiza um estudo semelhante com o objetivo de analisar o desenvolvimento espaço-temporal de bosques de mangue em feições de deposição somente no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, considerando-se propostas e metodologias já consolidadas por outros pesquisadores.

Os manguezais do recôncavo da Baía da Guanabara no Estado do Rio de Janeiro foram estudados por Pires (2010). Segundo o autor este é o último reduto significativo de manguezais em área contínua da região litorânea da Baía da Guanabara. Sua pesquisa objetivou demonstrar o processo de ocupação e destruição histórica sofrida por este ecossistema, através da visualização de diferentes contornos propiciado por documentação cartográfica existente (1500 a 1982) e da análise do estado ambiental da cobertura vegetal remanescente, obtido por classificação de imagens de satélite das séries MSS e TM/LANDSAT (1976 a 2002). Conclui que a área original ocupada por manguezais e ecossistemas correlatos foi extremamente reduzida devido ao processo de ocupação do litoral oriental da Baía de Guanabara. Da área original de manguezais que recobriam a região estudada, restam cerca de 40% desta.

Os manguezais presentes no estado do Ceará foram estudados por Silva; Souza (2006) a partir de um mapeamento temático de suas principais unidades. Procurou-se avaliar de forma qualitativa, os principais impactos ambientais, destacando os seus tensores naturais e antrópicos, e suas conseqüências socioambientais. Através de uma abordagem de síntese, correlacionaram-se os efeitos provocados pelos impactos sobre ecossistemas manguezais e suas conseqüências ecológicas nas inter-relações com outros ecossistemas litorâneos. As autoras classificam os seus impactos em tensores naturais e antrópicos. Como principais impactos ambientais naturais classificam o processo de deriva litorânea, ação dos ventos e alternância nos aportes de água doce. Os principais tensores antrópicos são o desmatamento e fogo, a retirada de substrato e aterros, o lançamento de resíduos nos cursos d'água e superfície do solo, a implantação de salinas, a caça e pesca predatórias, as atividades agrícolas e a construção de residências e estradas. Recomendam que medidas urgentes devem ser tomadas no

sentido de criar novas Unidades de Conservação no restante dos estuários do Estado do Ceará, visando proteger o conjunto dos manguezais cearenses.

As atividades econômicas na área de estudo se caracterizam pela sua secularidade, principalmente a partir da implantação da indústria sulcroatcooleira e principalmente, a partir da década de 90, pela atividade carcinicultora. Correia; Sovierzoski (2010) ao estudar o estado de Alagoas, relatam que em decorrência dessas atividades, constatou-se a aceleração do processo de erosão das encostas e tabuleiros, aumentando a deposição de sedimentos junto às regiões estuarinas, atingindo principalmente os rios, os canais e as lagunas costeiras, acarretando conseqüentemente a redução na renovação das águas, prejudicando diretamente as áreas de ecossistema manguezal.

Os autores relatam que nos manguezais presentes no estado os principais impactos ambientais são a agricultura canavieira, a indústria açucareira, a indústria química, o desmatamento para lenha, o plantio de coco, a pesca predatória, a carcinicultura, os depósitos de lixo, a especulação imobiliária a urbanização sem planejamento, o turismo inadequado e a falta de consciência ambiental. Concluem afirmando que os processos de degradação ambiental das áreas dos manguezais alagoanos atualmente, podem ser facilmente constatados, principalmente a partir das informações dos pescadores, os quais apontaram à redução na produção pesqueira. Essa situação conseqüentemente vem refletindo na qualidade de vida das populações costeiras e de pescadores artesanais, que dependem direta ou indiretamente do ecossistema manguezal.

Os manguezais pernambucanos são estudados em Barros et al. (2000) em uma pesquisa denominada *Gerenciamento Ambiental Participativo: aplicação ao caso dos manguezais do Canal de Santa Cruz* no complexo estuarino de Itamaracá, litoral norte do estado, que tem por objetivo a obtenção de uma base sólida do conhecimento e de seus recursos naturais, a situação sócio-econômica de suas populações e a integração entre ambos com vistas a subsidiar ações gerenciais de manejo, como também despertar o interesse dos habitantes no aproveitamento racional de seus recursos naturais. A pesquisa tem um caráter multidisciplinar e produziu conhecimento científico nas seguintes áreas: características abióticas da área; composição e estrutura do manguezal; prados e fanerógamas marinhas; algas bentônicas; fitoplâncton; fauna associada aos prados; o zooplâncton; a malacofauna,

carcinofauna e ictiofauna; as aves, as interações tróficas, as características sócio-econômicas, modelagem e estimativa volumétrica de árvores de manguezais.

Araújo et al. (2008) realizam uma análise das condições ambientais, o processo de uso e ocupação e os impactos ambientais da APA do estuário do rio Ceará em Fortaleza. Observam que ocupação desordenada e irregular em suas margens, o desmatamento da mata ciliar e a poluição, são meios que provocam o desmatamento do manguezal inserido nessa área, classificando esse processo como um dos pontos mais críticos quanto a degradação e descaracterização da paisagem e da dinâmica desse ecossistema.

Meireles (2010) realiza um estudo sobre os riscos sócio-ambientais ao longo da zona costeira cearense, dando ênfase aos ecossistemas de manguezal a partir da implantação de fazendas de camarão, da expansão das cidades e do turismo industrial. Ressalta que as relações de uso e ocupação da zona costeira conduziram a um estado crítico de manutenção da qualidade sócio-ambiental. Foram amplamente descaracterizadas as conexões entre os fluxos de matéria e energia que fundamentam a interdependência entre as relações evolutivas que controlam a diversidade dos geossistemas e dos processos ecodinâmicos associados. Conclui ressaltando que, com a seqüência de danos ambientais ao longo do ecossistema manguezal, é urgente, por parte dos órgãos ambientais, a imediata proibição dessas práticas degradadoras, e a aplicação das penalidades previstas em lei. Deverá ser seguida da elaboração de planos de manejo e de recuperação de áreas degradadas, com a delimitação das Terras da União, dos terrenos de Marinha e seus acréscimos, da demarcação de terras das comunidades nativas e do reconhecimento das posses legítimas das comunidades tradicionais.

Copque; Cunha (2009) identificam os impactos ambientais da ocupação humana e principalmente da carcinicultura sobre áreas de manguezal no município de Salinas da Margarida, no estado da Bahia. Devido à expansão da atividade de carcinicultura, empresários vêm construindo grandes fazendas de camarão que ocupam grandes áreas da zona costeira da região Nordeste brasileira. Discorrem que um dos impactos derivados da atividade de carcinicultura é a crescente invasão das áreas de mangue pelas fazendas de camarão, que aproveitam essas áreas para a implantação de viveiros e tanques de criação.

Ainda destacam que, em virtude dessa cultura, a ampliação dos viveiros e dos canais de adução (que trazem a água dos pontos de captação até a rede de

distribuição) e de efluentes, causam mudanças no solo, suprimindo as condições de sobrevivência da fauna e extinguindo áreas destinadas à mariscagem, à pesca e à coleta de caranguejos. Concluem informando que estudos em áreas de manguezais próximas às fazendas de camarão apontam para uma redução significativa do desenvolvimento estrutural dos bosques de bacia e apicuns, com conseqüências diretas à exportação de material dissolvido às águas costeiras. De grande significado pode ser a interferência do aporte de sedimentos finos e contaminantes de origem terrestre sobre os bancos de corais. Além disso, o impacto da construção de tanques sobre a produtividade estuarina, com a substituição dos manguezais e a queda da produtividade dos bancos de corais, devido à morte dos organismos, deve apontar para um efeito sinérgico sobre a produtividade costeira.

2.1.4 Impactos em Faixas de Praia

As praias são aqui entendidas como depósitos acumulados pelos agentes de transportes fluviais ou marinhos, com sedimentos granulares inconsolidados, comumente arenosos e contendo teores variáveis de biodetritos que, por apresentarem mobilidade, se ajustam às condições de ondas e maré, representando, por essa razão, um importante elemento de proteção do litoral. SUGUIO (2003); MUEHE (1995); ART (1998); GUERRA, GUERRA (1997).

A definição das faixas de praia tomou como referência os trabalhos de Muehe (1995); Suertegaray (2003); Popp (1987); Silva et al. (2004), portanto, sendo consideradas como zonas inseridas na faixa do prisma praial emerso, incluindo aí a face de praia (*foreshore* ou estirâncio) e o pós-praia (*backshore*).

Martins; Tabajara; Ferreira (2004) fazem uma análise sobre problemas e estudos em linhas de costa do Rio Grande do Sul. Enfatizam que as zonas costeiras não são áreas estáticas, mas extremamente dinâmicas. Elas estão normalmente em constante mudança, em resposta às formas naturais e à atividade humana. Em termos de larga escala, a linha de costa move-se na tentativa de atingir um equilíbrio com as forças que atuam sobre ela. Dessa forma, é necessário que todo e qualquer estudo sobre a zona costeira leve em consideração a identificação dos processos chave que nela operam. Ressalta que sua importância está contemplada pela intensa utilização que o homem desenvolve sobre ela. Destaca que a erosão é um

dos maiores problemas que afetam as praias. Muitas alterações são devidas diretamente às atividades humanas, associadas muitas vezes, à exploração de recursos não vivos, através de dragagens, desenvolvimento costeiro, recuperação de terras baixas, retirada de material do perfil praiial e implantação de complexos urbanísticos etc.

Araújo et al. (2007) realizaram um levantamento georreferenciado das condições de ocupação das praias de Pernambuco. Foi demarcada a presença de edificações e/ou estruturas de contenção nas áreas de pós-praia e da praia (estirâncio), nos trechos em que a ocupação se dá de forma desordenada. Também foram identificadas as áreas ainda conservadas. Como resultados discorrem que os percentuais de ocupação calculados mostram que quase 3/4 ou 72,1% do litoral pernambucano não apresentam ocupação no ambiente praiial. Outro 1/4 restante apresenta tanto ocupação da pós-praia (7,1%) como ocupação concomitante da pós-praia e da praia (20,6%). Cada setor do litoral pernambucano, quando analisado separadamente, apresenta características diferentes. As praias do setor Norte apresentam ocupação (cerca de 60%) predominantemente de residências e casas de veraneio. Já as praias do setor Metropolitano são ocupadas (100%) por obras públicas e residências. Finalmente, as praias do setor Sul são ocupadas (cerca de 40%) principalmente por casas de veraneio. Concluem afirmando que o litoral de Pernambuco apresenta situações em que são necessárias ações tanto corretivas quanto preventivas (como o estabelecimento de limites para construção), no sentido de promover uma ocupação mais adequada da orla. A metodologia proposta pelos autores será utilizada neste trabalho no capítulo referente à análise dos impactos ambientais.

Ainda sobre os impactos ambientais presentes nas faixas de praia inseridas no Estado de Pernambuco, Costa; Oliveira (2009) realizam uma avaliação geoambiental da zona costeira do bairro de Candeias, município de Jaboatão dos Guararapes, com o objetivo de analisar a geomorfologia costeira, determinar a morfodinâmica praiial e identificar os processos costeiros atuantes, onde se caracterizam os diferentes níveis de degradação ambiental. Citam que a área de estudo encontra-se descaracterizada no que concerne à totalidade dos subambientes praiiais. Neles observam-se as dunas maculadas pelo processo de urbanização, o estirâncio, com a presença de muitos muros de contenção, as praias artificializadas pela colocação de sedimentos não tecnicamente recomendados; a

pós-praia sofrendo intensa ação antropogênica, tanto pela ação imobiliária, como pela engenharia costeira. Desses subambientes apenas a antepraia encontra-se conservada.

Cavalcanti; Camargo (2002) fizeram uma avaliação e análise dos impactos e um diagnóstico ambiental da zona costeira do Estado do Piauí. Na avaliação dos impactos ambientais pode-se perceber que a faixa de praia e dunas dissipadas foram a princípio utilizadas como área de pesca, ancoradouro e construções sazonais de pescadores. A chegada do turismo a partir da década de 80 levou a novas formas de uso e ocupação, devido à especulação imobiliária, com a construção de habitações, rodovias e equipamentos de lazer, ocupando-se áreas de risco sujeitas ao efeito das marés, inundações periódicas e acúmulo de sedimentos transportados pelo vento.

Tessler; Goya (2005) estudam a ação dos processos existentes na costa brasileira como agentes condicionantes dela, relacionando-os a fatores naturais e antropogênicos causadores das alterações ambientais presentes. Quanto às mudanças na dinâmica atual por variações induzidas pela atividade humana, os autores citam que as intervenções mais freqüentes encontradas no litoral brasileiro estão relacionadas ao uso e ocupação do solo ou, mais diretamente, à construção de infra-estrutura urbana, como ruas, calçadas e mesmo residências em regiões ainda sob ação do mar em períodos de tempestades. De impacto mais pronunciado, e facilmente verificada na costa brasileira, é a construção de obras rígidas de engenharia que alteram ou até retêm a deriva litorânea de sedimentos arenosos. Os autores fazem a seguinte indagação final: como compatibilizar o uso e ocupação do litoral na escala de tempo humana com as tendências evolutivas naturais verificadas na escala de tempo geológica?

Os recifes de arenito (*beachrocks*) e as feições do meio físico a eles associadas (faixa de pós-praia) do Município de Nísia Floresta/RN, também foram estudados por Ferreira Júnior (2005) que realizou um mapeamento detalhado destes ambientes. Seu estudo se localizou entre as praias de Barra de Tabatinga e Barreta, chegando à conclusão que o uso e ocupação do solo demonstram a existência de forte pressão humana na zona costeira (lotes edificadas e não edificadas), ocupando cerca de 54,74% de sua área total. Esse fato tem levado à degradação devido à expansão de loteamentos e empreendimentos turísticos. Contudo, vale ressaltar a existência de fragmentos de vegetação ao longo da área, que necessitam de ações

no sentido da conservação, principalmente por meio da implementação de áreas naturais de proteção permanente.

Silveira (2002) faz estudo evolutivo das condições ambientais da região costeira de Guamaré/RN, localizado no litoral setentrional do estado, com o objetivo de investigar a transformação geoambiental ocorrida nesta região, cuja finalidade primordial foi diagnosticar as mudanças verificadas no espaço temporal de cinco décadas (1950 a 2000). A autora frisa que no ambiente praias estão os ambientes naturais de maior energia e de maiores taxas de sedimentação ou erosão da margem continental. É também onde se agrega a influência do homem, o maior agente transformador dos espaços naturais. Contudo diz que, na área os processos antrópicos são fracos, em função de a praia ser desabitada, ocorrendo apenas ranchos de pescarias e estruturas de dutos da PETROBRAS.

2.1.5 Impactos em Remanescentes de Mata Atlântica

Considerando que o bioma da Mata Atlântica caracteriza-se por apresentar um mosaico de ecossistemas distintos, mas ligados naturalmente, incluindo aí os manguezais, matas de dunas, restingas etc., ambientes estes já tratados aqui, optou-se por abordar nesse sub-capítulo, somente as matas definidas como Florestas Estacionais Semidecíduais e Áreas de Tensão Ecológica (Contato) que ocorrem na área de pesquisa.

Dean (1996) publicou uma vasta pesquisa sobre a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. O autor inicia seu trabalho relatando a evolução da floresta atlântica sob o ponto de vista da formação da pré-história da Terra e da floresta, passando pela chegada dos primeiros homens europeus, os ciclos econômicos e o surgimento da industrialização nas regiões costeiras, e as conseqüências advindas dessas ações, com a devastação da floresta. Segundo o autor, considerando o período do pós-guerra mundial uma nova e terrível ameaça se projetava sobre a Mata Atlântica. Era uma idéia, na verdade uma obsessão, chamada “desenvolvimento econômico”. Esta idéia penetrava a consciência da cidadania, justificando cada ato de governo, e até de ditadura, e de extinção da natureza. Nesse escopo o autor expõe que a ânsia por terras e a contínua exploração destrutiva da floresta enquanto recurso não-renovável provocou inevitavelmente, um

declínio acelerado das faixas remanescentes relativamente intactas de Mata Atlântica.

Assim, quase todas as transformações físicas e econômicas dos anos 50 aos anos 70, estavam confinadas à região de Mata Atlântica. No início dos anos 90, a Mata Atlântica estava em situação crítica. O autor conclui dizendo que durante quinhentos anos, a Mata Atlântica propiciou lucros fáceis: papagaios, corantes, escravos, ouro, ipecacuanha, orquídeas e madeira para o proveito de seus senhores coloniais e, queimada e devastada, uma camada imensamente fértil de cinzas que possibilitavam uma agricultura passiva, imprudente e insustentável.

Nessa lógica de tratamento histórico/generalista sobre a Mata Atlântica, pode-se citar o trabalho de Campanili; Prochnow (2006) que organizaram uma publicação com informações e discussões sobre o bioma, considerando sua riqueza, o seu processo de destruição, a necessidade de conservação, um pouco da sua história e da legislação que a protege. Frisam que todos os principais ciclos econômicos desde a exploração do pau-brasil, a mineração do ouro e diamantes, a criação de gado, as plantações de cana-de-açúcar e café, a industrialização, a exportação de madeira e, mais recentemente, o plantio de soja e fumo foram, passo-a-passo, desalojando a Mata Atlântica. Discutem a realidade da Mata Atlântica nos dezessete estados onde há a sua ocorrência, abordando as ameaças atuais e iniciativas positivas de vários setores empenhados em contribuir com a proteção e recuperação do bioma. Sobre a Mata Atlântica no Estado do Rio Grande do Norte relatam que os maiores decrementos de mata identificados no estado ocorreram nos municípios de Goianinha, Arês, Nísia Floresta, Parnamirim, Natal, Extremoz e Ceará Mirim. As atividades que mais impactaram esse bioma no Estado foram: atividades agrícolas, principalmente a expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar e de frutíferas arbóreas, o desenvolvimento de atividades voltadas para a carcinicultura em áreas de manguezal e a expansão urbana em áreas litorâneas.

Da mesma forma Galindo-Leal; Câmara (2005) editam um trabalho que aglutina uma série de iniciativas e projetos ligados à conservação e à gestão da Mata Atlântica, com a reunião de pesquisadores e especialistas que tratam sobre a biodiversidade, ameaças e perspectivas da Mata Atlântica e com a apresentação de informações e análises sobre conservação de espécies ameaçadas, evolução da cobertura florestal, áreas protegidas, capacidade institucional, ameaças ao bioma e perspectivas para a conservação.

Hirota (2005) discute os monitoramentos, realizados pelo INPE e Fundação SOS Mata Atlântica, dos remanescentes da Mata Atlântica brasileira. Segundo a autora, os resultados revelam a intensa intervenção antrópica e a forte pressão sobre a cobertura vegetal, o processo contínuo de desmatamento descontrolado e de fragmentação da floresta, ao passo que somente uma pequena porção de áreas florestais está em processo de regeneração. Pode-se concluir que os principais problemas existentes no entorno das grandes cidades brasileiras estão relacionados com a ocupação irregular e desordenada da terra para moradia, com a especulação imobiliária e com a extração seletiva de recursos florestais. A especulação imobiliária é também o fator principal de degradação de áreas costeiras, restingas e manguezais. O efeito cumulativo do desmatamento em pequena escala agrava os problemas do bioma como um todo.

Os estudos sobre os procedimentos relacionados aos levantamentos dos remanescentes de Mata Atlântica no Estado do Rio Grande do Norte são escassos, principalmente, quando se comparado a outros estados nordestinos. Contudo, várias pesquisas (algumas discutidas mais a frente) abordando as metodologias e os objetivos propostos por esta tese, foram realizadas em outras áreas, podendo-se citar como referência, os trabalhos de Freitas; Cruz (2003), Castellanos-Solá; Soares Filho (2001), Lardosa; Santos; Meirelles (2005), Cruz et al. (2007), Agarez et al. (2001), Ferreira et al. (2008), Cruz; Vicens (2007), Gomes; Ponzoni (2005), Fidalgo (1995), Guasselli et al. (2009), Kux; Pinheiro (2005), Pinheiro; Kux (2004), Ponzoni (2002). Todavia, Cestaro (2002) e Maciel (2011) estudam a Mata Atlântica no RN.

Das poucas pesquisas realizadas sobre os remanescentes florestais na faixa do litoral sul do Rio Grande do Norte, a de Cestaro (2002) analisa as relações estruturais, florísticas e fitogeográficas em três fragmentos de florestas semidecíduas e um fragmento de floresta decídua, localizados nos municípios de Parnamirim (mata do Jiqui e mata do Catre) e Macaíba (Mata do Olho D'água e mata do Bebo) e se esses tipos de vegetação fazem parte do bioma da Floresta Atlântica. O autor frisa que a pequena expressividade espacial das florestas decíduas, aliada ao intenso desmatamento que têm sofrido, como de resto, todas as florestas costeiras, não apenas da região Nordeste, mas também em toda a sua extensão, tem tornado muito difícil a localização de fragmentos relativamente extensos e bem conservados. Essas florestas configuram-se como de transição, associadas provavelmente ao forte gradiente pluviométrico no sentido litoral interior. Ressalta

que os conhecimentos sobre as florestas atlânticas em sua transição para as Caatingas ainda são bastante escassos, sobretudo no Rio Grande do Norte, onde os pequenos e raros fragmentos florestais existentes são pouco investigados. Conclui descrevendo que a maior parte das espécies das florestas semidecíduas pertence à província fitogeográfica Atlântica e a floresta decídua é considerada como uma floresta de transição entre as províncias Atlântica e das Caatingas, todas parte de um complexo mosaico vegetacional regional determinado tanto pelas condições pluviais quanto pelas características edáficas.

Outro relevante estudo sobre os remanescentes florestais de Mata Atlântica no litoral oriental do RN é o trabalho de Maciel (2011). Segundo o autor os resultados mostram que a paisagem estudada encontra-se altamente fragmentada, onde restam cerca de 8% dos remanescentes florestais do bioma. Ainda ressalta que a grande maioria (72%) dos fragmentos são menores que 10 ha e somente 3% possuem área maior que 100 ha.

Trindade et al. (2004), Trindade et al. (2005) e Trindade et al. (2007), utilizam o sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco. Descrevem que um dos processos que levou à fragmentação, em particular no nordeste do Brasil, foi o cultivo de extensas áreas de cana-de-açúcar, resultando em fragmentos de diversos tamanhos, formas e distâncias entre eles. A pesquisa considerou o levantamento do número, tamanho, forma, forma(versus)tamanho dos remanescentes de Mata Atlântica inseridos na Usina São José, município de Igarassu/PE. Concluem relatando que, tendo em vista o acentuado grau de fragmentação da área estudada, bem como muitos fragmentos de forma muito irregular, recomenda-se que seja criada formas de conexão (corredores ecológicos e “trampolins” ecológicos) entre estes fragmentos para maximizar o fluxo gênico entre as populações e recolonização das áreas mais perturbadas, reduzindo assim os efeitos negativos resultantes da fragmentação da mata.

Almeida et al. (2006) estudaram a vulnerabilidade dos fragmentos de Mata Atlântica na região do entorno do Parque Nacional do Caparaó-MG utilizando para tal, técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e ecologia da paisagem. Segundo os autores, na região do entorno do Parque Nacional do Caparaó, a expansão, principalmente da agricultura e pecuária, resultou em uma forte fragmentação da vegetação de Mata Atlântica original. Os remanescentes de

floresta acabaram circundados por uma matriz de agentes perniciosos. Esses agentes são responsáveis por distúrbios na estrutura interna e na dinâmica da vegetação, contribuindo ainda mais para com a fragmentação e isolamento da mesma. Analisam que os remanescentes florestais presentes na área objeto do estudo apresentaram-se vulneráveis, sobretudo pressões exercidas por atividades agropastoris realizadas intensamente na região. Para o estabelecimento destas atividades, grande parte da cobertura florestal original foi retirada, contribuindo assim para a aceleração de processos erosivos, perda do solo e assoreamento em canais de drenagem do local. Estas atividades apresentam grande perigo às florestas quando realizadas sem os cuidados necessários à proteção do meio ambiente (componentes bióticos e abióticos) em que estão inseridas. Desmatamentos, uso do fogo, superpastoreio, monocultura, a mecanização intensiva e, principalmente o uso indiscriminado de agrotóxico diminuem a diversidade da flora e fauna causando desequilíbrio no ecossistema florestal.

Fidalgo et al. (2007) ao analisarem a distribuição dos fragmentos e possibilidades de conexão dos remanescentes de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, descrevem que a maior parte dos remanescentes encontra-se na forma de pequenos fragmentos, pouco conhecidos e pouco protegidos, em sua maioria inseridos em paisagens intensamente antropizadas. A fragmentação age fundamentalmente reduzindo e isolando as áreas propícias à sobrevivência das populações, sendo apontada como a principal causa da perda de biodiversidade. Os resultados obtidos dessa análise, permitiram conhecer a distribuição dos fragmentos no Estado do Rio de Janeiro, bem como identificar as áreas onde eles apresentam maiores possibilidades de conexão ou em que predominam fragmentos isolados e de área reduzida. Essas informações influem diretamente na definição de estratégias para conservação da biodiversidade.

Outra pesquisa referente à fragmentação de *habitats* de Mata Atlântica foi realizada por Silva (2002) que estudou esse processo na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro. Segundo a autora, as diferentes atividades econômicas desenvolvidas desde o Século XIX, baseadas na intensa exploração do solo e, atualmente, as atividades industriais e a urbanização, produziram uma nova paisagem onde a Floresta Estacional Semidecidual original foi reduzida a fragmentos isolados. A classificação desses remanescentes foi realizada considerando os seus tamanhos e suas formas, via Sistemas de Informação

Geográfica. Como resultados, mostra que os remanescentes cobrem aproximadamente 32,5% da área de estudo com estágios da sucessão ecológica inicial, intermediário, avançado e por remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual. No conjunto, o predomínio de fragmentos com baixa densidade de borda (menor relação perímetro/área) demonstra que os fragmentos analisados possuem uma tendência a menor vulnerabilidade frente à pressão antrópica.

Panizza; Rocha; Dantas (2009) fazem um estudo comparativo da evolução dos sistemas espaciais de duas áreas do litoral brasileiro: Ubatuba/SP e Tibau do Sul/RN (praia inserida na área de estudo) sob a ótica dos conflitos socioambientais derivados de dois tipos de ocupação, a turística (pelas residências secundárias) e a ligada à preservação/conservação da natureza (pelas unidade de conservação e área de preservação). No litoral do Rio Grande do Norte as paisagens já se encontram alteradas. A cultura da cana-de-açúcar, ainda presente na região, devastou a cobertura florestal já no período colonial. Hoje, a conservação tem que ser feita nos fragmentos florestais para que se possa garantir uma área mínima de preservação da floresta atlântica e assegurar também a função de corretor biológico.

2.2 Vulnerabilidade Ambiental

2.2.1 Conceituação

O termo vulnerabilidade muitas vezes pode ser confundido, e assim o é, com os termos sensibilidade, fragilidade, risco e susceptibilidade. Estes conceitos serão também aqui discutidos. O conceito de vulnerabilidade ambiental adotado por Tagliani (2003) significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Segundo Grigio (2003) o sentido dado ao termo susceptibilidade refere-se à tendência (ser passível) de receber impressões, modificações ou adquirir qualidades diferentes das que já tinha. Para o autor a vulnerabilidade natural pretende mostrar a intensidade da susceptibilidade do ambiente levando-se em consideração, para os fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos, a estabilidade em relação à morfogênese e a pedogênese e, para o fator vegetação, a estrutura das redes e teias alimentares, o estágio de fitosuccessão e a biodiversidade; enquanto que a

vulnerabilidade ambiental refere-se à susceptibilidade do ambiente frente a pressões antrópicas.

Os conceitos de vulnerabilidade natural e vulnerabilidade ambiental coincidem, mas ao mesmo tempo, distinguem-se quando há a inserção dos fatores antrópicos nos seus processos. As relações dos fatores físicos, como as condições geológicas, geomorfológicas, pedológicas e de cobertura vegetal natural indicam, pela sua própria classificação, a vulnerabilidade natural, pois desconsidera até aí, uma influência do homem como condicionante das vulnerabilidades. A inserção de uma avaliação de uso e ocupação do solo no sistema, atribui um peso considerável na ponderação das vulnerabilidades, indicando aí, um processo de análise “ambiental” e não somente “natural”.

Quando se trata da definição e concepção de riscos ambientais e riscos naturais percebe-se o mesmo problema. Veyret (2007) ressalta que os riscos ambientais resultam da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território.

Localizar e entender o termo vulnerabilidade nas diversas abordagens científicas é um empreendimento que não pode ser realizado sem se considerar, simultaneamente, o conceito de risco. Isso se deve ao fato de a vulnerabilidade aparecer no contexto dos estudos sobre risco em sua dimensão ambiental, num primeiro momento, e só mais tarde no contexto socioeconômico. (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2005).

Segundo Castro *apud* Rocha (2005) a vulnerabilidade define a probabilidade de uma comunidade exposta ao impacto de uma ameaça natural sofrer danos, segundo o grau de fragilidade de seus elementos (infra-estrutura, construções, atividades produtivas). A percepção do grau de vulnerabilidade de uma área rural/florestal ou de uma comunidade urbana pode variar bastante em função das próprias características de percepção dos riscos pela população ali inserida, dos pesos e parâmetros utilizados na sua classificação e na sua própria capacidade de resiliência.

Sobre isso, Veyret (2007) destaca que a capacidade de um sistema complexo (uma cidade, por exemplo) para se restabelecer e melhorar sua reatividade após uma catástrofe é hoje levada em conta na determinação da vulnerabilidade; é o que se denomina resiliência, em referência à ecologia, que com esse vocábulo define a

capacidade de um sistema para se adaptar às mudanças resultantes de uma crise e melhorar sua capacidade de resposta tendo em vista catástrofes futuras. Art (1998) define resiliência como sendo a capacidade de um ecossistema ou de outro sistema natural de voltar às condições originais ou ao estado estável depois de uma turbulência.

Ainda, Egler (1996) ao tratar do risco ambiental na zona costeira, ressalta que em nível local, a vulnerabilidade dos sistemas ambientais só pode ser mitigada através de uma participação efetiva da comunidade e dos órgãos públicos estaduais e, principalmente, municipais na adoção de medidas que evitem o desmatamento indiscriminado de mangues e encostas, a obstrução dos canais fluviais e lagunares, bem como a adoção de medidas preventivas para evitar a ação erosiva do mar, principalmente em áreas urbanas.

Assim, o uso de métodos que modelem o mais fielmente possível as fragilidades e vulnerabilidades dos ambientes às intervenções humanas e aos processos naturais se mostra como um interessante caminho para a execução de um planejamento, visando um diagnóstico e prognóstico ambientais. Nesse sentido, Spörl (2007) revela que os estudos relativos à fragilidade dos ambientes são de significativa importância para o planejamento ambiental, pois se trata de um instrumento cuja finalidade é identificar e analisar os ambientes em função de seus diferentes níveis de susceptibilidade, proporcionando assim, uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território.

Quanto à conceituação do termo “fragilidade ambiental”, Spörl (2007) entende que é o grau de susceptibilidade a qualquer tipo de dano, ou seja, está relacionado aos ambientes em situação de risco. O “risco” é aqui entendido como a percepção de um perigo possível, mais ou menos previsível por um grupo social ou por um indivíduo que tenha sido exposto a ele. Um jogador percebe sua decisão de jogar como risco quando reconhece os acontecimentos que podem se produzir, assim como a probabilidade de ocorrerem. (VEYRET, 2007). Rocha (2005) também define o risco como sendo a combinação da frequência (número de ocorrências de um acidente por unidade de tempo) com a conseqüência (impacto de um acidente nas pessoas, no ambiente e na propriedade) de eventos indesejáveis, envolvendo algum tipo de perda. O risco se considera intrínseco e latente dentro da sociedade, porém o seu nível, grau de percepção e meios para enfrentá-lo podem variar segundo os

direcionamentos que a mesma sociedade eleja. Da mesma forma, Dagnino; Carpi Junior (2007) consideram o risco como a probabilidade de que um evento – esperado ou não esperado – se torne realidade. A idéia de que algo pode vir a ocorrer, já então configura um risco.

Além disso, os perigos e os riscos não são apenas de origem natural, conforme os geógrafos reconheceram e hoje os cientistas sociais têm contundentemente enfatizado. Porém, não podemos ignorar a força avassaladora que o ambiente exerce sobre o homem, assim como os geógrafos não ignoraram a percepção dos perigos e os mecanismos institucionais e socioeconômicos para enfrentar e dar resposta a eles (vulnerabilidade). (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2004).

Sobre isso Ross (1994) argumenta que se deve realizar um estudo integrado dos elementos componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e ao homem, os quais analisados e inter-relacionados geram um produto analítico-sintético que retrata a situação da área de estudo. Esta análise integrada, segundo o autor, permite obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais, resultando na carta síntese de Fragilidade/Vulnerabilidade Ambiental. Sob esse prisma, o estudo da fragilidade ambiental parte do enfoque sobre a importância da dinâmica na natureza e das interações inerentes aos seus processos de resposta entre os elementos componentes do sistema. Qualquer intervenção nessa dinâmica resulta em mudanças na integração dos elementos ou nos elementos constituintes da paisagem e conseqüentemente no seu equilíbrio dinâmico. (FIERZ, 2008).

Neste sentido, considerando os processos erosivos, o objetivo do mapeamento da fragilidade ambiental é representar o conhecimento do comportamento atual do terreno em relação às respostas aos processos erosivos, distinguindo as áreas onde os riscos de erosão são mais baixos favorecendo, então, determinados tipos de inserção; e também, aquelas áreas mais frágeis, ou seja, mais susceptíveis aos processos erosivos, onde são exigidas ações tecnicamente mais adequadas a essas condições. (SPÖRL, 2007).

A abordagem temática sobre mapeamentos e modelagens para a mensuração da vulnerabilidade/fragilidade natural/ambiental possui uma literatura com estudos de caso, bastante vasta. Alguns exemplos podem ser vistos, entre outros, em Gonçalves et al. (2009), Kawakubo (2005), Almeida; Santos; Martins

(2009), Menezes et al. (2007), Oliveira et al. (2009), Lins-de-Barros (2005), Carvalho; Pinto (2009), Costa et al. (2008), Palmeira; Crepani; Medeiros (2005) e Ribeiro; Campos (2007). A pesquisa bibliográfica sobre este tema indicou que muitas proposições metodológicas utilizadas nos trabalhos que visavam à avaliação e indicação de zoneamentos que indicassem as vulnerabilidades e fragilidades naturais ou ambientais, caminhavam para o uso dos métodos propostos por Ross (1994), Crepani et al. (1996, 2001) e Grigio (2003).

Crepani et al. (1996); Crepani et al. (2001) apresentam uma proposta metodológica para a elaboração de mapas de vulnerabilidade natural à perda de solo com vistas a subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia. Esta metodologia foi desenvolvida com base no conceito de Ecodinâmica (Tricart, 1977) e na reinterpretação de dados temáticos preexistentes com a utilização de imagens de satélite. (Ver figura 2).

Segundo os autores, primeiramente é realizada a reinterpretação das informações temáticas disponíveis (mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de cobertura vegetal e uso da terra) sobre as imagens de satélite utilizadas como “âncora”, e a geração de curvas de intensidade pluviométrica, definindo Planos de Informação temáticos geo-referenciados (PI Geologia, PI Geomorfologia, PI Pedologia, PI Vegetação e Uso e PI Intensidade Pluviométrica). A interseção vetorial destes PI,s define o mapa de Unidades Territoriais Básicas (PI UTB) composto de unidades de paisagem natural e polígonos de intervenção antrópica. Ao PI UTB, de modelo cadastral, associa-se um banco de dados relacional contendo as classes dos PI temáticos e valores, relativos e empíricos, de vulnerabilidade à perda de solo de cada uma dessas classes.

Posteriormente é feita uma classificação do grau de vulnerabilidade de cada unidade territorial baseada nos processos de morfogênese e pedogênese. A vulnerabilidade é expressa pela atribuição de valores, de 1 a 3, num total de 21 valores, para cada unidade de paisagem. Com este procedimento metodológico é possível elaborar cartas de vulnerabilidade natural à perda de solo a partir de um banco de dados contendo as informações básicas do meio físico e de uso da terra de uma determinada região.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO				
					VERM.	VERDE	AZUL	CORES	
U1	↑	3,0		VULNERÁVEL	255	0	0		
U2		2,9			255	51	0		
U3		2,8			255	102	0		
U4		V			2,7	255	153		0
U5	U	2,6		MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0		
U6	L	2,5			E	255	255		0
U7	N	2,4			S	204	255		0
U8	E	2,3	T	MODERADAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	153	255	0		
U9	R	2,2	A		102	255	0		
U10	A	2,1	B	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	51	255	0		
U11	B	2,0	I		0	255	0		
U12	I	1,9	L		0	255	51		
U13	L	1,8	I	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102		
U14	I	1,7	D		0	255	153		
U15	D	1,6	A		0	255	204		
U16	A	1,5	D		0	255	255		
U17	D	1,4	E	ESTÁVEL	0	204	255		
U18	E	1,3			0	153	255		
U19	↓	1,2			0	102	255		
U20		1,1		0	51	255			
U21		1,0	0	0	255				

Fonte: Crepani et al. (2001).

Figura 2 – Escala de vulnerabilidade das Unidades Territoriais Básicas, segundo Crepani et al. (2001).

Ross (1994) ao propor uma metodologia para a análise da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, considerou que estas fragilidades devem ser avaliadas quando se pretende aplicá-la ao planejamento territorial ambiental, baseada no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977). Dentro dessa concepção ecológica, o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria dos Sistemas que parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. O autor expõe que a análise empírica da fragilidade exige estudos básicos do relevo, do subsolo, do solo, do uso da terra e do clima, os quais viram produtos cartográficos temáticos. Os critérios utilizados para as variáveis temáticas são expostos nos quadro 1 a seguir.

Escala	Relevo	Variável Solo	Uso e Cobertura da Terra
	Características	Características	Características
	Padrões de Formas com a rugosidade topográfica ou os Índices de Dissecação do Relevo. De acordo com Matriz dos índices de dissecação. Dependência da escala.	Características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Independe da escala	Identificação das manchas de diferentes tipos de usos do solo. Mensuração das características naturais, permitindo estabelecer uma hierarquia de graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal.
	Graus de Fragilidade*	Graus de Fragilidade	Graus de Proteção
Pequena e média escala (acima de 1:50.000)	1-Muito Fraca (11) 2-Fraca (21,22,12) 3-Média (31,32,33,13,23) 4-Forte (41,42,43,44,14,24,34...) 5-Muito Forte (51,52,53,54,55,15,25,35,45...)	1-Muito Baixa (Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo textura argilosa) 2-Baixa (Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/argilosa) 3-Média (Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho amarelo textura média/argilosa) 4-Forte (Podzólico Vermelho amarelo textura média/arenosa, Cambissolos) 5-Muito Forte (Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas)	1- Muito Alta (Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade) 2-Alta (Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado Denso, Capoeira Densa), Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau) 3-Média (Cultivo de ciclo longo com curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas) 4-Baixa (Cultura de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento) 5-Muito baixa ou nula (Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas)
	Características		
	Padrão de formas de vertentes e Classes de Declividades.		
Grande escala (1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000)	1-Muito Fraca (até 6%) 2-Fraca (de 6 a 12%) 3-Média (de 12 a 20%) 4-Forte (de 20 a 30%) 5-Muito Forte (> 30%)		

Fonte: Adaptado e Modificado de Ross (1997). Organizado pelo autor.

*Considerando as categorias morfométricas geradas a partir da matriz dos índices de dissecação do relevo.

Quadro 1 – Relação das variáveis temáticas e seus respectivos graus de fragilidade e proteção.

Grigio (2003) descreve que para a obtenção do mapa de vulnerabilidade ambiental do município de Guamaré/RN foram operacionalizadas duas etapas. A primeira consistiu no cruzamento de mapas (geomorfologia, geologia, solos e vegetação) do banco de dados do trabalho, resultando no mapa de vulnerabilidade natural. Na segunda etapa, com base no mapa de vulnerabilidade natural, realizou-se um segundo cruzamento com o mapa de uso e ocupação do solo, para a geração do mapa de vulnerabilidade ambiental. Após o cruzamento desses dois mapas foi realizado o cruzamento dos seus resultados, a partir do cálculo da média aritmética

destes, sendo distribuída em seis classes de vulnerabilidade natural e ambiental, dispostas na tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Classes de vulnerabilidade natural e ambiental, segundo Grigio (2003)

Classes de vulnerabilidade natural	Classes de vulnerabilidade ambiental
1 – sem classificação (menor ou igual a 0,9)	1 – sem classificação (menor ou igual a 0,9)
2 – muito baixa (de 1,0 a 1,3)	2 – muito baixa (de 1,0 a 1,3)
3 – baixa (de 1,4 a 1,7)	3 – baixa (de 1,4 a 1,7)
4 – média (de 1,8 a 2,2)	4 – média (de 1,8 a 2,2)
5 – alta (de 2,3 a 2,5), e	5 – alta (de 2,3 a 2,5), e
6 – muito alta (maior ou igual a 2,6)	6 – muito alta (maior ou igual a 2,6)

Fonte: Adaptado e Modificado de Grigio (2003). Organizado pelo autor.

Segundo o autor, em seguida, na tentativa de se obter um mapa de vulnerabilidade ambiental que representasse mais fielmente as peculiaridades do Município de Guamaré, foi aplicado o método de ponderação de fatores, que permite a possibilidade de compensação entre os fatores através de um conjunto de pesos que indicam a importância relativa de cada fator. Após uma série de avaliações, considerou-se ser a combinação mais representativa do município o teste 8 (T8), destacado na tabela 3.

Tabela 3 – Pesos compensatórios para elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental, segundo Grigio (2003).

Teste	Fator				
	Vulnerabilidade natural				Uso e ocupação do solo
T1			0,2		0,8
T2			0,8		0,2
T3			0,3		0,7
T4			0,7		0,3
T5			0,4		0,6
T6			0,6		0,4
	Geomorfologia	Geologia	Solos	Vegetação	Uso e ocupação do solo
T7	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4
T8	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5

Fonte: Adaptado e Modificado de Grigio (2003). Organizado pelo autor.

Spörl; Ross (2004) e Spörl (2007) expõem que a grande contribuição dos modelos de fragilidade ambiental é proporcionar uma maior agilidade no processo

de tomada de decisões, servindo de subsídio para a gestão territorial de maneira planejada e sustentável, evitando problemas de ocupação desordenada. Em 2007, os autores realizaram um trabalho que tinha por objetivo desenvolver e testar as redes neurais artificiais (RNAs) como uma nova alternativa metodológica à elaboração de modelos de análise da fragilidade ambiental, visando aprimorar os métodos empíricos já existentes, propostos por Ross (1994) e Crepani et al. (2001). Os autores expõem que o processo de modelagem da fragilidade ambiental é um grande desafio, pois implica em compreender de forma qualitativa e quantitativa a relação entre as variáveis ambientais e a dinâmica extremamente complexa que envolve estas componentes físicas, bióticas e sócio-econômicas.

Santos, Sobreira (2008) fazem uma análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos tendo como base os métodos propostos por Crepani et al. (1996; 2001) e Ross (1992; 1994; 2000), na região do alto rio da Velhas/MG. Quanto à fragilidade dos ambientes naturais, foram agrupadas duas classes: Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial, mais próximas do equilíbrio dinâmico, representadas por ambientes que apresentam vegetação nativa e pouca pressão antrópica (subdivididas em muito fraca, média, forte e muito forte), e as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Emergente, que são áreas alteradas por intervenções antrópicas (subdivididas em fraca, média, forte, e muito forte). Quanto à análise da vulnerabilidade natural a erosão, os resultados foram agrupados em três classes: vulnerabilidade baixa (16,6% da área), média (55%) e forte (28,5%). Conclui-se que a aplicação de modelos pode não representar a realidade de campo, porém, são ferramentas valiosas na diferenciação básica entre os ambientes analisados e permitem estabelecer certo grau de padronização, mas que não substituem as análises de campo para a avaliação dos problemas e características ambientais.

Tiviroli et al. (2009) geraram um mapa de vulnerabilidade natural da bacia do rio Negro, Mato Grosso do Sul. Os autores descrevem os procedimentos metodológicos, informando que em um ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), as cartas passaram por etapas de georreferenciamento, vetorização e *overlay*, com o intuito de correlacionar as variadas informações e assim obter a carta de vulnerabilidade natural, com a qual pode se identificar as áreas da bacia com maior e menor susceptibilidade à erosão natural, além de se determinar os valores de área de cada potencial erosivo. Consideraram conceitos de Crepani et al. (2001)

e nos conceitos de morfogênese e pedogênese, para geração do mapa de vulnerabilidade natural com atribuição de pesos variando de 1 a 3, onde solos mais instáveis, rochas mais susceptíveis ao intemperismo e regiões muito dissecadas receberam pesos maiores (mais próximos de 3), ou seja quanto maior a tendência de uma área à morfogênese, maior foi o valor atribuído ao polígono correspondente. Em seguida foi aplicada uma álgebra de mapas com média aritmética entre as diferentes atribuições das cartas de geologia, geomorfologia e solos. Assim, criaram quatro classes de vulnerabilidade: estável, moderadamente estável, moderadamente vulnerável e vulnerável.

Amaral; Ross (2009) determinaram a fragilidade ambiental de uma área localizada em Teodoro Sampaio/SP, utilizando o conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977) e a proposta metodológica de Ross (1994), com o objetivo de avaliar as áreas susceptíveis à degradação para subsidiar ações de planejamento que restrinjam e direcionem o uso e ocupação da terra, de forma a prevenir e minimizar o surgimento de problemas relacionados à qualidade ambiental. Para a aplicação do conceito de Unidades Ecodinâmicas foram analisados integradamente dados de uso da terra (componente antrópica) e de relevo, solos e clima (componentes ambientais), em escala 1:50.000. Foram definidas as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Emergente para áreas antropizadas e de Instabilidade Potencial para áreas naturais, com graus de fragilidade variando de muito baixo a muito alto. Quanto às deficiências metodológicas os autores ressaltam que a metodologia, como qualquer modelo que possa ser aplicado, é uma representação da realidade, de acordo com a perspectiva de enfoque. Portanto, em algumas áreas o resultado da fragilidade pode não condizer com a realidade. Mesmo assim, a análise das fragilidades proporciona diretrizes ao planejamento de uso e ocupação, de forma a preservar o equilíbrio ambiental.

Medeiros; Petta; Duarte (2005) realizam um estudo do meio físico para avaliação da vulnerabilidade à ocupação humana do município de Parnamirim/RN. Para tal, foi elaborada uma base cartográfica única, integrada e georreferenciada, com informações provenientes de dados cartográficos, de campo e de imagens de satélite, entre outras, contendo subsídios mínimos necessários à compreensão geral do meio físico a partir dos mapas geológico, geomorfológico, hidrográfico, de vegetação e de solos. De acordo com os autores, os locais próximos no litoral ao município possuem vulnerabilidade alta à ocupação humana, por serem compostos

de campos de dunas, vegetação de restinga e de mangue. Por fim, argumentam que o objetivo do mapa de vulnerabilidade é o de contribuir para o planejamento de uma ocupação ordenada das áreas com ocupação rarefeita, buscando assim minimizar o impacto desta ocupação no meio ambiente.

Costa et al. (2006) determinaram a vulnerabilidade natural e ambiental na Bacia Potiguar, região de Macau/RN, a partir de mapas base de geologia, solos, vegetação, geomorfologia e de uso e ocupação e considerando a relação entre os processos de morfogênese e pedogênese, baseados no conceito de análise ecodinâmica de Tricart (1977). Segundo os autores, o objetivo dos mapas de vulnerabilidade é representar o conhecimento do comportamento atual do terreno, em relação às repostas dos processos de uso do solo. Com os mapas é possível conhecer áreas que apresentam alto risco de acidentes com petróleo, assim como áreas potencialmente estáveis, para fins de melhor tratamento dessa área para um uso e ocupação atual e futura.

Outras análises realizadas no Estado do Rio Grande do Norte são a de Souto (2004) e Souto; Amaro (2005) que realizaram uma análise multitemporal dos elementos geoambientais da região da Ponta do Tubarão, também no município de Macau/RN. Nessa pesquisa foi feito um mapeamento para levantamento das áreas de risco ambiental quanto ao derramamento de óleo. Para tal, foram elaborados os mapas geológico, geomorfológico, vegetação, pedológico e de usos e ocupação do solo, permitindo, a partir de cruzamentos entre eles, a elaboração de mapas de vulnerabilidade natural e vulnerabilidade ambiental. Ambos os mapas foram classificados de acordo com os cinco graus de vulnerabilidade, levantados como sendo: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. O grau de vulnerabilidade natural média e alta foram os que apresentaram maiores valores de área mapeada, representada em grande parte pela planície costeira, demonstrando a grande fragilidade natural dessa área. Para o mapa de vulnerabilidade ambiental o grau que apresentou maior valor foi a de média vulnerabilidade, para a área que corresponde às planícies costeiras ocupadas por diversas atividades sócio-econômicas, como também áreas de preservação ambiental como mangues e campos de dunas.

Fierz (2008) avalia por meio de abordagem sistêmica e do equilíbrio dinâmico, as diferenças de configurações geológicas e geomorfológicas e de fragilidade nos variados compartimentos geomorfológicos ao longo das planícies costeiras na enseada de Fortaleza, em Ubatuba, litoral norte de São Paulo e região de Peruíbe-

Intanhaém, litoral centro-sul de São Paulo. Conclui afirmando que a fragilidade ambiental, está diretamente ligada à tipologia de forma de relevo costeiro e da resistência dos materiais que compõem os sistemas com *outputs* e *inputs*, tanto de processos naturais, como decorrentes da atuação humana.

Nascimento; Domingues (2009), realizaram um mapeamento da vulnerabilidade ambiental dos municípios de Belmonte e Canavieiras/BA a partir de integrações das características geológicas (tempo geológico e fragilidade), de solos (maturidade pedogenética), declividade (variação de declividade), uso da terra e vegetação (proteção da paisagem e biodiversidade da biota), atribuindo, para cada feição pesos de 1 (menos vulnerável) a 5 (mais vulnerável). Concluem que as análises mostraram que os sistemas naturais na zona costeira dos municípios de Belmonte e Canavieiras apresentam dois diferentes graus de vulnerabilidade ambiental. Na planície costeira predomina a alta e muito alta vulnerabilidade ambiental e nos tabuleiros a baixa e média vulnerabilidade ambiental, apesar das diferentes intensidades de uso da terra nestas áreas, prevalecendo de uma forma geral os condicionantes intrínsecos destes ecossistemas. Ainda complementam dizendo que um estudo como esse, se torna importante na medida em que possa ser utilizado como um norteador das políticas de gestão para essa parte da zona costeira e contribuir para que as novas ocupações e o desenvolvimento econômico e social sejam compatibilizados com a preservação ambiental.

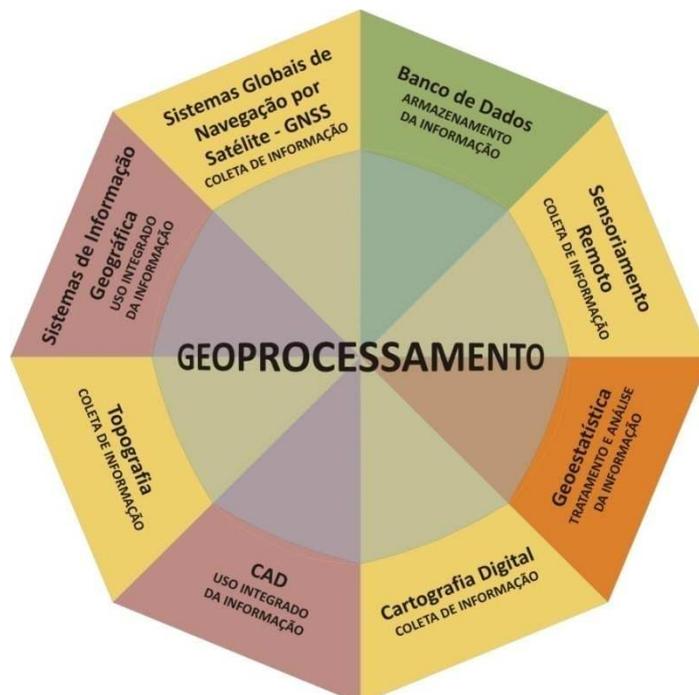
Tagliani (2003) elabora um mapa de vulnerabilidade ambiental de um trecho da planície costeira do Rio Grande do Sul, nos municípios de Pelotas, Rio Grande e São José do Norte. Para sua confecção foram utilizados os mapas de vegetação e uso do solo, geologia, áreas protegidas por lei, declividades e capacidade de uso dos solos, na escala de 1:100.000. Analisa que as possibilidades de inter-relações entre esse mapa e outras informações de interesse específico são inúmeras, fornecendo resultados praticamente automáticos, espacializados e georreferenciados, tornando-se uma ferramenta extremamente importante e útil de apoio à decisão.

Santos et al. (2007) realizam, a partir dos mapas de geologia, geomorfologia e pedologia, o mapeamento, em escala de 1:600.000, da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná fundamentado no método da Análise Empírica da Fragilidade do Ambientes Naturais e Antropizados apresentado por Ross (1994) e baseado em Tricart (1977). Foram consideradas três classes: baixa, moderada e alta, aplicadas

cinquenta unidades geomorfológicas definidas no Paraná por Oka-Fiori et al. (2006) e Santos et al. (2006).

2.3 Geoprocessamento Aplicado a Análises Ambientais

O geoprocessamento, também definido por alguns autores como geomática, ou para outros como, “geotecnologias”, agrega uma série de ferramentas e tratamentos multidisciplinares (figura 03) de dados espaciais, como o Sensoriamento Remoto, os Sistemas de Informação Geográfica, conhecidos como SIG/GIS, Processamento Digital de Imagens-PDI, Geoestatística, Cartografia Digital, *Computer Aided Design* – CAD (Desenho Assistido por Computador), Banco de Dados Alfanuméricos e o Global Navigation Satellite Systems – GNSS (Sistemas Globais de Navegação por Satélite), com vasta aplicação na análise de informações ambientais. Pela complexidade e grande número de ferramentas de auxílio ao seu uso, é muito comum que o conceito sobre essas ferramentas seja confundido com o conceito de Geoprocessamento. O Geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG ou GIS processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (BURROUGH, 1986).



Fonte: O autor.

Figura 3 – Categorias de tratamento da informação espacial por geoprocessamento.

Nesse contexto, o termo *Geoprocessamento* denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. (CAMARA; DAVIS, 2001). Trabalhar com geoinformação significa, antes de mais nada, utilizar computadores como instrumento de representação de dados espacialmente referenciados. (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

Rosa (2005) e Rosa (2009) ressaltam que as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas visando maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisões relativas ao espaço geográfico. Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente. (CAMARA; DAVIS, *op cit.*)

Oliveira (2003) cita que o geoprocessamento pode propiciar, em algumas situações, a qualificação dos trabalhos de cunho sócio-ambiental, onde as diversas ciências e técnicas que estão relacionadas ao entendimento do espaço geográfico, produzem uma cadeia multidisciplinar. Entre estas, pode-se citar o sensoriamento remoto, topografia/agrimensura, fotogrametria, geodésia, cartografia, geomorfologia, geologia, biologia, arquitetura, sociologia e, muito fortemente, a geografia.

Mesmo com o grande avanço epistemológico nos últimos anos sobre a geoinformação, existe uma dificuldade no estabelecimento da definição do geoprocessamento como uma ciência, fundamentada em conceitos científicos e não somente na técnica computacional ou no empirismo. Segundo Câmara; Monteiro; Medeiros (2001) as raízes deste problema estão na própria natureza interdisciplinar (alguns diriam *transdisciplinar*) da Ciência da Geoinformação. Ponto de convergência de áreas como Informática, Geografia, Planejamento Urbano, Engenharia, Estatística e Ciências do Ambiente, a Ciência da Geoinformação ainda não se consolidou como disciplina científica independente; para que isto aconteça,

será preciso estabelecer um conjunto de conceitos teóricos, de aplicação genérica e independentes de aspectos de implementação. Como bem escreve Silva (1999), especificamente sobre os SIG (Sistemas de Informação Geográfica), indagando o seguinte: os SIGs são uma ciência? Ou seja, os SIGs contêm um número significativo de elementos científicos mais gerais? Ou os SIGs constituem-se em um arsenal de ferramentas para ser usado pelas ciências existentes? Segundo o autor, para a obtenção das respostas, é necessário formalizar diversos conceitos, em especial, o elemento fundamental dos SIGs, o dado espacial.

O surgimento das técnicas relacionadas à geoinformação vem com o advento dos primeiros computadores eletrônicos na década de 40, passando por uma evolução nas décadas seguintes chegando à década de 80, onde o uso da computação começa a se propagar em função da popularização dos computadores pessoais. A partir daí, fortalecido pelo desenvolvimento da capacidade de interação e grande diminuição dos custos dos sistemas, com avanços dos *hardwares* e *softwares*, seu uso é disseminado na comunidade, inicialmente, científica, em órgãos de gestão pública e concessionárias de água, energia e telefonia. Atualmente as ferramentas relacionadas à geoinformação estão consolidadas e, além disso, popularizadas nas áreas consideradas “marginais” ao seu uso. Quem poderia imaginar, há alguns anos atrás, um usuário particular acessando de sua casa, imagens de satélite de alta resolução no “revolucionário” *Google Earth*, ou utilizando GPS (*Global Positioning System*) em celulares e em veículos, por exemplo.

Câmara; Davis (2001) ampliam a discussão dizendo que na década atual, observa-se um grande crescimento do ritmo de penetração do SIG nas organizações, sempre alavancado pelos custos decrescentes do hardware e do software, e também pelo surgimento de alternativas menos custosas para a construção de bases de dados geográficas.

Fonseca (2001) já dizia, nos idos do começo desta década, que o “geo” do passado era caro, difícil de usar, e disponível apenas para poucas pessoas. O geo do passado que só rodava em *main-frames* se contrasta hoje com o telefone celular de tela colorida que mostra um mapa de onde você está. No futuro vamos interagir com os dados geográficos de uma maneira que hoje está sendo imaginada nos laboratórios científicos. A evolução da computação possibilitou o desenvolvimento do geo e ele volta com toda força neste mundo do futuro. Localização é a palavra chave e é cada vez mais fácil saber onde estamos e para onde vamos

geograficamente. Segundo o autor a pergunta que vem associada a isto é onde estamos e para onde vamos como sociedade da informação?. O debate sobre o uso da informação deve sempre estar associado às pesquisas sobre novas técnicas que possibilitam usos da informação até então não imaginados.

Sob esse contexto, o uso de ferramentas (ciência?) da geoinformação nos estudos ambientais deve considerar os avanços tecnológicos¹ existentes, tanto de *softwares* e *hardwares*, como de dados, para a obtenção de informações espaciais mais precisas e exatas com a realidade (multitemporal) geográfica. Os avanços aqui mencionados refletem-se nas diversas técnicas de geoinformação, como no uso dos sensores remotos orbitais de alta resolução espacial, no uso de sistemas de posicionamento de precisão e na interoperabilidade dos sistemas. Suas relações, dependendo de suas funções e objetivos, servem de apoio para a geração de produtos mais tecnificados na análise ambiental.

Câmara; Medeiros (1998) ressaltam que como consequência natural, o uso do Geoprocessamento em projetos ambientais requer o uso intensivo de técnicas de integração de dados e que os estudos ambientais, para serem feitos de forma adequada, requerem que o especialista em geoprocessamento combine ferramentas de análise espacial, processamento de imagens, geo-estatística e modelagem numérica de terreno.

Neste sentido, a pesquisa geográfica hoje em curso, uma vez realizada com o apoio do Geoprocessamento, em particular na varredura absolutamente sistemática das condições ambientais, permite a incorporação de novas visões da realidade ambiental (e de si própria, inclusive), visões estas ampliadas pelo uso de técnicas atuais de registro e tabulação de ocorrências de eventos e entidades ambientais. (SILVA; ZAIDAN, 2010).

¹ Sobre isso Silva; Zaidam (2010) ressaltam que o uso de técnicas e métodos modernos não deve ser gerador de deslumbramentos inibidores da criatividade e do poder crítico do pesquisador. Estas suas características devem estar ancoradas em um sólido conhecimento teórico, conceitual, de seu campo de investigação, baseado necessariamente em considerações epistemológicas. Sua atuação deve ser guiada por objetivos ambiciosos, em coerência com os amplos recursos tecnológicos hoje disponíveis, mas deve almejar resultados exequíveis e socialmente justificáveis.

Também Câmara; Medeiros (1998) ponderam que esta abordagem nos permite construir uma visão não maniqueísta da tecnologia de Geoprocessamento. Nem panacéia com procedimentos de aplicação universal, nem mero instrumento de automação de técnicas estabelecidas, os SIG requerem de seus usuários uma postura ativa e crítica. Ao mesmo tempo em que é necessário compreender a complexidade dos procedimentos lógico-matemáticos do Geoprocessamento, é preciso dispor de metodologias que capturem a dinâmica dos processos espaciais, não expressáveis explicitamente num banco de dados geográfico. Este equilíbrio entre forma e função, e entre estrutura e processo está na essência do uso adequado do Geoprocessamento.

Após essas considerações, as discussões tratadas à frente tomarão como referência a aplicação de ferramentas (técnicas) de auxílio para o geoprocessamento nos estudos ambientais, tais como o sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica. Também serão discutidos alguns estudos de caso que possuem metodologias e objetos semelhantes aos propostos nesta pesquisa.

Diversos são as publicações que abordam as técnicas de geoprocessamento no Brasil o no mundo sob os mais variados aspectos, considerando o uso de sensores remotos, de sistemas de informação geográfica, de sistemas de posicionamento e de cartografia com vistas à aplicação em trabalhos ambientais. Alguns exemplos dos que são referência para esse trabalho: Meireles; Câmara (1998), Câmara; Davis; Monteiro (2001), Meirelles; Câmara; Almeida (2007); Rosa (2009), Assad; Sano (1998), Silva (1999), Silva; Zaidan (2010), Jensen (2009), IBGE (2001), Rudorff; Shimabukuru; Ceballos (2007), Moreira (2003), Loch; Lapolli (1998), Duarte (2002), Monico (2000), Calijuri (1995), Meneses; Madeira Netto (2001), Anderson (1982), e ainda citando outras obras como Liu (2007), Miranda (2010), Florenzano (2007), Novo (2008), Lang; Blaschke (2009), Bartlett; Smith (2005).

As discussões acerca do uso do geoprocessamento na análise ambiental tomarão como base os objetivos propostos nesta tese, ou seja, os trabalhos citados são referentes aos usos do geoprocessamento na abordagem de impactos ambientais em mangues, dunas, faixas de praia, remanescentes de Mata Atlântica em Áreas de Preservação Permanente, no mapeamento geomorfológico e como ele pode auxiliar na observação de processos erosivos, na elaboração de mapas de vulnerabilidade ambiental e natural, análises multitemporais, aplicação de sensores remotos e mapeamentos temáticos, entre outros. Alguns trabalhos já foram citados anteriormente na própria consideração sobre os impactos. Dessa forma se procurará não ser repetitivo nessas abordagens.

Araújo et al. (2008) elaboraram uma análise geoambiental da APA do estuário do rio Ceará/CE com vistas a avaliar as formas de uso, as condições e os impactos ambientais presentes neste ambiente. Foram utilizadas bibliografias pertinentes à área, fotografias e imagens de satélites multitemporais com boa resolução como as imagens do *Quickbird* e SPOT. As atividades de geoprocessamento envolveram o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto e a integração de dados em estrutura de SIG (Sistema de Informação Geográfica). Verificou-se que o

desmatamento do manguezal é um dos pontos mais críticos quanto à degradação e descaracterização da paisagem e da dinâmica desse ecossistema.

Souza Filho (2005) quantificou a extensão dos manguezais de macromaré da costa nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. O reconhecimento das áreas de manguezais e sua quantificação foram realizados a partir da utilização de imagens Landsat-7 ETM+, adquiridas em 1999 e 2000 e de um sistema de informações geográficas (SIG). A integração dos dados de sensores remotos, dados geológicos e oceanográficos permitiu o reconhecimento de cinco setores geomorfológicos, que abrangem uma superfície total de 7.591 km² de manguezais. Esta área representa a maior faixa de manguezais contínuos do planeta e corresponde a 56,6% dos manguezais do Brasil.

Fernandes et al. (2007) realizaram o mapeamento geoambiental através do emprego de imagens IKONOS II da região adjacente ao sistema lagunar-estuarino Nísia Floresta-Papeba-Guarairas, no Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Através do emprego dessas imagens gerou-se o mapeamento de uso do solo e suas potencialidades, que demarca áreas de uso, conservação e preservação, além do mapa de unidades geoambientais, que vão contribuir sobremaneira com o ordenamento da ocupação da área de estudo e seu entorno. As técnicas de geoprocessamento permitiram o tratamento das informações desde a sua entrada, passando pela edição, armazenamento e, finalmente, as análises ambientais com a extração das informações contidas nas imagens. Concluem, ressaltando que os resultados apresentados nesse trabalho, no que concerne ao mapeamento temático, e à caracterização geoambiental, foram bastante satisfatórios, destacando-se o baixo custo e a economia de tempo despendido e atestando as inúmeras vantagens do geoprocessamento como ferramenta de caracterização e análise, aplicado ao gerenciamento de recursos naturais em áreas costeiras.

Outro trabalho produzido em um dos estuários inseridos na área de estudo desta tese é o de Petta; Fernandes; Nascimento (2008) que analisam a dinâmica espacial e temporal da cobertura da terra, por técnicas de sensoriamento remoto, na área estuarina do rio Curimataú, inserida nos municípios de Canguaretama e Baía Formosa/RN, visando a gestão das atividades sócio-econômicas e a conservação do meio ambiente. Os procedimentos metodológicos consistiram no uso de fotografias aéreas de 1997 e imagens de alta resolução espacial IKONOS II de 2003 onde foram classificadas pelo método supervisionado máxima verossimilhança, gerando

os mapas de cobertura da terra. Após serem analisados, conclui-se que as atividades agrícolas e a carcinicultura, além de serem as principais atividades econômicas, são as que mais causam impactos no estuário Curimataú.

Em estudos do ecossistema manguezal, a utilização de diversas escalas espaço-temporais auxilia no gerenciamento integrado das zonas costeiras, oferecendo subsídios aos tomadores de decisão (Schaeffer-Novelli et al., 2005). Técnicas de sensoriamento remoto, SIG e uso de GPS fornecem informações que subsidiam comparações temporais com o estado atual de áreas naturais, possibilitando projeções de alterações ou de impactos para uma dada região, auxiliando na adoção de medidas mitigadoras com vistas ao gerenciamento costeiro (Dahdouh-Guebas, 2002).

Cruz (2007) realiza um mapeamento geoambiental do campo de dunas Pirangi-Potengi em Natal/RN, utilizando o sistema de informação geográfica, cartografia digital e banco de dados, resultando na elaboração de uma série de mapas (vegetação, cadastro de problemas ambientais às dunas, vulnerabilidade à contaminação do aquífero, suscetibilidade de inundações e uso e ocupação do solo).

Fidalgo (1995) aplicou métodos estatísticos para estimar a exatidão no processo de mapeamento temático e a análise de algumas fontes de erro que podem interferir nessa exatidão em uma área de Mata Atlântica na Baixada Santista/SP. Seu mapeamento foi feito a partir de imagens TM-LANDSAT. Concluiu que as fontes de erro analisadas não influíram de forma significativa nos valores de exatidão dos produtos elaborados.

Freitas; Cruz (2003) geraram imagens de três índices de vegetação – NDVI, MVI5 e MVI7 – e compararam seus desempenhos na caracterização de tipos de cobertura vegetal em fragmentos de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. Após os testes, concluíram de forma geral na área de estudo, que o índice de vegetação MVI7 foi capaz de detectar uma maior variedade de categorias. O NDVI superestimou os valores do índice classificando a maioria dos fragmentos florestais como floresta, enquanto que o MVI5 subestimou, os classificando como área de transição. Outro trabalho realizado sobre os índices de vegetação foi o de Agarez et al. (2001) que os utilizaram na classificação integrada de fragmentos florestais em Mata Atlântica de Tabuleiros no município de Sooretama/ES.

Lardosa; Santos; Meirelles (2005) desenvolveram uma metodologia para a detecção de mudanças na cobertura vegetal, para o estado do Rio de Janeiro, a

partir da comparação de imagens multitemporais do LANDSAT7 ETM+. A metodologia proposta visa otimizar o tempo de processamento das imagens, garantindo uma maior eficácia no processo de monitoramento, sem descuidar da qualidade das informações a serem produzidas. A utilização de bandas únicas para a extração de informações sobre a vegetação é uma técnica que já vem sendo utilizada em alguns trabalhos, optando-se nesses casos por bandas que refletem de maneira característica a feição desejada. Nesse experimento, definiu-se que a banda 3 do satélite LANDSAT7 ETM+ seria a mais indicada por ser sensível aos pigmentos nas folhas, sendo a sua reflectância inversamente proporcional a concentração desses pigmentos. A metodologia visa a separação dos pixels que representam os ambientes florestais, a partir da utilização da banda 3. Esse procedimento foi aplicado nas imagens dos anos de 1999 e 2000, sendo posteriormente gerada a imagem diferença. Os testes realizados indicam que a metodologia proposta produz resultados bastante satisfatórios, embora necessite de um refinamento e de uma avaliação mais exaustiva, onde sejam contempladas outras áreas de remanescentes do Estado do Rio de Janeiro para confirmar a sua eficiência.

Gomes; Ponzoni (2005) discutem a utilização de dados multitemporais no levantamento de remanescentes de Mata Atlântica como subsídio ao mapeamento de florestas estacionais. Mostram que as diferentes tipologias da Mata Atlântica e especificamente as formações estacionais dificultam a identificação de seus limites, comprometendo muitas vezes, a continuidade espacial de polígonos posicionados entre imagens adquiridas em períodos sazonais distintos já que o mapeamento da vegetação se fundamenta na delimitação de padrões de formações arbóreas em diferentes estágios de desenvolvimento identificando, além das formações primárias, com pouca alteração ou essencialmente recuperadas, as formações secundárias em estágios médios e avançados de regeneração. Dessa forma objetivam exemplificar áreas onde as características fenológicas interferem no mapeamento preciso de feições florestais quando se utiliza imagens de satélite de diferentes datas e descreve como estas características vêm sendo tratadas para evitar possíveis erros em mapeamentos futuros. Chegam à conclusão de que, quando se trabalha em regiões nas quais a cobertura vegetal apresenta forte fenologia devido à sazonalidade, há de se levar em consideração que a base temática não poderá ser definida mediante uma série temporal pequena de imagens e sim deverá ser

aprimorada em sucessivas intervenções ao longo do tempo. Essas intervenções devem ser realizadas para evitar que a escolha das imagens com menor quantidade de nuvens seja o principal fator de erro em mapeamentos, pois em casos como este, se a interpretação se basear apenas nas imagens, o trabalho como um todo pode mascarar fenômenos fenológicos importantes, como os verificados.

Guasselli et al. (2009) propõem a utilização de dados de Sensoriamento Remoto integrados a Sistemas de Informação Geográfica como subsídio para a identificação e quantificação dos fragmentos de formações florestais nativas da Mata Atlântica no município de Gramado/RS, através da geração de mapas de uso, cobertura e dinâmica do solo nos anos de 2002 e 2007, utilizando imagens SPOT. Consideram que algumas dificuldades relacionadas às variações radiométricas das cenas pela diferença das datas de aquisição das imagens, dos usos sazonais do solo, da morfologia do terreno e das formações florestais na unidade geomorfológica do Planalto Meridional contribuíram para uma grande variabilidade no comportamento espectral dos alvos. Essa variabilidade dificultou a identificação dos alvos. Citam que as técnicas adotadas neste mapeamento, em relação a custo, tempo e operacionalidade podem servir de forma bastante ampla, tanto para o município de Gramado quanto para as mais diversas esferas públicas, podendo servir como base não somente para projetos relacionados à Mata Atlântica, como também para planejamento de uso da terra, vetores de mudança nos padrões de utilização do espaço, gestão do território, entre outros.

Os trabalhos referentes a mapeamentos de remanescentes de Mata Atlântica feitos a partir de imagens orbitais de alta resolução espacial podem ser discutidos em Pinheiro (2003), Kux; Pinheiro (2005) que utilizam dados do satélite *Quickbird* em uma seção de Mata Atlântica no estado do Rio Grande do Sul. Segundo os autores, os resultados poderiam ser melhores se houvesse disponibilidade de um Modelo Digital de Terreno mais detalhado para toda a área estudada. As técnicas de fusão entre as bandas PAN e MS do *Quickbird* contribuíram fortemente para a criação de composições coloridas e para a identificação de alvos na superfície terrestre. A banda do infravermelho próximo apresentou-se muito adequada para o mapeamento da cobertura vegetal.

Ponzoni (2002) aborda os princípios que fundamentam os estudos da vegetação, através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto.

Adicionalmente apresentou um exemplo de mapeamento da vegetação no domínio da Mata Atlântica.

Oliveira; Rodrigues (2007) confeccionaram o mapa geomorfológico da região oeste de Minas Gerais, identificando e definindo os diferentes padrões de organização do relevo. Neste sentido, buscou-se aplicar a metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por Ross (1992,1994) utilizando-se de ferramentas de cartografia assistida por computador. Segundo os autores, a identificação dos diferentes padrões de organização do relevo através do mapa geomorfológico assume grande importância, pois permite identificar áreas que são naturalmente vulneráveis a ação antrópica. Dessa forma, esse trabalho também atua como instrumento para o planejamento ambiental, fornecendo a administração pública municipal e à sociedade em geral um importante documento de compreensão da geomorfologia local.

Costa; Polivanov; Alves (2008) realizaram o mapeamento geológico-geotécnico preliminar na escala de 1:100.000, utilizando técnicas de geoprocessamento, no município de Campos dos Goytacazes/RJ. A metodologia utilizada baseou-se em aquisição de banco de dados, uso de técnicas de sensoriamento remoto, levantamento de campo e aplicação do SIG ArcGis9. O mapa preliminar de unidades geológico-geotécnicas foi gerado a partir do cruzamento dos mapas de pedologia, geomorfologia e geologia.

Simon; Cunha (2008) fizeram, a partir da cartografia geomorfológica e da interpretação de fotografias aéreas uma análise temporal das alterações geomorfológicas derivadas da intervenção de atividades antrópicas (urbanas e rurais) na bacia do Arroio Santa Bárbara/RS durante 41 anos (1965-1995). Discorrem que a evolução das atividades antrópicas durante o período analisado, ocasionou alterações significativas sobre a morfohidrografia, por meio do desenvolvimento de estruturas socioeconômicas que propiciaram a ocupação do espaço e a apropriação dos recursos naturais, sob diferentes aspectos e magnitudes. Por estar em contato direto com as ações humanas, a morfologia original passou por transformações estruturais que possivelmente contribuíram para modificações na sua dinâmica. Os mapeamentos geomorfológicos de detalhe, ressaltando a morfografia, além das representações cartográficas elaboradas com o auxílio das imagens de satélite obtidas no Google Earth e dos trabalhos de campo contribuíram de forma satisfatória para que pudessem ser atestadas as alterações

geomorfológicas derivadas de um contexto temporal de ocupação espacial, e que, acredita-se, tenham atuado de maneira significativa na transformação dos processos locais. As alterações ocorridas na bacia e as registradas nos mapeamentos discriminam a evolução de formas de origem antrópica que ajustaram as condições morfológicas originais aos mecanismos de controle, dando respaldo para a análise dos processos derivados desta transformação.

Wiegand et al. (2009) utilizam o SIG na avaliação da fragilidade potencial da bacia experimental de Aiuaba/CE utilizando o modelo de fragilidade potencial natural com apoio em classes de declividade desenvolvido por ROSS (1994). O mapa de fragilidade foi confeccionado a partir de um banco de dados de solos do Projeto RADAMBRASIL, de dados SRTM e do *software ArcGis Esri*. Verificou-se que 96% da área total possui grau de fragilidade potencial variando de muito fraco a médio, sendo as classes muito fraca e fraca as mais representativas, ocupando respectivamente 32,0% e 33,6% da área de estudo. Concluem descrevendo que a utilização de ferramentas de geoprocessamento contribui de maneira relevante no tratamento de estudos ambientais, mostrando eficiência e agilidade nas aplicações de metodologias com enfoque espacial. Os resultados obtidos mostraram a eficácia do SIG na análise empírica da fragilidade potencial.

Medeiros; Petta; Duarte (2005) utilizaram um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que permitisse mapear aspectos do meio físico do município de Parnamirim/RN, gerando mapas temáticos relacionados aos recursos hídricos, vegetação, geologia, geomorfologia e solos, a partir dos quais se pode criar o mapa de vulnerabilidade à ocupação humana. Verificou-se que mais de 10% da área do município possui vulnerabilidade alta ou muito alta à ocupação humana, sendo estas áreas compostas principalmente por vegetação nativa inserida nas dunas móveis e nas planícies fluviais. O objetivo do mapa de vulnerabilidade é o de contribuir para o planejamento de uma ocupação ordenada das áreas com ocupação rarefeita, buscando assim minimizar o impacto desta ocupação no meio ambiente. Apesar dessas fragilidades ambientais pode-se observar nos trabalhos de campo um contínuo crescimento urbano nesta área litorânea do município, provocando desta forma a degradação do meio ambiente.

Kawakubo et al. (2005) utilizam o geoprocessamento para uma caracterização empírica da fragilidade ambiental em uma bacia hidrográfica localizada no município de Atibaia/SP. Para tal, utilizaram o método proposto por

Ross (1994). Cinco classes de fragilidade variando de Muito Fraca (1) a Muito Forte (5) foram estabelecidas. Para as variáveis declividade e solo, a fragilidade é maior com o aumento do código. Para a variável uso e cobertura vegetal os códigos mais altos expressam os menores graus de proteção. Os resultados mostraram a eficácia dos sistemas computacionais na análise empírica da fragilidade ambiental. A aplicação correta dos modelos de grade que envolvem a Modelagem Numérica do Terreno e do tipo de álgebra de mapas são importantes para explorar com maior eficiência os dados disponíveis.

Cunha; Pinton (2009) apresentam técnicas para a construção de um documento cartográfico que espacializa as restrições legais ao uso da terra, assim como avalia se o uso atual da terra da bacia do Córrego Cavalheiro (Analândia/SP) está condizente com as restrições colocadas pela legislação ambiental vigente. Foi possível verificar que os dispositivos legais que impõem restrições ao uso e ocupação da terra na bacia do Córrego do Cavalheiro, de um modo geral, se encontram infringidos pelo atual uso da terra praticado nesta bacia, salvo alguns trechos condizentes com as APP, ao longo de cursos d'água com menos de dez metros de largura, localizados nos setores centro-sul e leste, os quais se encontram cobertos pela mata, de acordo com a distância designada no referido parâmetro legal.

Maia; Valeriano (2001) apresentam uma metodologia para verificar a aplicabilidade de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (exceto para o critério "Topo de morros, cristas e montanhas") e de Áreas de Uso Restrito, conforme o Código Florestal e para a detecção de áreas em transgressão ao referido código no município de Piquete/SP. Os resultados demonstraram que métodos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica permitem o mapeamento de áreas de proteção permanente e uso restrito de acordo com o Código Florestal e a detecção de transgressões na cobertura da terra.

Costa; Souza; Brites (1996) objetivaram utilizar um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para delimitação das Áreas de Preservação Permanente, bem como a caracterização das mesmas com relação ao uso da terra, no município Viçosa/MG. Para tal, foram delimitadas e quantificadas quatro categorias de áreas de preservação permanente na área em estudo: margens de cursos d'água (App 1, representando 43,32% da App total); ao redor de nascentes (App 2, com 2,46%);

topo de morros (App 3, com 1,50%); e linhas de cumeadas (App 5, com 52,72%). A categoria de áreas de preservação permanente com declive superior a 45° (App 4), não foi detectada, possivelmente pela resolução adotada, pois as áreas nesta faixa de declive eram raras e restritas a pequenos trechos. O total das áreas de preservação permanente correspondeu a 34,93% da área total, que é de 185,31 ha. Verificou-se ainda que 50,54% das áreas de preservação permanente encontram-se com o uso indevido, ou seja, com pastagens e culturas agrícolas.

Ribeiro et al. (2005) demonstram a viabilidade técnica de se fazer cumprir plenamente o Código Florestal brasileiro, no que se refere à delimitação de áreas de preservação permanente, em uma bacia hidrográfica com topografia acidentada a partir da modelagem numérica do relevo e implementada em um sistema de informações geográficas. O processo é todo automatizado e alicerça-se em um conceito relativamente novo de modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes, tendo como vantagens a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados obtidos, além da economia óbvia de tempo e mão-de-obra. A partir da disponibilização gratuita pela NASA dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) para todo o continente americano, os resultados indicaram claramente que a aplicação da Lei Florestal no Brasil passa a ser tão-somente uma vontade política.

Rodríguez (2005) trabalha com o sensoriamento remoto e geoprocessamento à luz da legislação ambiental do município de São Sebastião/SP. A partir das imagens orbitais gerou um mapa temático de uso e cobertura do solo, e da imagem de radar gerou as isolinhas e a carta de declividade. Estes produtos foram integrados e/ou cruzados juntamente com as variáveis ambientais de geologia, geomorfologia, geotecnia e solos resultando no Mapa de Aptidão Física ao Assentamento Urbano. Este último foi integrado com o Mapa de Legislação Ambiental que contém as Áreas de Preservação Permanente para gerar finalmente o Mapa de Incompatibilidade ao Uso.

Alves (2001) faz uma avaliação da dinâmica ambiental da região costeira adjacente à foz do rio Piranhas-Açu/RN (Litoral Setentrional) no período entre 1989 e 1998, por meio de monitoramento geoambiental, utilizando imagens digitais do satélite Landsat 5-TM e técnicas de processamento digital de imagens. Para alcançar os objetivos, pretendeu-se a confecção de cartas temáticas multitemporais comparativas sobre a morfologia costeira e geração de imagens para caracterização da vegetação, solos e geologia da área, combinadas à base geológica obtida em

levantamentos episódicos de campo, como base para elaboração futura de modelos geoambientais. Conclui que a metodologia adotada mostrou-se eficiente na geração de mapas multitemporais da morfologia costeira, e na geração de produtos imagem.

Com um trabalho semelhante Araújo (2006), utilizou o sensoriamento remoto associado às técnicas de processamento digital de imagens e geoprocessamento, para caracterizar os recursos naturais e as formas de uso e ocupação, associadas à avaliação da dinâmica ambiental da região costeira adjacente à foz do rio Apodi nas últimas quatro décadas, possibilitando identificar e avaliar temporalmente áreas de risco e impactos ambientais decorrentes dos processos de ocupação, sobretudo das atividades industriais de exploração (sal, carcinicultura, petróleo e gás). Da mesma forma que o trabalho anterior, ressalta que os objetivos foram cumpridos.

O uso dos dados gerados a partir do projeto SRTM – *Shuttle Radar Topographic Mission* geraram e geram uma série de trabalhos com vistas à análise do meio ambiente, principalmente quando se trata de estudos geomorfológicos, tanto de áreas costeiras, quanto de áreas continentais. Um dos trabalhos gerados a partir desses dados é o de Crepani; Medeiros (2004) os quais produziram uma pesquisa que tem por objetivo analisar os dados SRTM no *software Spring* para auxiliar na fotointerpretação de informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas.

Silva; Amaro (2008) avaliaram a integração de dados topográficos providos pelo projeto SRTM – *Shuttle Radar Topographic Mission* com imagens ópticas dos satélites LANDSAT 7 ETM+ e CBERS 2-CCD no Litoral Setentrional do estado do Rio Grande do Norte, entre os municípios de Porto do Mangue, Macau e Guamaré. Os autores descreveram a integração desses dados, para gerar produtos que realcem a geomorfologia e os elementos morfotectônicos da área em questão, permitindo uma melhor caracterização geoambiental. Composições coloridas e técnicas de realce de contraste foram aplicadas nas imagens LANDSAT e CBERS. Com base nos produtos obtidos pela integração de dados, foi possível reconhecer as principais feições geomorfológicas que caracterizam a área de estudo, além de permitir a importante correlação entre os lineamentos topográficos, o sistema de drenagens e os elementos da tectônica recente na região. Concluem afirmando que, a compreensão sobre a evolução morfodinâmica da zona costeira no tempo, e todos os fatores (tectônicos, hidrodinâmicos e antrópicos) que influenciam na sua morfologia, é importante para que áreas industriais não sejam instaladas em locais

inadequados, prevenindo comportamentos futuros de determinadas feições do terreno diante do quadro de risco ambiental de derramamento de óleo, decorrente da intensa dinâmica costeira da região. Por fim, a utilização de dados de elevação provenientes de sensores radar (SRTM), combinados com imagens de sensores ópticos, demonstra ser uma excelente ferramenta para a caracterização de ambientes costeiros de alta sensibilidade ambiental, geológica e geomorfológica.

Outra análise do ambiente costeiro e marinho realizada a partir de produtos de sensoriamento remoto em um trecho do Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte (região de São Bento do Norte) foi feita por Tabosa; Amaro; Vital (2006). Os autores procuraram empregar um conjunto de imagens Landsat 7-ETM+ com intuito de caracterizar a plataforma interna e em alguns casos extrapoladas para zona costeira, de modo a determinar a dinâmica marinha e sua influência na zona litorânea, e assim subsidiar a elaboração de planos de gestão ambiental mais adequados à região.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

3.1 Aspectos Físicos

3.1.1 Aspectos Geológicos

A estruturação geológica regional da área em estudo caracteriza-se por possuir rochas de origem sedimentar do Cenozóico (Neógeno e Quaternário) sobrepostas a rochas Cretáceas, recobrando discordantemente formações cristalinas do Pré-Cambriano Superior (Proterozóico). Mabeoone; Alheiros (1993) descrevem que essa área está inserida na Bacia Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte, estando subdividida por falhamentos em oito sub-bacias (Lajes, Touros, Natal, Canguaretama, Miriri, Alhandra, Olinda e Cabo).

Segundo Barreto et al. (2004) a geologia da área em estudo é constituída por um embasamento cristalino pré-cambriano, por rochas sedimentares cretáceas das bacias sedimentares Potiguar e Pernambuco-Paraíba e por depósitos terrígenos miocênicos a pliocênicos da Formação Barreiras. Complementam relatando que, recobrando essas unidades, ocorrem os depósitos marinhos, praias, eólicos e

aluviais do Quaternário. Barreto et al. (2002) afirmam que a área em estudo é abrangida por duas bacias sedimentares de idade Cretácea, denominadas Bacia Potiguar e Bacia Pernambuco-Paraíba.

Na área em estudo, as rochas do embasamento pré-cambriano (gnaiesses e migmatitos) são capeadas por rochas sedimentares mesozóicas da Bacia Potiguar, representadas pelas formações Açú e Jandaíra, coberturas continentais da Formação Barreiras e coberturas costeiras neogênicas, formadas por depósitos eólicos e aluvionares quaternários. (NOGUEIRA; BEZERRA; CASTRO, 2006).

A caracterização geológica neste trabalho será feita considerando somente as rochas aflorantes, de origem Cenozóica datadas do Neógeno e Quaternário, principalmente após o médio Mioceno para o Plioceno.

Para análise geológica da área em estudo, foi tomado como referência principal o trabalho de Angelim et al. (2007) em escala de 1:500.000, mas refinado a partir de interpretação das fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico SETUR/SIN/IDEMA de 2006, em escala de 1:25.000. Para tanto, pode-se indicar que, na área existe a predominância de rochas da Formação (Grupo) Barreiras, representantes dos sedimentos Neógenos e Quaternários. Os Depósitos Aluvionares, Depósitos Colúvio-Eluviais, Depósitos de Mangues, Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas, Depósitos Flúvio-Lacustrinos, Depósitos Flúvio-Marinhos, Depósitos Litorâneos de Praia de Dunas Móveis e Recifes Praiais, são os representantes dos sedimentos Quaternários (Pleistoceno, Holoceno). (Ver tabela 4 e figura 4). Em função da escala final de representação dos mapas e da dimensão, os recifes praias foram suprimidos.

Tabela 4 – Resumo quantitativo das unidades geológicas presentes na área de estudo.

Unidades Geológicas Mapeadas na Área de Estudo	Nomenclatura no Mapa	Área Total (km²)	% da Área Total
Formação Barreiras	Nb	337,93	31,55
Depósitos Colúvio-Eluviais	NQce	313,43	29,26
Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas	Qpd	178,27	16,64
Depósitos Aluvionares	Qa	92,22	8,61
Depósitos Flúvio-Marinhos	Qfm	59,39	5,55
Corpos D'água	-	46,68	4,36
Depósitos Flúvio-Lacustrinos	Qflc	22,14	2,07
Depósitos Litorâneos de Praia de Dunas Móveis	Qd	20,39	1,9
Depósitos de Mangues	Qm	0,63	0,06
Total		1.071,08	100

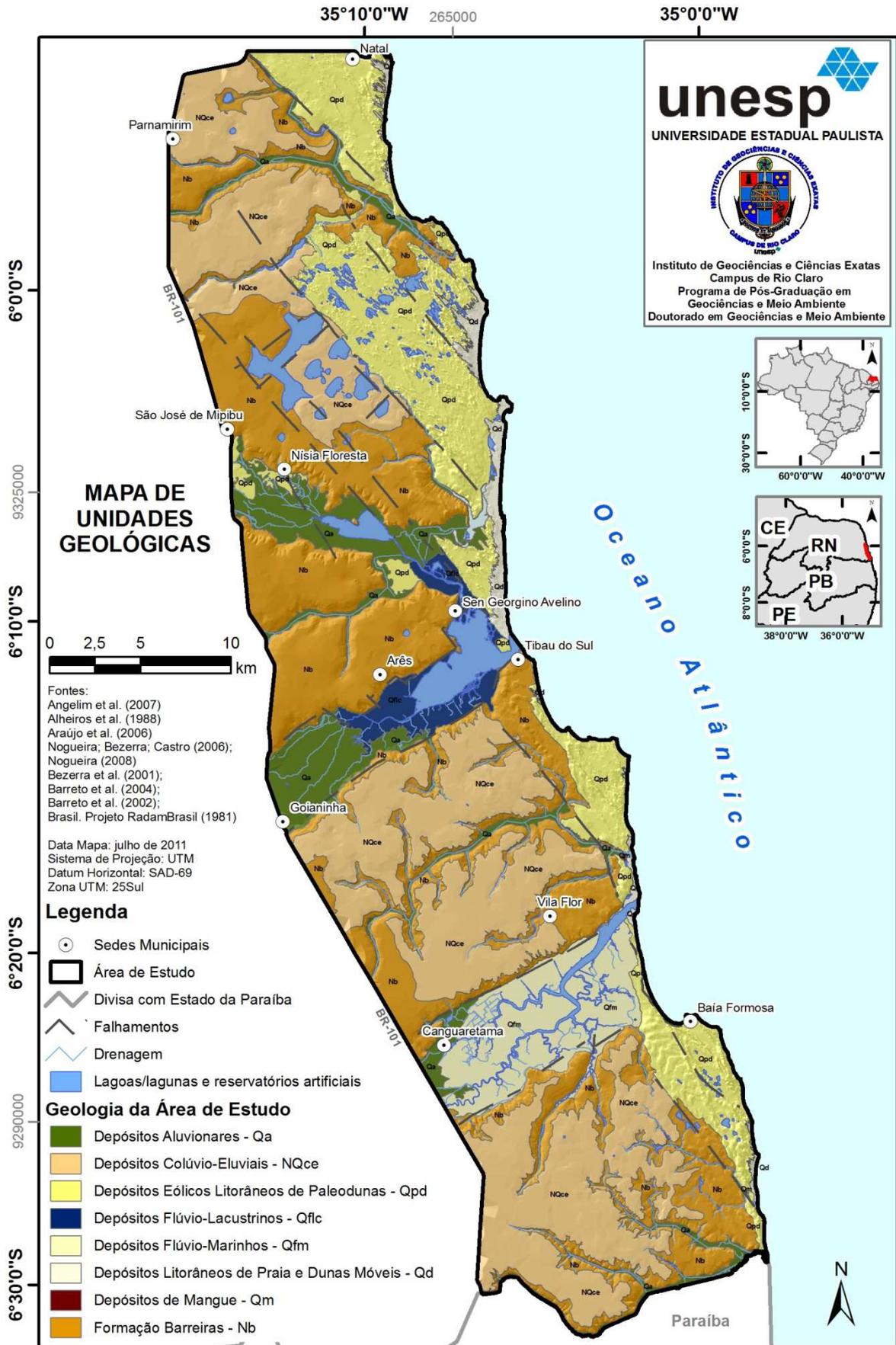


Figura 4 – Mapa de unidades geológicas da área em estudo.

- *Formação Barreiras (Nb)*

Ocupa 337,93 km² ou 31,55% da área em estudo. Surge ao longo da costa brasileira, desde o Estado do Rio de Janeiro até a baixada amazônica (MABESOONE, 1966). De acordo com Angelim et al. (2007) ocorrem ao longo de uma faixa próxima ao litoral potiguar em forma de tabuleiros, por vezes constituindo falésias litorâneas. (Figura 5). Segundo Mabesoone; Campos e Silva; Beurlen (1972), o Barreiras (como Grupo) compreende três Formações: Formação Serra do Martins, Formação Guararapes e Formação Macaíba, que foram depositadas em épocas cenozóicas, como consequência da formação do relevo, dos movimentos tectônicos de abaulamento e falhamento, e dos diferentes paleoclimas da região.

O Barreiras apresenta sedimentos areno-argilosos, afossilíferos, que ocorrem formando tabuleiros ao longo do litoral, apresentando suaves inclinações em direção ao mar e diferenciação de isópacas com pacotes de camadas do Barreiras mais espessos nas faixas costeiras de Baía Formosa, Nísia Floresta e Parnamirim. É neste trecho que a Formação Barreiras apresenta as maiores espessuras encontradas, incluindo regiões de litoral onde ocorrem falésias de grande extensão e altitude. (BARBOSA et al., 2007). Sua formação tem profunda relação com eventos tectônicos compartimentando-o em diferenciados blocos estruturais.



Fonte: O autor. Foto obtida em 24/11/2009, a partir de sobrevôo aéreo.
 Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°22'26,3" S e 34°59'25,3" O.
 Altitude do local de obtenção da foto: 46,3 metros.

Figura 5 – Afloramento, na área de estudo, de rochas oriundas da Formação Barreiras com recobrimento de sedimentos arenosos quaternários. Município de Tibau do Sul/RN.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em 12/07/2011 e 10/10/2010 em trabalhos de campo.
 Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: 6°29' 08,1"S e 34°59'54,7"O / 6°16'06,9"S e 35°11'30,7"O.
 Altitudes dos locais de obtenção das fotos: 21,3 metros / 56,2 metros.

Figura 6 – Seções aflorantes, na área de estudo, de rochas oriundas da Formação Barreiras com presença de estratificações condicionadas por estágios distintos de paleo-deposições. Municípios de Baía Formosa e Goianinha/RN.

A origem do Barreiras é controversa. Muitos autores o consideram como de origem continental em um contexto paleo-fluvial, com deposição de sedimentos, como Araújo et al. (2006); Alheiros et al. (1988); Menezes et al. (1998); Vilas Boas; Sampaio; Pereira (2001); Mabesoone; Rolim (1973-1974); Campos e Silva (1969); Suguio; Nogueira (1999).

Suguio (2001); Suguio et al. (1985) afirmam que as flutuações de níveis relativos do mar e o transporte longitudinal de areia, associados com mudanças paleoclimáticas, controlam a construção das planícies da costa brasileira e que para sua formação podem ser identificados oito estágios: estágio 1 (deposição dos sedimentos continentais da Formação Barreiras); estágio 2 (Máximo da Transgressão Antiga); estágio 3 (deposição de sedimentos continentais pós-Barreiras); estágio 4 (Máximo da Penúltima Transgressão); estágio 5 (construção de terraços marinhos pleistocênicos); estágio 6 (Máximo da Última Transgressão); estágio 7 (construção de deltas intralagunares); estágio 8 (construção de terraços marinhos holocênicos).

Contudo, Arai (2006) indica que trabalhos recentes vêm mostrando evidências irrefutáveis de influência marinha, tanto de natureza paleontológica, como sedimentológica. Segundo o autor, a análise estratigráfica integrada permitiu relacionar a origem do Grupo Barreiras com a elevação eustática global que teve seu máximo na parte média do Mioceno, mais precisamente no intervalo do Burdigaliano ao Serravaliano (12 – 20 Ma). A sedimentação do Barreiras *lato sensu* sofreu uma interrupção no Tortoniano (início do Neomioceno), quando houve um rebaixamento eustático global que ocasionou um extenso evento erosivo nas áreas emersas e a formação de cunhas fortemente progradantes na porção submersa das bacias submersas (*offshore*). Com a retomada da subida eustática no Plioceno (Zancleano, 4 – 5 Ma), depositou-se o segundo ciclo (Barreiras Superior). A erosão e o retrabalhamento do Grupo Barreiras no Quaternário devem ter sido responsáveis, em parte, pela atual configuração da plataforma continental.

- *Depósitos Aluvionares (Qa)*

Ocupam 92,22 km² ou 8,61% da área em estudo. Ocorrem ao longo de estruturas que foram condicionadas a movimentos tectônicos, com presença nos vales de fundo chato dos mananciais fluviais da área e na porção montante dos sistemas estuarinos Nísia-Guaráiras.

São constituídos por sedimentos arenosos e argilo-arenosos, com níveis irregulares de cascalhos, formando os depósitos de canal, de barras de canal e da planície de inundação dos cursos médios dos rios. Originam-se por processos de tração subaquosa, compreendendo fácies de canal e barras de canal fluvial. (ANGELIM et al., 2007). Segundo Melo (2000), esses depósitos são constituídos por areias predominantemente quartzosas, de coloração branco-acinzentada, cuja granulometria varia desde grãos finos a grossos, característicos dos ambientes fluviais da região.

- *Depósitos Colúvio-eluviais (NQce)*

É a segunda formação, em área ocupada com 313,43 km² ou 29,26% da área em estudo. Ocorrem em feições topograficamente mais aplainadas e elevadas no interior da área, estando associados a dunas arrasadas ou em platôs de zonas de tabuleiros. São áreas-fonte de sedimentos que são transportados por gravidade aos sistemas flúvio-lacustres, com limites condicionados a sistemas tectônicos regionais.

De acordo com Angelim et al. (2007) são sedimentos arenosos e areno-argilosos esbranquiçados e avermelhados com areias eólicas retrabalhadas. (Figura 7). São originados por processos viscosos do tipo fluxo de detritos, constituindo fácies de leques aluviais e enxurradas. Em alguns trabalhos como Bezerra et al. (2001); Barreto et al. (2004); Barreto et al. (2002); Mabeoone; Rolim (1973/74); Vieira; De Ros (2006), pode ser classificado como Barreiras (no caso de Barreto et al. (2004), como Pré-Quaternário) ou como Depósitos Aluviais, conforme Nogueira; Bezerra; Castro (2006); Nogueira (2008).



Fonte: O autor. Fotos (para panorâmica) obtidas em 10/10/2010 em trabalho de campo. Coordenadas do local de obtenção das fotos: 6°16'39,7"S e 35°10'46,5"O. Altitudes do local de obtenção das fotos: 70,9 metros.

Figura 7 – Representação dos depósitos colúvio-eluviais, na área de estudo. Na grande maioria desta formação estão assentados os canaviais da atividade sucroalcooleira. Município de Goianinha/RN.

- Depósitos de Mangue (Qm)

Ocupam 0,63 km² ou 0,06% da área em estudo. Para Angelim et al. (2007) os depósitos de mangues encontrados ao longo da faixa litorânea, são constituídos por lamias arenosas plásticas, não adensadas e bioturbadas, contendo restos de vegetais em decomposição, recobertos por vegetação arbustiva característica. Segundo os autores são originados por processos de tração/suspensão subaquosa, pela ação das marés, representando fácies de intermaré/submaré rasa.

Estão associados aos estuários dos rios Guaju, Catu, Trairi, e Pirangi e aos riachos Calvaçu e Taboquinha. Bezerra; Barreto; Suguio (2003); Bezerra et al. (2001); Barreto et al. (2002); Barreto et al. (2004); Nogueira; Bezerra; Castro (2006) classificam estes ambientes como sendo de depósitos/sedimentos aluviais. Na verdade, os autores citados classificam também os depósitos flúvio-lacustrinos e os depósitos flúvio-marinhos como sendo depósitos/sedimentos aluviais. O desenvolvimento dos depósitos de mangues está ligado à influência de marés,

correntes e aporte fluvial de sedimentos [...] com deposição de lama rica em matéria orgânica acrescida de sedimentos de granulometria arenosa. (GARLIPP, 2006).

- *Depósitos Flúvio-Lacustrinos (Q_{flc})*

Perfazem a terceira menor área entre as formações geológicas na área de estudo, ocupando 22,14 km² ou 2,07%. Ocorrem somente no estuário (laguna) denominado Nísia Floresta-Papeba-Guaraíras, porção central da área em estudo. Segundo Angelim et al. (2007) são constituídos por depósitos de barra de pontal, originários do regime meandrante dos rios, formados de areia fina a média intercalada com pelitos; depósitos de transbordamento, constituídos por planície de inundação, ocasionada pelas cheias, com grande aporte de material siltíco-argiloso e depósitos lacustres, com deposição sob baixa energia, resultando em fácies mais argilosas. Associados aos sedimentos de fundo de lagoas são encontrados os depósitos de diatomita e argilas brancas.

Melo (2000) faz referência a essa área, descrevendo que os depósitos lagunares correlatos exprimem características texturais essencialmente microclásticas, de águas pouco profundas e com correntes relativamente fracas. Ainda diz que as análises sedimentológicas realizadas na pesquisa, refletem uma distribuição de sedimentos relacionada à interação dos processos fluviais e marinhos.

- *Depósitos Flúvio-Marinhos (Q_{fm})*

Compreendem 59,39 km² ou 5,55% da área em estudo. Assim como nos Depósitos Flúvio-Lacustrinos, ocorrem limitados a um estuário, sendo representado pelo estuário do rio Curimataú no trecho médio-sul da área em estudo. Oliveira (2003) destaca que esta denominação é dada pelo acúmulo de sedimentação de origem fluvial e marinha [...] onde por dinâmicas quaternárias recentes, ocorrem processos alternados de acúmulo de sedimentos de origem areno-argilosa.

Formam as ilhas nos baixos cursos das principais drenagens e os terraços das margens das baías, sofrendo influência dos rios e das marés. São constituídos de areias finas, esbranquiçadas, quartzosas e texturalmente maduras. Esses depósitos são originados por processos de tração subaquosa, caracterizada pela migração de dunas de acresção lateral, constituindo fácies de canal e barras de canal. (ANGELIM et al., 2007).

Recobrem sedimentos da sub-bacia Canguaretama (figura 8), conforme Mabesoone; Alheiros (1993), podendo variar sua distribuição geográfica e composição sedimentar a partir dos condicionantes geoambientais encontrados na área. Segundo Garlipp (2006) as características texturais dos sedimentos do estuário do rio Curimataú são muito variáveis, em função de sua localização no estuário e da época do ano. Como reforço, Souza (2004) afirma que, as unidades identificadas na calha do estuário se distinguiram através das diferentes formas de interação, das ondas, marés e ação fluvial na composição sedimentar.



Fonte: O autor. Foto obtida em 24/11/2009 a partir de sobrevôo aéreo e em 10/10/2010 em trabalho de campo. Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°19'27,3" S e 35°02'40,1" O / 6°19'23,7" S e 35°03'08,7" O.

Figura 8 – Depósitos flúvio-marinhos associados ao estuário do rio Curimataú nos Municípios de Baía Formosa e Canguaretama/RN. Nessas áreas, geralmente os mangues ficam assentados sobre esses sedimentos.

- Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas (Qpd)

É a terceira formação em área ocupada na área em estudo, com 178,27 km² ou 16,64% da área total. Ocorre predominantemente a leste da área de estudo, com direção predominante NO-SE, sendo o sedimento de transição entre os anteriormente citados e os Depósitos Litorâneos de Praia e Dunas Móveis. É um ambiente que sofre grande descaracterização geológica ocorrida pela ocupação das cidades e atividades agrícolas. No município de Nísia Floresta, o cordão dunar chega a adentrar 10 km no continente no sentido O-L e 17 km na direção NO-SE, ocupando extensas áreas. De acordo com Angelim et al. (2007) originam-se por processos eólicos de tração, saltação e suspensão subaérea, representando as fácies de dunas e interdunas de planície costeira. São constituídos por areias esbranquiçadas, de granulação fina a média, bem selecionadas, maduras, com estruturas de *grain fall* e estratificações cruzadas de baixo ângulo. São constituídas

predominantemente por quartzo, em forma de areias quartzosas, bem selecionadas e com grãos arredondados, recobrimdo parte da Formação Barreiras e sendo recobertos pelas areias de dunas móveis e pelos aluviões dos principais rios. (BRASIL. PROJETO RADAMBRASIL, 1981). (Figura 9).

Barreto et al. (2004), classificam estes sedimentos como dunas inativas, subdividindo-os em três domínios: dunas inativas com formas nítidas (DIn), dunas inativas com formas tênues (DIt) e lençóis de areia (LA). Segundo os autores, o domínio de dunas inativas com formas nítidas (DIn) apresenta idades de 6.000 anos a poucas dezenas ou centenas de anos. O domínio de dunas inativas com formas tênues (DIt) apresentam idades muito variáveis, desde 89.000 anos até o Recente (Holoceno). O domínio dos lençóis de areia (LA) reúne idades desde 390.000 até 5.700 anos. A sua formação ocorreu em função da acumulação de areias vindas tanto das praias, quanto das planícies costeiras ou aluviais expostas, tendo como rocha-fonte a Formação Barreiras, em períodos de nível do mar muito mais baixo que o atual.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em 24/11/2009 a partir de sobrevôo aéreo.

Coordenadas do local de obtenção das fotos: 6°15'10,7" S e 35°02'09,9" O / 5°54'06,1" S e 35°10'36,5" O (aprox.).

Altitudes do local de obtenção das fotos: 98,8 metros.

Figura 9 – Depósitos eólicos litorâneos de paleodunas nos Municípios de Tibau do Sul (praia de Pipa) e Parnamirim/RN (Barreira do Inferno). Podem-se observar as diferentes ocupações sobre esses sedimentos, com início de ocupação na praia de Pipa e preservação pela FAB na área conhecida como Barreira do Inferno.

- Depósitos Litorâneos de Praia e Dunas Móveis (Qd)

Muehe (1995) considera que as dunas costeiras se formam em locais em que a velocidade do vento e a disponibilidade de areias de praia de granulometria fina são adequadas para o transporte eólico, fato este, comum a área em estudo. Estes

depósitos ocupam uma área de 20,39 km² ou 1,9%, caracterizando-se por serem os sedimentos mais recentes, sendo de origem holocênica, e que passam por contínuo retrabalhamento eólico na extremidade leste da área em estudo. É a região de contato com o Oceano Atlântico estando paralela a linha de costa, em uma estreita faixa dunar e de praia. (Figura 10). Silva et al. (2004), classificam estas como dunas migratórias, onde não existe o efeito de fixação ocasionado pela vegetação.

Estes depósitos são classificados a partir de diferentes critérios. Silva (2002) faz um levantamento da divisão e classificação dadas por diversos autores, expostas a seguir: Costa (1971) as classifica como dunas atuais. Nogueira (1981a, 1981b, 1982); Andrade (1968); Nogueira et al. (1984); Nazaré Júnior (1993) e Duarte (1995) classificam estes sedimentos como dunas móveis ou recentes. Costa; Perrin (1981) classificam como dunas mais delgadas. Vilaça et al. (1985), como depósitos dunares recentes.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em 24/11/2009 a partir de sobrevôo aéreo e em 14/06/2009 em trabalho de campo.

Figura 10 – Depósitos litorâneos de praia e dunas móveis nos Municípios de Sen. Georgino Avelino (praia de Malembá) e Nísia Floresta (praia de Búzios). Da mesma forma, podem-se observar as diferentes ocupações sobre esses sedimentos, com ausência de ocupação humana na praia de Malembá e intensa ocupação por casas de veraneio, na praia de Búzios.

Barreto et al. (2004) classificam estes depósitos como dunas ativas (DA) com deposição tanto durante estágios glaciais como interglaciais, relacionados a níveis de mar baixos e altos respectivamente. Brasil, Projeto RadamBrasil (1981) mostra

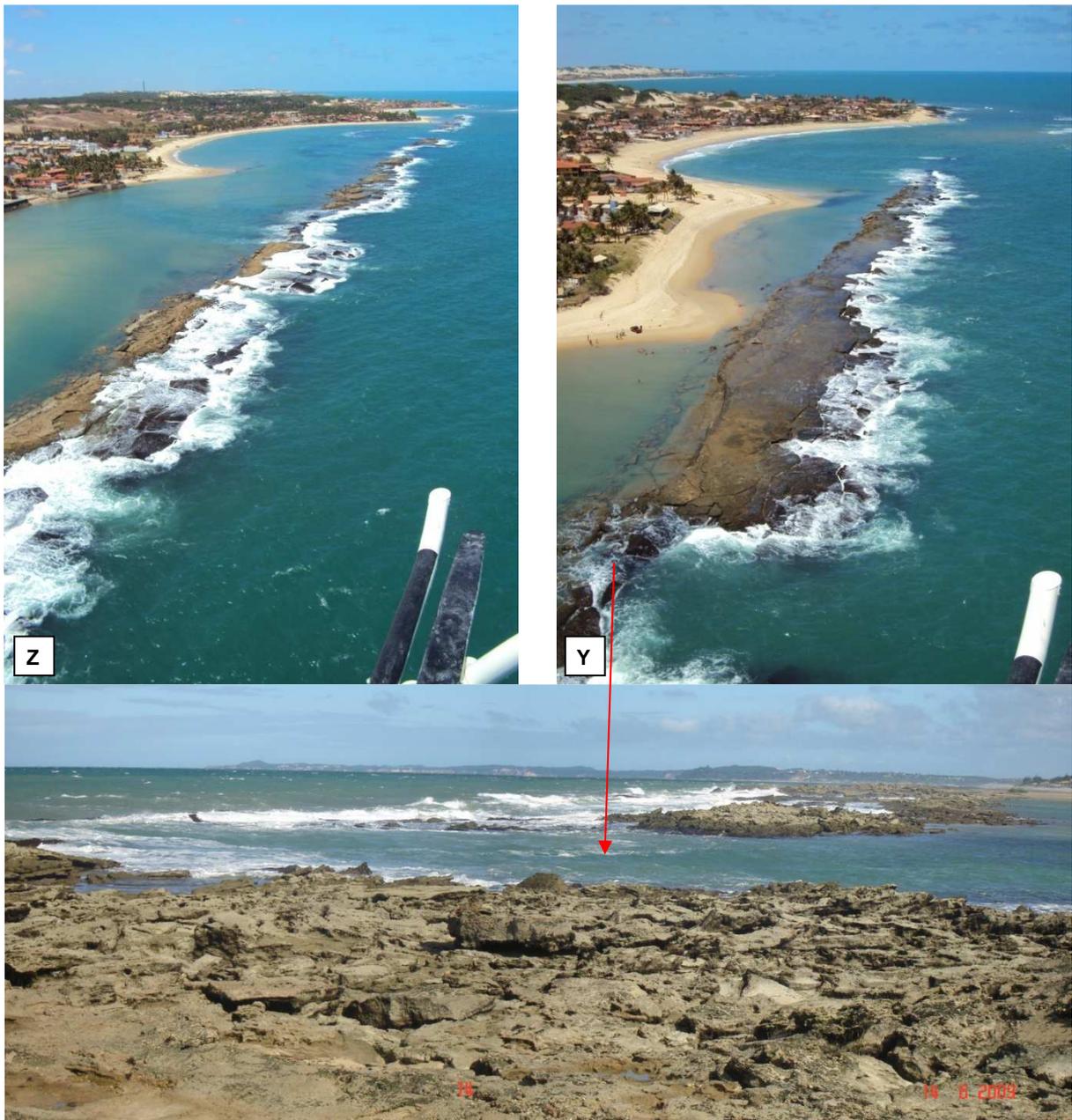
que esses depósitos estão intimamente relacionados com o desenvolvimento do litoral atual, formando extensos cordões paralelos à praia, constituindo verdadeiros cinturões móveis quaternários. Recobrem tanto as litologias do Grupo Barreiras, quanto as paleodunas. Silva (2002) classifica estas como campo de dunas ativas (DA) e corredores de ventos (*blowouts* – BW). Campos e Silva (1966) classificam estas como dunas mais recentes de areias brancas até amareladas, geralmente vivas. Angelim et al. (2007) descrevem que as dunas móveis são constituídas por areias esbranquiçadas de granulometria fina a média, bem selecionadas, com grãos arredondados. Já os depósitos de praia apresentam areias quartzosas de granulação fina a grossa, quartzosas e bem selecionadas, sendo originados por processos de tração subaquosa, sob influência de marés em planície costeira suavemente inclinada, correspondendo a fácies de intermaré.

- *Recifes Praiais (Beach Rocks)*

São sedimentos holocênicos, ocorrendo paralelos às linhas de costa, na extremidade leste da área de estudo, de forma descontínua, com direção N-S (figura 11) e sendo formados a partir de processos diagenéticos, gerados por alterações do nível do mar em períodos paleoglaciais. Alguns afloram nos ciclos das baixas marés, sendo submergidos pelas águas do Oceano Atlântico. Tal unidade é usualmente formada na zona intermaré, embora possa desenvolver-se também em zona sublitorânea. (NOGUEIRA, 2008). Mabesoone; Rolim (1973/74) descrevem que são compostos por areia praial consolidada em arenito ou rocha de praia (*beach rock*), tendo sua cimentação a partir da água doce subterrânea, supersaturada com carbonatos de cálcio, os quais se precipitam ao aparecer na praia em contato com a água do mar. Ferreira Júnior (2005) descreve estes como arenitos de praia, classificando-os como sedimentos litificados na zona intermaré e cimentados por carbonato de cálcio, estando dispostos paralelamente a linha de costa, apresentando uma forma alongada e estreita.

Barreto et al. (2004) mostram que estes corpos parecem estar associados ao momento de desaceleração da subida do NRM. Também estabelecem datações para esses sedimentos, mostrando que estas podem ser reunidas em dois grupos. O primeiro é exemplificado pelas rochas praias das praias de Guaraíra e Barra de Cunhaú, ambas com cerca de 3 km de extensão, cujas idades variam entre 5.600 e 7.400 anos cal AP. O outro grupo apresenta idades entre 4.380 e 5.310 anos cal

AP., como as rochas praias da Praia de Barreta, também com mais de 3 km de extensão.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em 24/11/2009 a partir de sobrevôo aéreo e em 14/06/2009 em trabalho de campo
 Coordenadas dos locais de obtenção da foto "Z": 6°04' 58" S e 35°05' 53,5" O / foto "Y" 6°04' 18,7" S e 35°05' 50,4" O
 Altitude do local de obtenção das fotos: 67,7 metros e 55,6 metros.

Figura 11 – Recifes praias (*beach rocks*) no Município Nísia Floresta (praia de Camurupim).

3.1.2 Aspectos Pedológicos

A classificação pedológica da área de estudo tomou como referência básica os trabalhos de DNPEA/SUDENE (1971); Brasil. Projeto RadamBrasil (1981); Nunes et al. (1988); Nunes (1996); IBGE (2007) e EMBRAPA (2006). Considerando que os solos são gerados a partir da interação de processos pedogenéticos com fatores ambientais e que se distinguem, ao longo do tempo, do material de origem, envolvendo outras variáveis como clima, organismos vivos, relevo e tempo (BIGARELLA; BECKER; PASSOS, 2007); (EMBRAPA, 2006), observa-se que, por analogia, os solos da área de estudo são resultantes da relação dos fatores acima expostos. Os mesmos são originários basicamente de litologias sedimentares que sofrem contínua influência de processos pedoclimáticos, sendo muitas vezes semelhantes quanto às suas propriedades físico-químicas, como: média a alta profundidade; constituição mineral com alto grau de quartzo, com tendência de pobreza de matéria orgânica, alto grau de dissecamento, com textura arenosa e conseqüente alto grau de porosidade e permeabilidade.

Em função da área em estudo estar submetida a históricos e ininterruptos sistemas de manejo de cana-de-açúcar, principalmente nos solos associados aos tabuleiros costeiros, pôde-se perceber, nos trabalhos de campo, que a estrutura original do solo está bastante alterada, principalmente em seus horizontes mais superficiais. Silva; Cabeda; Lima (2005) ao analisarem o efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Argissolo Amarelo de tabuleiro costeiro, observaram que os sistemas de manejo com cana-de-açúcar influenciaram as propriedades físicas do solo, resultando num aumento da densidade, com conseqüente redução do volume de mega e macroporos e aumento dos micro e criptoporos. Assim, alguns solons, nos horizontes A, E e B dos pontos amostrais analisados em seu trabalho, podem estar falseados por essas atividades.

A proposta metodológica aplicada no levantamento das unidades de mapeamento pedológico da área em estudo tomou como referência os trabalhos de França; Demattê (1993), Flores et al. (2007), Coll (1985), Sampaio (2007), Rossiter (2004), Anderson (1982) e Koffler (1993).

A execução metodológica do mapeamento foi baseada conjuntamente nos trabalhos de Coll (1985) e Sampaio (2007), que dividem o trabalho de cartografia de solos em cinco fases sequenciais, descritas no quadro 2 a seguir.

	Etapas de trabalho segundo Coll (1985)		Etapas de trabalho segundo Sampaio (2007)	
Fase	Nome	Objetivo	Nome	Descrição
I	<i>Pré-Cartográfica</i>	Busca de fontes de informação	<i>Reconhecimento e identificação</i>	Integração de observações dispersas numa apreciação global da paisagem
II	<i>Reconhecimento</i>	Conhecimento da área objeto de estudo	<i>Análise</i>	Exame de conjunto para dele separar os elementos constituintes e estabelecer as relações com o todo
III	<i>Fotointerpretação</i>	Identificação de limites em zonas homogêneas	<i>Dedução</i>	Objetivos não diretamente perceptíveis. Dependem de um raciocínio. Requer sólidos conhecimentos do meio e suas correlações com a foto-imagem
IV	<i>Verificação</i>	Controlar a validade das hipóteses realizadas	<i>Interpretação</i>	Após a individualização, segue-se a identificação e a descrição
V	<i>Cartográfica</i>	Elaboração do mapa de associações cartográficas de solos	<i>Classificação e idealização</i>	Ainda que condicionada pelo trabalho de campo esta fase pode ser considerada como parte final do trabalho de gabinete

Fonte: Coll (1985); Sampaio (2007).

Quadro 2 – Metodologia sequencial do trabalho em cartografia de solos.

O levantamento de solos foi feito a partir de interpretação das fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico SETUR/SIN/IDEMA de 2006, em escala de 1:25.000 (mapa básico). Apesar da escala das fotografias aéreas ser de 1:25.000 e o mapeamento de solos realizados nesse trabalho ser nessa escala, não se pretende, nesse mapeamento, fazer um levantamento pedológico semidetalhado em função da dimensão da área e também por não se tratar do objetivo deste trabalho. Dessas imagens, foram estabelecidas preliminarmente, as unidades homogêneas de mapeamento por correlação, considerando padrões ou chaves de interpretação distribuídas hierarquicamente no quadro 3.

	Padrão de interpretação	Características
a.	Morfologia do terreno	Curvas de nível com eqüidistância de cinco metros. Dinâmica da água, espessura do solo e diferenciação dos horizontes, cor do solo por aparecimento de microclimas.
b.	Material de origem	Recentes de origem Neógena e Quaternária. Possuem certa homogeneidade.
c.	Padrão e adensamento das drenagens superficiais	Dinâmica da água, divisores d'água, classificação das microbacias hidrográficas, dinâmica da maré.
d.	Classificação vegetal	Adensamento vegetal, classificação do porte e descrição taxonômica.
e.	Uso e ocupação do solo	Consideração de horizonte formado ou modificado pelo uso contínuo e prolongado do solo como as atividades sucroalcooleiras.
f.	Distribuição pluviométrica	Atuação sobre o material de origem. Pouca diferenciação climática, variando das extremidades sul e norte para o centro da área.

Fonte: O autor.

Quadro 3 – Padrões ou chaves de interpretação e características associadas utilizadas no trabalho.

Em seguida, foram correlacionados os elementos fotopedológicos descritos para avaliar sua significância em relação à natureza dos solos. (FRANÇA; DEMATTÊ, 1993). Posteriormente, foram feitas amostragens de campo com a observação, a partir de escavação em 35 pontos distribuídos geograficamente pelas unidades taxonômicas previamente classificadas. Assim, pelo menos cada unidade previamente levantada teve, no mínimo, 5 pontos amostrais ou com uma observação, a cada 30 ha. Tomando como referência o trabalho de Weber, Hasenack, Flores (2007), os limites das unidades de mapeamento foram topologicamente estruturados para constituir os polígonos de cada unidade de mapeamento de solos, os quais foram vinculados a um conjunto de atributos em tabelas de banco de dados e a eles associados.

Embora se saiba que a formação dos solos considera uma relação sistêmica de diversos fatores naturais, optou-se, nesse trabalho, por dar uma maior ênfase em sua classificação, a partir de características do relevo regional (solo-geomorfologia), uma vez que a área tem um embasamento geológico eminentemente sedimentar (Neógeno e Quaternário) e clima pouco diferenciado. Dessa forma, o fator geomorfológico se destaca, em função da homogeneidade dos demais fatores.

Segundo Koffler (1993), na caracterização de um solo, além da feição fisiográfica, são descritos o relevo e a declividade. Para a análise do relevo da área de estudo, foi gerada, a partir de curvas de nível, com equidistância de cinco metros, uma rede triangular irregular (*Triangulated Irregular Network – TIN*) para modelar a superfície topográfica da área, onde se permitiu obter um mapa de elevação e um mapa de declividades distribuídas em seis classes, descritas no quadro 4 a seguir. As curvas de nível possibilitaram, dentre outros usos, classificar as áreas de ablação e sedimentação, que condicionam, muitas vezes, a gênese e evolução dos solos, principalmente de solos alóctones, como os presentes na área de estudo.

Classe de relevo	Declividade em °	Declividade em %	Características
Plano	<1,72°	<3%	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
Suave ondulado	1,72 – 4,58°	3 – 8%	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives suaves.
Ondulado	4,58 – 11,31°	8 – 20%	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por colinas e/ou outeiros, apresentando declives acentuados.
Forte Ondulado	11,31 – 24,23°	20 – 45%	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros com declives fortes.
Montanhoso	24,23 – 36,87°	45 – 75%	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituída por morros, montanhas e maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes.
Escarpado	>36,87°	>75%	Regiões ou áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo escarpamentos.

Fonte: Lemos; Santos (1996).

Quadro 4 – Distribuição das classes de relevo utilizadas na elaboração do mapa de declividade para a construção do mapa de solos da área de estudo.

Trabalhos como o de Campos; Cardozo; Marques Júnior (2006), Cunha et al. (2005), Prates et al. (2011), Palmieri; Larach (1996), Demattê et al. (1993), Demattê (2011), Vieira et al. (2011), Koffler (1993), Campos; Cardozo; Marques Júnior (2006) e Pessoti et al. (1989) evidenciam a importância da morfologia dos terrenos na composição pedológica dos ambientes. Goosen (1967) afirma que o relevo é um elemento de grande influência no desenvolvimento dos solos na paisagem, bem como a sua percepção nas imagens e sua relação com os limites da unidade de mapeamento. Segundo Palmieri; Larach (1996), o relevo exerce uma forte influência

na evolução e desenvolvimento dos solos. Ainda frisam que o aspecto do relevo local tem marcantes influências nas condições hídricas e térmicas dos solos e, por conseguinte, no clima do solo. Koffler (1993) reforça que, em um levantamento de solos, a morfologia é extremamente importante, pois permite, por meios rápidos, identificar e cartografar os solos de uma região pela aparência de seu perfil, sem a necessidade, nessa fase do trabalho, dos dados de laboratório.

A correlação existente entre o relevo e os solos nos permite identificar e classificar, a partir de chaves de interpretação e relações de tendência, as diferentes unidades ou agrupamentos pedológicos presentes na área de estudo. O quadro 5 resume as unidades de interpretação dos sistemas naturais e sociais na área com vistas à elaboração do mapa de solos e a figura 13 apresenta o mapa de distribuição de solos na área de estudo.

As chaves de interpretação podem ser classificadas a partir de Loch (1993), que as coloca como sendo: forma, sombra, tamanho, tonalidade, densidade, declividade, textura, posição e adjacências. Todos esses elementos em conjunto permitem ao foto-interpretador entender uma série de fenômenos que ocorrem na paisagem e, assim, deduzir acerca dos solos e outros fatores importantes (destrutivos ou benéficos) para a cartografia e auxiliar o planejamento. (SAMPAIO, 2007). Como relação de tendência tomou-se como referência os trabalhos de Palmieri; Larach (1996) e Resende et al. (2007).

Assim, tendo por base o uso dos critérios aqui expostos, foi possível estabelecer a classificação das unidades de mapeamento dos solos presentes na área de estudo. Foi realizada uma correlação entre a antiga classificação de solos brasileira e o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) em EMBRAPA (2006). Sendo assim, pode-se considerar que a área em estudo possui os seguintes solos: Areias Quartzosas (*Neossolos Quartzarênicos*); Areias Quartzosas Marinhas (*Neossolos Quartzarênicos*); Latossolo Amarelo; Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico (*Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico*); Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico (*Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico*); Solos Aluviais (*Neossolos Flúvicos*) e os Solos Indiscriminados de Mangue.

Formação Geológica	Formas de Relevo			Regime Climático	Características Hídricas	Uso Atual	Características Vegetacionais	Área Total (km ²)	Solos Classificação segundo DNPEA/SUDENE (1971); Brasil. Projeto RadamBrasil (1981); Nunes (1996)	Solos Classificação segundo EMBRAPA (2006)	Nomenclatura no Mapa
	Origem	Morfologia segundo Lemos; Santos (1996)	Altitude Média								
Pleistoceno-Holoceno. Associação de depósitos litorâneos de praia e dunas móveis e depósitos eólicos litorâneos de paleodunas.	Deposicional	Em grande maioria da área apresenta classes de relevo que variam de plano a suave ondulado (0°4,58°). São dunas mais arrasadas.	Altitude mínima de 5 metros e máxima de 75 metros. A altitude média apresenta 39 metros.	Sujeitos em menor grau a regime de ventos, principalmente nos meses de ago-out. Precipitação anual varia de 1280 a 1620mm.	Padrão dendrítico em alguns trechos. Em outros são de escoamento difuso com ressurgências do lençol de caráter perene. Ação de estruturas por falhamentos.	Turismo, assentamentos urbanos, cultura de cana-de-açúcar, pasto e coqueirais.	Áreas de tensão ecológica.	300,09	Areias Quartzosas	Neossolos Quartzarênicos	AQ
Holoceno. Associação de depósitos litorâneos de praia e dunas móveis e depósitos eólicos litorâneos de paleodunas.	Deposicional	Variação de classes de relevo plano a escarpado (0°88,9°), mas com predominância de encostas fortemente onduladas. São mais movimentadas que AQ.	Altitudes variando entre 5 a 105 metros. Média de 46 metros.	Sujeitos a regime de ventos, principalmente nos meses de ago-out. Sedimentos arenosos se deslocam no sentido predominante dos ventos.	Caráter intermitente e forma lacustre, com escoamento difuso e ressurgências do lençol freático.	Turismo e assentamentos urbanos.	Influência marinhas (restingas).	159,36	Areias Quartzosas Marinhas	Neossolos Quartzarênicos	AQm
Neógena e Quaternária. Formação Barreiras e depósitos colúvio-eluviais.	Erosional	Predominância de relevos planos (0° 1,72°).	Altitudes que variam de 30 a 95 metros. Apresenta altitude média de 54 metros.	Atualmente condicionado a regimes pluviométricos menos intensos. Área de menor precipitação.	Baixo ou quase nulo adensamento de drenagem.	Predominância da cultura de cana-de-açúcar e pasto.	Agropecuária e remanescentes de Mata Atlântica.	213,84	Latossolo Amarelo	Latossolo Amarelo	LA
Neógena. Formação Barreiras aflorante. Zonas falhas com surgimento de <i>grabens</i> e <i>horsts</i> .	Erosional	Vertentes dissecadas associadas às margens dos rios variando de ondulado a montanhoso. (4,58°-36,87°).	Variam de 5 a 75 metros de altitude. A média apresenta 29 metros.	Aumento da precipitação do sentido oeste para leste. São caminhos de corrida de sedimentos causados pelas chuvas.	Padrão de drenagem dendrítico com alto adensamento de drenagens, basicamente em função da declividade do terreno.	Áreas de empréstimo de sedimentos, agricultura de subsistência, adensamentos urbanos e remanescentes florestais.	Remanescentes de Mata Atlântica.	157,99	Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	PVAd
Neógena e Quaternária. Associação da Formação Barreiras e depósitos colúvio-eluviais.	Erosional	Áreas mais planas que os PVAd. Variam entre plano e ondulado. (<1,72°-11,31°).	A altitude máxima é de 85 metros. A mínima de 5 metros e a média de 40.	Precipitação variando entre 1240 e 1300mm anuais.	Sistemas hídricos superficiais inexistentes.	Adensamento urbano, pasto, e cana-de-açúcar.	Agropecuária.	18,18	Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	PVAd
Holocênica. Associação de depósitos de mangue com depósitos aluvionares.	Deposicional	Área plana. (<1,72°).	Variam de 55 a 0 metros de altitude em função de suas cabeceiras e foz. Sua média é de 16 metros.	Aumento da precipitação do sentido oeste para leste. São áreas deposicionais de sedimentos e matéria orgânica.	Áreas periodicamente inundadas pelas cheias dos rios. Condicionada pela geomorfologia fluvial.	Agricultura de subsistência, carnicultura e cana-de-açúcar.	Vegetação com influência fluvial refletida pelas cheias dos rios.	93,76	Aluviais	Neossolos Flúvicos	A
Holocênica. Associação de depósitos de mangue, flúvio-marinhos e flúvio-lacustrinos.	Deposicional	Área predominantemente plana. (<1,72°). Planícies de maré associadas a manguezais.	Variam de 0 a 5 metros.	Regime de chuvas variado influenciando sua deposição. Maior influência do regime de marés.	Condicionada pelo fluxo e refluxo periódico das águas do mar (preamar e baixamar).	Carnicultura, extrativismo com captura de caranguejo e remanescentes de florestas de mangues.	Manguezal arbóreo	81,18	Indiscriminados de Mangue	Gleissolos ou Organossolos	SM

Fonte: o autor.

Quadro 5 – Chave relacional entre diversos fatores naturais e sociais para cada unidade taxonômica de solos levantada na área de estudo.

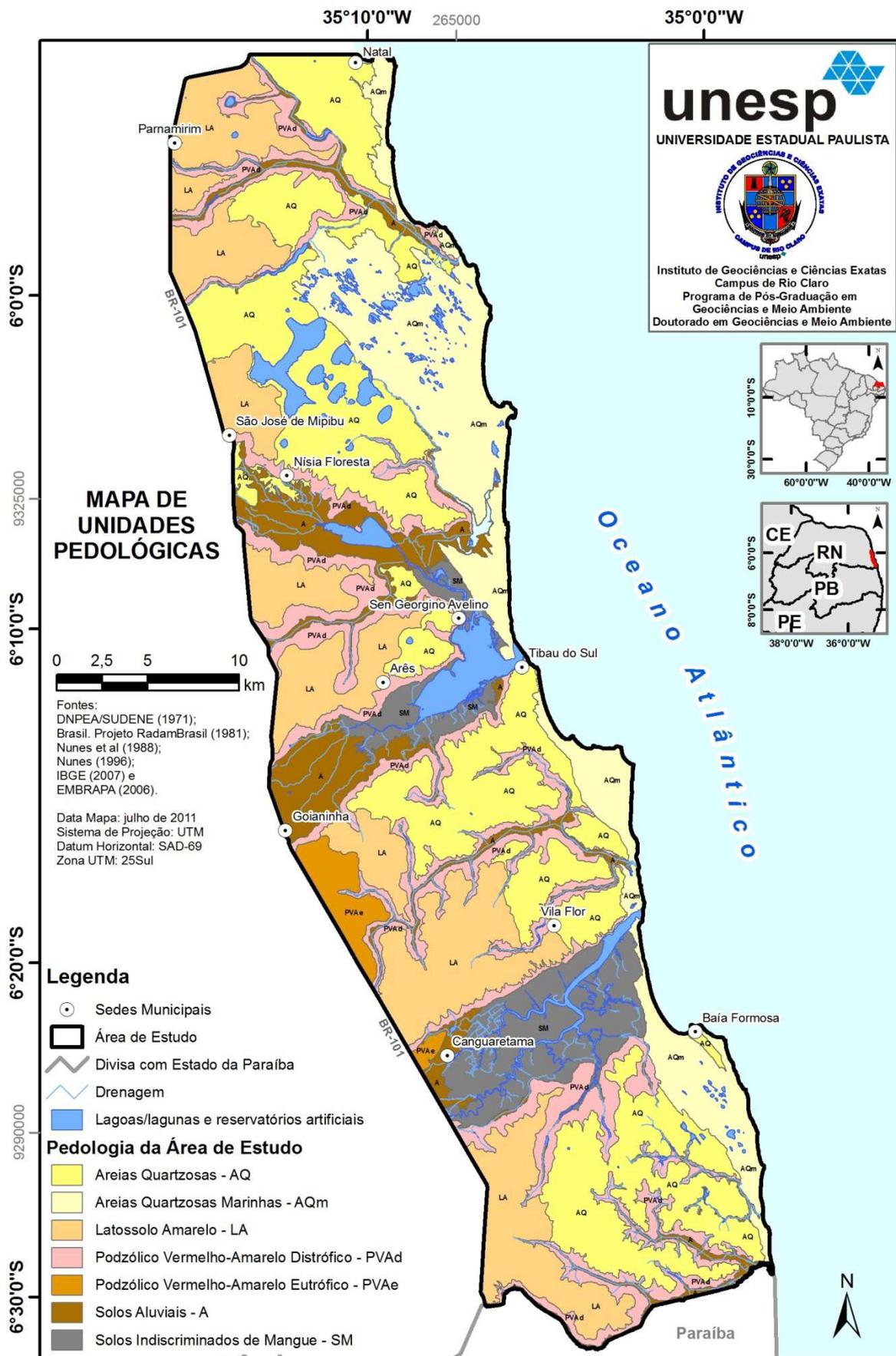


Figura 12 – Mapa de unidades pedológicas da área em estudo.

- *Areias Quartzosas – AQ (Neossolos Quartzarênicos)*

Ocupam 300,09 km² ou 28,01% da área de estudo. Ocorrem no eixo mais central da área de estudo no sentido N-S, estando associados a relevos planos a suaves ondulados e arrasados, assim como a áreas que sofrem constantes influências antropogênicas. É o maior representante em área ocupada, na área de estudo. Tem seus limites condicionados a estruturas de falhamentos geológicos com direção SO-NE e NO-SE.

Segundo DNPEA/SUDENE (1971), as areias quartzosas são derivadas de sedimentos areno-quartzosos do Grupo Barreiras, com textura areno-quartzosa, profundos, com muitos baixos teores de argila, ácidos, com fertilidade natural muito baixa, sendo excessivamente drenados, apresentando horizonte A fracamente desenvolvido. Brasil. Projeto RadamBrasil (1981) descreve esses solos como profundos a muito profundos, não hidromórficos, excessivamente drenados, com baixa fertilidade natural, estando relacionados com relevos plano e suave ondulado. Segundo Nunes et al. (1988) ocorrem em relevo que vai do plano ao suavemente ondulado, podendo ocorrer associados com os latossolos, sendo constituídos basicamente de quartzo sobre os baixos platôs costeiros (tabuleiros). (Figura 12). Têm variação de altitude de 5 a 75 metros. Sobre estes, estão assentados atividades como cana-de-açúcar, pastos, coqueirais e atividades turísticas.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em trabalho de campo nos dias 19 e 11/07/2011.
 Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: 6°15' 18,9"S e 35°09'07,3"O / 5°58'00,9"S e 35°12'33,9"O.
 Altitudes dos locais de obtenção das fotos: 65,5 metros / 54,7 metros.

Figura 13 – Perfis na área de estudo de solos classificados como Areias Quartzosas.

- *Areias Quartzosas Marinhas – AQm (Neossolos Quartzarênicos)*

Perfazem 159,36 km² ou 14,89% da área estudada. Diferem-se das Areias Quartzosas pelos ambientes em que estão assentados, podendo ocorrer em áreas de maior ondulação (dunas). Sua deposição é relacionada à ação dos ventos predominantes de direção SE-NO, aparecendo nas proximidades das áreas costeiras no setor leste, na área de estudo, e penetrando no continente até 11 km. Em geral aglutinam os sedimentos geológicos dos Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas e os Depósitos Litorâneos de Praia e Dunas Móveis. Brasil. Projeto RadamBrasil (1981) reforça essa idéia, ressaltando que ocorrem na faixa litorânea, constituindo estreita faixa que acompanha a orla marítima, interrompendo-se em alguns pontos – desembocaduras de rios e falésias.

Segundo Palmieri; Larach (1996) ocorrem nos domínios das planícies marinhas, fluviomarinhas e fluviolacustre marinhas, distribuindo-se pela faixa litorânea ou próximo do litoral. (Figura 14). Ocorrem sob vegetação de floresta arbóreo-arbustiva e/ou campo hidrófilo de restinga e sujeitos a regime de ventos que deslocam os solos no seu sentido predominante e suas classes de relevo variam de plano a escarpado. São solos com origem de sedimentos holocênicos areno-quartzosos não consolidados, de origem marinha, depositados por ação dos ventos dominantes, profundos ou muito profundos, excessivamente drenados, distróficos, ácidos e de fertilidade natural muito baixa. (DNPEA/SUDENE, 1971).



Fonte: O autor. Foto obtida em 12/01/2011 a partir de sobrevôo aéreo. Sem coordenadas e altitude.

Figura 14 – Unidade de mapeamento AQm. Município Sen. Georgino Avelino (praia de Malembá).

- *Latossolo Amarelo – LA*

Abrange, em sua maioria, a extremidade oeste da área em estudo, ocupando 213,84 km² ou 19,97% da área. É originário tanto da Formação Barreiras como dos Depósitos Colúvio-Eluviais. Segundo EMBRAPA (2006) os latossolos compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos com predominância em relevos planos, em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, variando de fortemente a bem drenados, de drenagem moderada ou imperfeitamente drenados, muito profundos, fortemente ácidos, com baixa saturação de bases, distróficos ou alumínicos.

De acordo com Resende et al. (2007); Palmieri; Larach (1996); EMBRAPA (2006); IBGE (2007) são amarelos por possuir matiz 7,5YR ou mais amarelo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, com baixos teores de sesquióxido de ferro (Fe₂O₃), sendo geralmente álicos ou distróficos, com saturação por bases baixa (V < 50%), profundos, de coloração amarelada, com boa drenagem e baixa fertilidade natural, ocorrendo nos tabuleiros costeiros e coberturas plio-pleistocênias de bacias sedimentares litorâneas atribuídas ao Grupo (Formação) Barreiras. Na área são utilizados em culturas de ciclo curto, conforme figura 15.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em trabalho de campo nos dias 19 e 20/07/2011.
 Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: 6°11' 33,8"S e 35°11'36,2"O / 6°08'39,5"S e 35°10'52,4"O.
 Altitudes dos locais de obtenção das fotos: 73,8 metros / 68,4 metros.

Figura 15 – Cavas da unidade de mapeamento Latossolo Amarelo – LA na área de estudo.

- *Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico – PVAd (Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico)*

Está distribuído por toda a área, ocupando 157,99 km² ou 14,75% da abrangência de solos encontrados na área em estudo. Seu material de origem é relacionado a sedimentos plio-pleistocênicos da Formação Barreiras com textura areno-argilosa. É a quarta em abrangência territorial na área estudada, tendo sua distribuição muitas vezes associada às areias quartzosas. Apresentam vertentes dissecadas associadas às margens dos rios, variando de ondulado a montanhoso.

De acordo com Brasil. Projeto RadamBrasil (1981); EMBRAPA (2006); DNPEA/SUDENE (1971) são forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, com baixa fertilidade natural, com limitação ao uso agrícola, predominantemente caulíníficos, com profundidade variável, forte a imperfeitamente drenados e com grande quantidade de argila e textura arenosa e média, no horizonte A e média e argilosa, no horizonte Bt. Apresentam transição abrupta entre o horizonte A e Bt.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em trabalho de campo nos dias 19 e 11/07/2011.
 Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: 6°29' 07,4"S e 34°59' 42,7"O / 5°56' 58,3"S e 35°14' 07,9"O.
 Altitudes dos locais de obtenção das fotos: 27,04 metros / 18,8 metros.

Figura 16 – Perfis da unidade de mapeamento PVAd na área de estudo.

- *Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico – PVAe (Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico)*

Ocupa a menor área, com apenas 18,18 km² ou 1,69% da área em estudo. Ocorre na extremidade oeste, margeando a BR-101, entre as sedes municipais dos municípios de Canguaretama e Goianinha, estando associado a uma falha extensional encoberta de direção NW próximo ao vale de Canguaretama / estuário do Curimataú.

De acordo com Brasil. Projeto RadamBrasil (1981); EMBRAPA (2006) são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, com significativa diferença de textura entre os horizontes A e Bt, com saturação de bases $\geq 50\%$ na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, sendo normalmente profundos, com textura arenosa, média e argilosa no horizonte A e classes texturais média e argilosa para o horizonte Bt.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em trabalho de campo no dia 12/07/2011.
Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: 6°23' 00,6"S e 35°08'41,02"O
Altitudes dos locais de obtenção das fotos: 29,75 metros.

Figura 17 – Perfil da unidade de mapeamento PVAe na área de estudo.

- Solos Aluviais – A (*Neossolos Flúvicos*)

Estão localizados geograficamente nas planícies de inundação das microbacias dos rios inseridos na área de estudo, como o Pitimbu, Taborda, Pirangi, Trairi, Araraí, Catu, Curimataú e Guajú. Ocupam uma área territorial de 93,76 km² ou 8,75% da área em estudo. De acordo com EMBRAPA (2006), são solos derivados de sedimentos aluviais e que apresentam caráter flúvico. Horizonte glei, ou horizontes de coloração pálida, variegada ou com mosqueados abundantes ou comuns de redução, se ocorrem abaixo do horizonte A, devem estar a profundidades superiores a 150 cm. Possui horizontes pouco desenvolvidos e/ou camadas estratificadas de natureza argilosa, siltosa e/ou arenosa dependendo da natureza do sedimento. (PALMIERI; LARACH, 1996).

Segundo DNPEA/SUDENE (1971) são solos de fertilidade natural alta, medianamente profundos, imperfeitamente a moderadamente drenados, moderadamente ácidos a alcalinos nas camadas inferiores e sem problemas de erosão. São desenvolvidos a partir de sedimentos referidos ao Holoceno. O material é constituído por sedimentos recentes, aluviais não consolidados, de natureza variada, formando camadas estratificadas (argilo-arenosas, areno-argilosas, argilo-siltosas ou arenosas) sobrepostas sem disposição preferencial dos estratos. Geralmente estão localizados em vales de fundo chato apresentando grandes planícies de inundação. (Figura 18).



Fonte: O autor. Fotos obtidas em sobrevoo no dia 24/05/2011 e trabalho de campo no dia 10/10/2010. Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: 5°57'49,1"S e 35°08'41,7"O / 6°30'39"S e 35°04'38,5"O, respectivamente. Altitudes dos locais de obtenção das fotos: 124,34 metros / 14,9 metros, respectivamente.

Figura 18 – Usos da unidade de mapeamento de solos aluviais - A. Vale do rio Pium (Município de Parnamirim) e vale do rio Guajú no município de Baía Formosa, respectivamente.

- Solos Indiscriminados de Mangue – SM

Localizam-se nas planícies de mangues alagados dos estuários do Curimataú e Nísia-Papeba-Guaraíras (figura 19), sendo sujeitos à influência das marés com precipitação de sedimentos e matéria orgânica, que são trazidos pelos sistemas fluviais e marítimos regionais. Ocupam 81,18 km² ou 7,58% da área de estudo.

Palmieri; Larach (1996) expõem que compreendem materiais gleizados e sem diferenciação de horizontes, com alto conteúdo em sais compostos de enxofre, provenientes da água do mar. Segundo Prada-Gamero; Vidal-Torrado; Ferreira (2004) são solos halomórficos desenvolvidos a partir de sedimentos marinhos e fluviais com presença de matéria orgânica e que ocorrem em regiões de topografia plana na faixa costeira sob a influência constante do mar. Todas as classes de solos dessas áreas estão associadas à influência marcante da água. São, portanto, solos gleizados, não ou muito pouco desenvolvidos, muito mal drenados, com alto conteúdo em sais provenientes da água do mar e de compostos de enxofre que se formam nestas áreas sedimentares baixas e alagadas. (DNPEA/SUDENE, 1971).



Fonte: O autor. Fotos obtidas em sobrevôo e trabalho de campo nos dias 24/05/2011 e 16/06/2011.

Figura 19 – Usos da unidade de mapeamento SM. Laguna Guaraíras, município Sen. Georgino Avelino e Tibau do Sul

3.1.3 Aspectos Geomorfológicos

O mapeamento geomorfológico realizado neste trabalho pretende levantar, preliminarmente, a distribuição dos modelados terrestres inseridos na área de estudo, considerando as relações e a integração dos fatores estruturais, litológicos, climáticos, pedológicos e morfodinâmicos, a partir de classificações taxonômicas estabelecidas por IBGE (2009) e Ross (1997). Essas classificações são definidas a

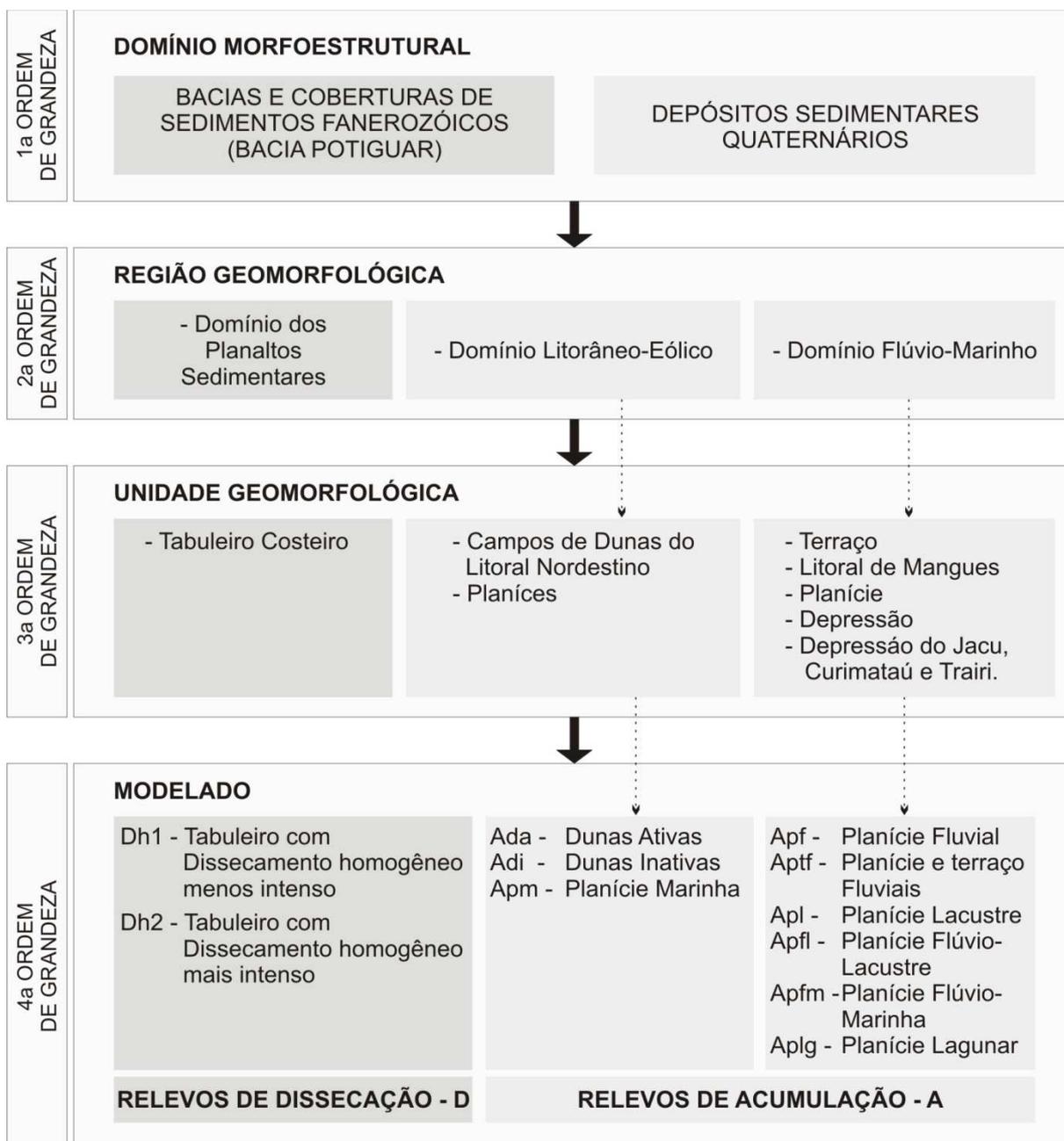
partir de níveis hierárquicos fundamentados em escalas de análise que compartmentam em ordem decrescente de grandeza. IBGE (2009) estabelece cinco ordens de grandeza (também definidas como táxons), definidas em função de sua escala, como Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas, Modelados e Formas de Relevos Simbolizadas, descritas a seguir.

- **Domínios Morfoestruturais:** Maiores táxons na compartimentação do relevo. Ocorrem em escala regional e organizam os fatos geomorfológicos segundo o arcabouço geológico marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas.
- **Regiões Geomorfológicas:** Constituem o segundo nível hierárquico da classificação do relevo. Representam compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais que, sob a ação dos fatores climáticos pretéritos e atuais, lhes conferem características genéticas comuns, agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais e às fitofisionomias.
- **Unidades Geomorfológicas:** Terceiro nível ou ordem. Arranjo de formas altimétrica e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. A geomorfogênese e a similitude de formas podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos e por condicionantes litológicas e estruturais. Cada unidade geomorfológica evidencia seus processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados dos demais.
- **Modelados:** Quarta ordem. Padrão de formas de relevo que apresentam definição geométrica similar em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais.
- **Formas de relevo simbolizadas:** Quinta ordem. Feições que, por sua dimensão espacial, somente podem ser representadas por símbolos lineares ou pontuais.

Ross (1997) define as ordens de grandeza como níveis taxonômicos, distribuídos e classificados como 1º Táxon (unidades morfoestruturais), 2º Táxon (unidades morfoesculturais), 3º Táxon (modelado), 4º Táxon (conjuntos de formas semelhantes), 5º Táxon (Dimensão de formas) e 6º Táxon (formas lineares do relevo).

A partir dessa fundamentação metodológica, mas adaptando aos objetivos e escala do trabalho, foi possível definir o nível de abordagem tratado neste mapeamento, considerando os seus objetivos propostos, com o estabelecimento de quatro classes taxonômicas hierarquizadas a partir de suas escalas espaciais de análise e aqui definidas como ordem de grandeza. A primeira ordem de grandeza (1º táxon) vincula-se ao domínio morfoestrutural com a definição de dois domínios: Bacias e Coberturas de Sedimentos Fanerozóicos da Bacia Potiguar e Depósitos Sedimentares Quaternários. A segunda ordem de grandeza (2º táxon) refere-se às condições morfoesculturais das regiões geomorfológicas, nesse caso, com o Domínio dos Planaltos Sedimentares, Domínio Litorâneo-Eólico e Domínio Flúvio-Marinho. Sequencialmente, a terceira ordem de grandeza (3º táxon) trabalhada é a unidade geomorfológica, representadas pelos tabuleiros costeiros, Campos de Dunas, Planícies, entre outros. Com o estabelecimento dos domínios de terceira ordem, foi possível definir a quarta ordem de grandeza (4º táxon), com a compartimentação dos modelados vinculados a dois grupos: relevos de dissecação (prefixo D) e relevos de acumulação (prefixo A).

A nomenclatura dos modelados foi fundamentada a partir de sua compartimentação quanto às suas formas de acumulação (A) e dissecação (D) e tomando como referência descritiva de cada modelado, o trabalho de IBGE (2009), mas adaptando-o à escala de análise do mapeamento como se indica a seguir na figura 20. Na área de estudo, existe a predominância do tipo de dissecação homogênea, mas esses não foram classificados quanto aos índices de dissecação propostos por Ross (1997), mas por uma nova proposição de agrupamento de duas grandes classes aqui definidas como Tabuleiro com Dissecamento Homogêneo Menos Intenso (Dh1) e Tabuleiro com Dissecamento Homogêneo Mais Intenso (Dh2). Também foram estabelecidas novas classificações e nomenclaturas para os modelados relacionados ao Domínio Litorâneo Eólico. O critério utilizado foi sua morfodinâmica atual, estabelecendo como padrão, as Dunas Ativas (Ada), Dunas Inativas (Adi) e Planície Marinha (Apm), esta enquadrada como de domínio flúvio-marinho, de acordo com IBGE (2009).



Fonte: O autor.

Figura 20 – Quadro sinótico-metodológico com compartimentação geomorfológica da área em estudo utilizada no mapeamento.

Assim como nos demais mapeamentos temáticos, este foi realizado a partir da interpretação das fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico SETUR/SIN/IDEMA (2006), em escala de 1:25.000. Essa escala de mapeamento permitiria um maior detalhamento de análise, chegando-se ao nível do 6º táxon, conforme proposição de Ross (1997). Contudo, não se pretendeu chegar a esse táxon em função de que o 4º táxon, já atendia os objetivos do trabalho. Assim, foram estabelecidas preliminarmente, as unidades homogêneas de mapeamento por

correlação, considerando padrões ou chaves de interpretação distribuídas hierarquicamente e já discutidas no sub-capítulo de pedologia. As curvas de nível utilizadas em várias etapas do mapeamento, entre elas, os mapas de apoio interpretativo, possuem uma equidistância de 5 metros. O mapa geomorfológico tem sua representação final na escala de 1:190.000.

Também foram elaborados, no software ArcGis 9.3, mapas de apoio interpretativo que deram suporte ao entendimento dos processos morfológicos da área de estudo, como o mapa clinográfico, mapa de relevo sombreado, mapa de orientação de vertente e o mapa hipsométrico. O mapa clinográfico foi elaborado considerando a classificação das declividades (tabela 5) de Lemos; Santos (1996) e distribuído em escalas de cores por gradiente.

Tabela 5 – Classes de declividade utilizada no mapeamento clinográfico.

Classe de relevo	Declividade em °	Declividade em %
Plano	<1,72°	<3%
Suave ondulado	1,72 – 4,58°	3 – 8%
Ondulado	4,58 – 11,31°	8 – 20%
Forte Ondulado	11,31 – 24,23°	20 – 45%
Montanhoso	24,23 – 36,87°	45 – 75%
Escarpado	>36,87°	>75%

Fonte: Lemos; Santos (1996).

O mapa de relevo sombreado foi elaborado a partir de um modelamento de uma superfície contínua com a criação de uma Rede Triangular Irregular (TIN – *Triangulated Irregular Network*) com parametrização de azimute para 315° e altitude 45 e fator “z” ou ampliação da elevação em “1”. Ele foi utilizado também como nível de informação no mapa geomorfológico final. O mapa hipsométrico foi elaborado por um TIN com distribuição de 21 classes, onde cada classe variava a cada cinco metros, atingido assim, a altitude máxima de 105 metros. Para uma melhor representação visual, seu resultado foi convertido para formato matricial. O mapa de orientação de vertente ou aspecto foi elaborado a partir de 10 classes, variando da não orientação, em função de o terreno ser plano, até o azimute 360°. Também foram elaborados perfis longitudinais como suporte à interpretação de segmentos de sequenciais de relevo. A partir dos critérios expostos, foi possível determinar onze modelados na área de estudo, descritos na tabela 6 e figura 24.

Tabela 6 – Resumo quantitativo de unidades geomorfológicas presentes na área de estudo.

Modelados Geomorfológicos Mapeados na Área de Estudo	Nomenclatura no Mapa	Área Total (km²)	% da Área Total
Tabuleiro com Dissecação Homogênea Menos Intensa	Dh1	474,49	44,3
Dunas Inativas	Adi	172,23	16,08
Tabuleiro com Dissecação Homogênea Mais Intensa	Dh2	156,77	14,64
Planície Fluvial	Apf	76,94	7,18
Planície Flúvio-Marinha	Apfm	70,6	6,59
Corpos D'água	-	46,68	4,36
Planície Lagunar	Aplg	22,14	2,07
Planície Lacustre	Apl	17,42	1,63
Dunas Ativas	Ada	12,42	1,16
Planície Marinha	Apm	7,97	0,74
Planície Flúvio-Lacustre	Apfl	6,86	0,64
Planície e Terraço Fluviais	Aptf	6,56	0,61
Total		1.071,08	100

A descrição para cada modelado tomou como referência os trabalhos de Jiménez-Rueda; Nunes; Mattos (1993); Nunes (2006); IBGE (2009) e Prates; Gatto; Costa (1981).

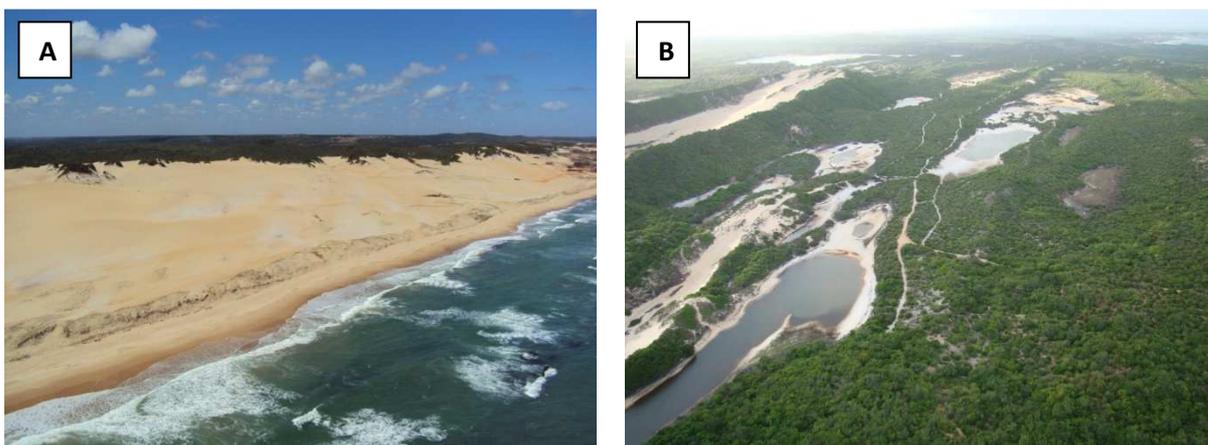
- Dunas Ativas

Caracterizam-se por compor as frentes de barlavento dos ventos predominantes no sentido SE-NO, podendo ser consideradas como a porção frontal das dunas parabólicas. São ativas porque ainda são abastecidas por sedimentos arenosos carregados pelos ventos, constituindo uma irregularidade morfodinâmica e desprovida de vegetação de médio a grande porte. Seus taludes com face voltada para o oceano, são formados por planícies de deflação, condicionando grande atividade eólica na sua encosta, com formação de rupturas de deflação (*blowouts*) e dunas do tipo *hummock* e *shadow*. São dunas mais recentes, migratórias, ausentes ou com pouca vegetação e com coloração mais esbranquiçada, recobrando rochas da Formação Barreiras, planícies fluviais, flúvio-marinhas, lagunares (laguna Guaraíras) ou dunas inativas.

Localizam-se na zona de contato terra-mar na extremidade leste da área de estudo, abrangendo somente 1,16% da área total estudada. Sofrem grande pressão de ocupação, principalmente no setor da praia de Búzios.

- *Dunas Inativas*

São formadas por dunas parabólicas (dunas de deflação), dunas longitudinais, também denominadas como dunas lineares (no setor norte da área) e dunas transversais associadas às parabólicas, na área denominada como Mata Estrela, no setor sul da área. Ocorrem com presença de vegetação fixadora, podendo adentrar até 15 km no continente. (Figura 21). São menos recentes e recobrem sedimentos originários da Formação Barreiras e sua continuidade é interrompida abruptamente muitas vezes por falésias ou canais hídricos. Nessas dunas a vegetação é mais exuberante com ocorrência de lagoas interdunares. Estão passando por uma contínua desconfiguração geomorfológica em função das atividades humanas sobre e adjacentes a elas. Ocupam 16,08% da área de estudo.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em 24/11/2009 e 12/01/2011 por sobrevoo aéreo.
Coordenadas do local de obtenção das fotos: Sem coordenadas.

Figura 21 – Representação de imagens das Dunas Ativas (Praia de Malembá) - A e Dunas Inativas (Nísia Floresta) - B.

- *Planície Marinha*

Área plana resultante de acumulação marinha, podendo comportar praias, canais de maré, cristas de praia, restingas, ilhas barreira. Ocorre nas baixadas litorâneas sob a influência dos processos de agradiação marinhos. (IBGE, 2009). São áreas extensas que seguem paralelas à linha de costa e que são muitas vezes ocupadas pela infra-estrutura urbana. São áreas que abastecem com sedimentos arenosos os campos de dunas ativas no sentido jusante à direção de vento. É a faixa de terra que compreende a praia e o pós-praia, indo até o contato com o sopé do campo de dunas ou ao talude da falésia. Sua própria morfologia varia em função da dinâmica costeira atuante. Ocupa uma área de 7,97 km² ou 0,94%.

- *Planície Fluvial*

Os vales ou planície fluvial, de inundação ou ainda planície de inundação ou ainda planície aluvial, são encontradas na parte mais baixa do rio, antes da sua desembocadura. São áreas largas e rebaixadas que são inundáveis no período das grandes cheias do rio. (NUNES, 2006). Na área de estudo, suas principais representações estão associadas aos rios Jacu (figura 22a), Pirangi (figura 22b), Catu e Guaju, além das áreas à montante dos estuários de Canguaretama e Nísia-Papeba-Guaraíras. Abrangem 7,18% da área de estudo.

- *Planície Flúvio-Lacustre*

Segundo IBGE (2009) é uma área plana resultante da combinação de processos de acumulação fluvial e lacustre, podendo comportar canais anastomosados, paleomeandros (oxbow lakes) e diques marginais. Ocorre em setores sob o efeito de processos combinados de acumulação fluvial e lacustre, sujeitos a inundações periódicas com barramentos, formando os lagos. Conformam pequenos trechos adjacentes à lagoa de Nísia Floresta e à lagoa da BANT (Base Aérea de Natal), no setor norte da área. Ocupam 0,64% da área de estudo.

- *Planície Flúvio-Marinha:*

Ocorrem com maior predominância associadas aos estuários do rio Curimataú e à lagoa de Nísia Floresta. Também podem ser encontrados nos pequenos estuários associados ao rio Catu, Guaju e Pirangi, englobando uma área de 70,6 km² ou 6,59% da área de estudo. De acordo com Prates; Gatto; Costa (1981), geralmente são colmatadas por um material argiloso, onde há uma proliferação generalizada de manguezais. Essas áreas estão sendo bastante descaracterizadas em função das atividades ligadas à carcinicultura marinha, ponto que será discutido mais à frente.

- *Planície Lacustre:*

IBGE (2009) classifica essas planícies como sendo uma área plana resultante de processos de acumulação lacustre, comportando lagos, cordões arenosos e diques marginais. Ocorre associada aos grandes sistemas fluviais e aos vales de origem neotectônica. Totaliza 1,63% da área de estudo com maior ocorrência nas áreas adjacentes ao complexo de lagoas associadas à Lagoa do Bonfim.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em 19/07/2011 em trabalho de campo (A) e 24/11/2009 em sobrevoo aéreo (B).
 Coordenadas do local de obtenção das fotos: 6°14'16,6"S e 35°11'47,4"O (A) e 5°58'42,6"S e 35°07'07,5"O (B).

Figura 22 – Representação de imagens de Planície Fluvial do rio Jacu (A) e foz do rio Pirangi (B).

- Planície Lagunar:

IBGE (2009) considera essas planícies como uma área plana resultante da combinação de vários processos formadores dos corpos lagunares associados às barreiras costeiras. A natureza dos sedimentos é bastante variada, podendo as planícies ser constituídas por sedimentos eólicos, fluviais, praias ou mesmo conter camadas de lama orgânica ou turfa. Ocorrem nas faixas costeiras conectadas às planícies marinhas, planícies eólicas e/ou planícies fluviomarinhas. Ocorrem predominantemente às margens da laguna Guaraíras e lagoa de Papeba ocupando uma área total de 22,14 km² ou 2,07%.

- Planície e Terraço Fluviais:

Áreas planas resultantes de acumulação fluvial, periodicamente alagadas, comportando meandros abandonados e cordões arenosos. Ocorrem nos vales com preenchimento aluvial, contendo material fino a grosseiro, pleistocênico e holocênico. (IBGE, 2009). É a menor área representada com 0,61%, ocorrendo à margem esquerda do rio Trairí no sentido montante da lagoa de Nísia Floresta.

- Tabuleiro com Dissecação Homogênea Menos Intensa:

Guerra; Guerra (1997) o define os tabuleiros como sendo uma forma topográfica de terreno que se assemelha a planaltos, terminando geralmente de forma abrupta. Tem sua paisagem caracterizada de topografia plana, sedimentar e de baixa altitude. Também são conhecidos como platôs sedimentares do terciário, sendo relevos constituídos por sedimentos diversos da Formação Barreiras. (NUNES, 2006). Em função de sua baixa declividade, sua dissecação é menos

intensa, com ocorrência de escoamentos superficiais de lençol ou *runnof* e acumulação em bacias lacustres aflorantes. Sobre sua área estão assentadas a maioria das atividades sucroalcooleiras e remanescentes de Mata Atlântica. É o modelado com maior ocorrência, totalizando 474,49 km² ou 44,3% da área total.

- Tabuleiro com Dissecação Homogênea Mais Intensa:

Ocorre próximo aos canais de drenagem (figura 23b) com afloramentos de rochas da Formação Barreiras e com dissecação mais proeminente em função da alta declividade. Sua dissecação é condicionada tanto por vales fluviais paralelos ou dendríticos, como por tectônica regional, como nas depressões do rio Curimataú, Jacu e Trairi. Perfaz 156,77 km² ou 14,64% da área de estudo.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em 10/10/2010 em trabalho de campo.
Coordenadas do local de obtenção das fotos: 6°28'38,8"S e 35°03'08,7"O (A) e 6°31'03,4"S e 35°03'01,6"O (B).

Figura 23 – Representação de imagens de Tabuleiros Menos Dissecados (A) e Tabuleiros Mais Dissecados (B).

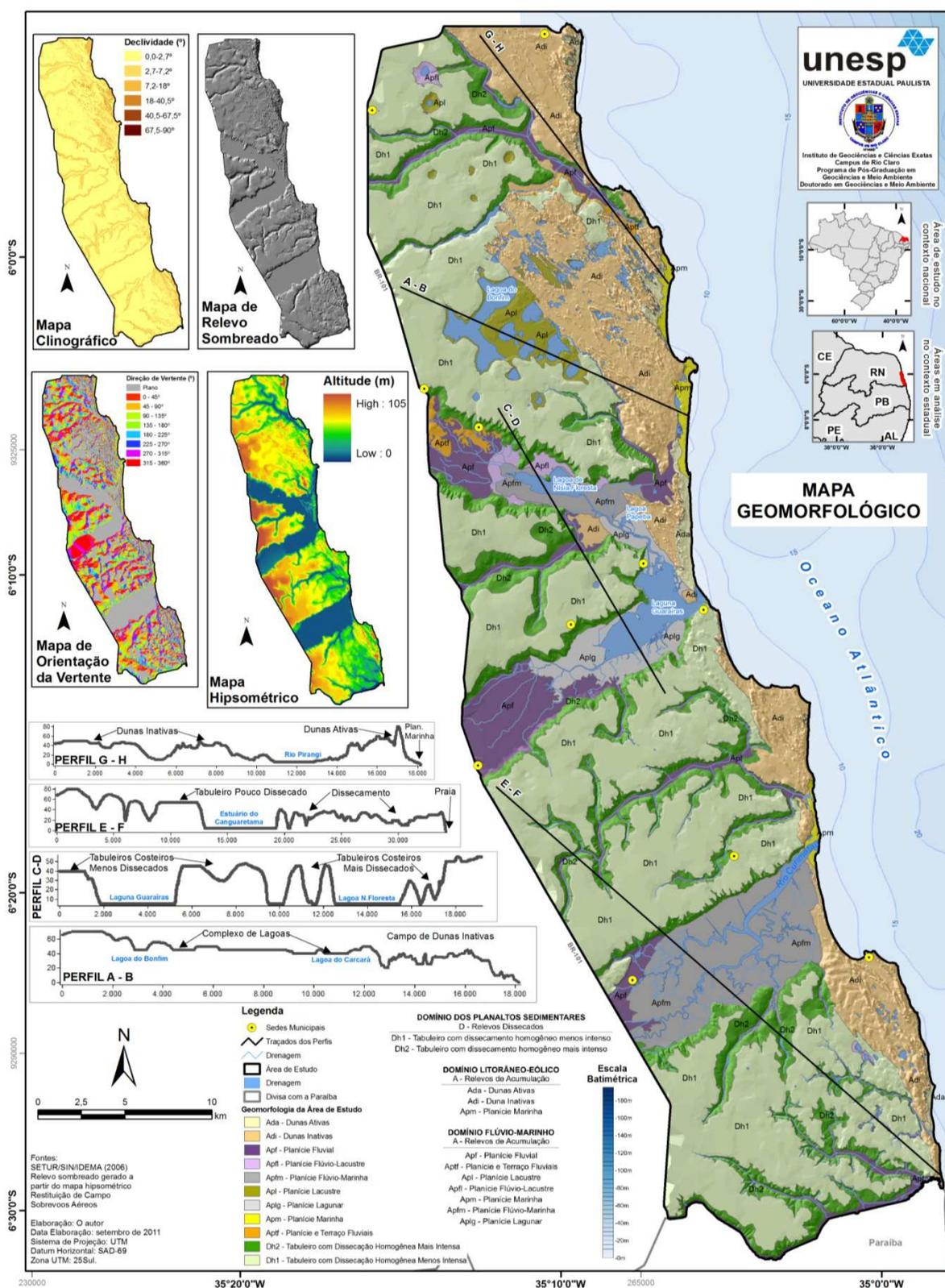


Figura 24 – Mapa geomorfológico da área de estudo.

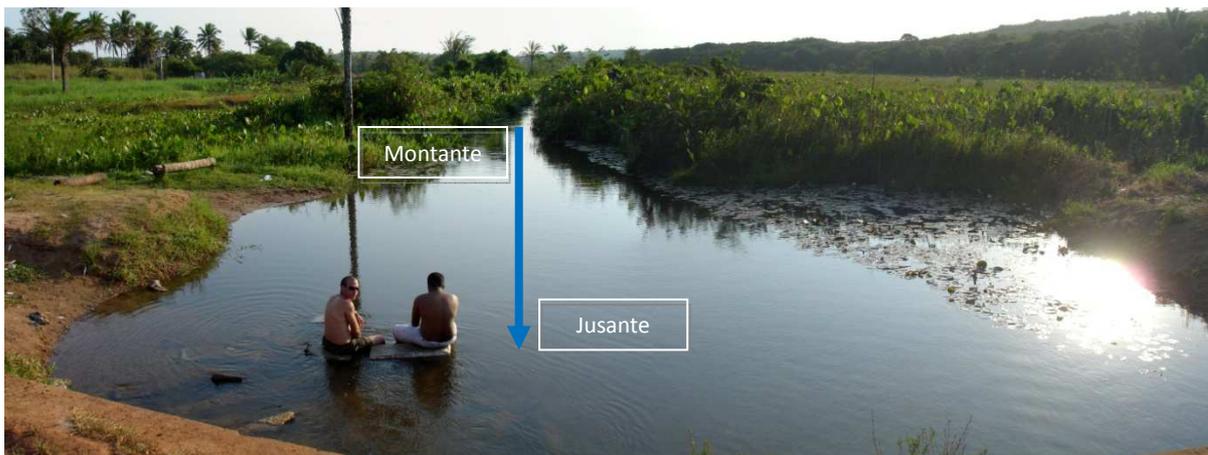
Obs. Mapa original em tamanho A3.

3.1.4 Recursos Hídricos de Superfície

Os sistemas de drenagens superficiais inseridos na área de estudo possuem regimes de caráter intermitente e perene, apresentando formas fluviais, lacustres e lagunares, com um padrão de escoamento de direção O-L e escoamentos difusos nas regiões de coberturas arenosas, com formações dunares. As drenagens estão condicionadas a morfologias e características climáticas de regiões úmidas com pluviometrias que variam de 1.200 a 1.600 mm anuais e com embasamento geológico sedimentar e sistemas de falhamentos paralelos responsáveis pela formação de *Grabens* e *Horts*. Os sistemas hídricos lacustres têm seu abastecimento ligado a ressurgências de águas subterrâneas do aquífero Barreiras que apresentam, em muitos momentos, conexões hidráulicas com bacias hidrográficas de características fluviais. (Figura 27).

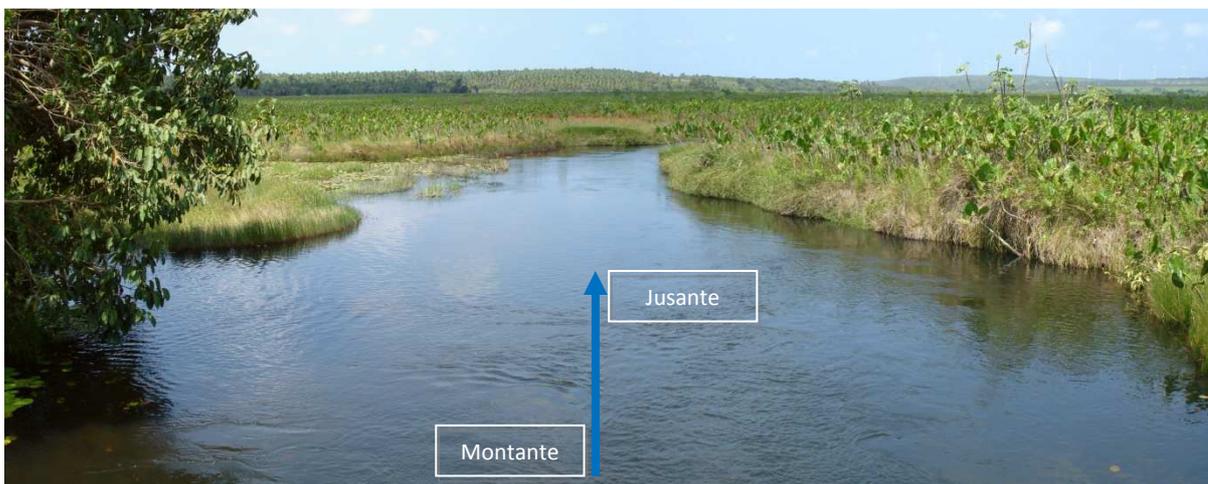
De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) a área de estudo faz parte da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental. Segundo SEMARH (2010) e considerando os sistemas hidrográficos do estado do Rio Grande do Norte, a área de estudo está inserida em sete bacias hidrográficas que levam seus nomes a partir de seus principais rios, sendo elas: Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso, sendo a maior bacia, ocupando 266,10 km² e com divisão em quatro sub-bacias (16-5, 16-6, 16-7 e 16-8); Bacia do Rio Pirangi, com 149,47 km²; Bacia do Rio Catu com 164,05 km²; Bacia do Rio Guaju com 91,35 km²; Bacia do Rio Trairí com 120,78 km²; Bacia do Rio Jacu com 118,28 km² e a Bacia do Rio Curimataú com 161,04 km². (Figura 28).

Os principais representantes hídricos inseridos que compõem a área são os seguintes: Rio Pirangi, Lagoa do Bonfim, Lagoa Redonda, Lagoa do Urubu, Lagoa Ferreira Grande, Rio Trairí, Rio Araraí, Lagoa de Nísia Floresta, Rio Baldum, Lagoa de Papeba, Laguna de Guaraíras, Rio Jacu, Rio Catu (figura 25), Rio Curimataú, Riacho Guaratuba, Rio Outeiro, Riacho Calvaçu, Lagoa da Água Boa, Riacho Taboquinha, Rio Pau-Brasil e Rio Guaju, sendo este o rio que faz divisa com o Estado da Paraíba, extremo sul da área de estudo. (Figura 26). O mapeamento dos sistemas fechados realizados neste trabalho indicou que as lagoas e pequenos barramentos, independentes de seus regimes (intermitente ou perene), ocupam uma área de 46,68 km² o que equivale a 4,36% da área.



Fonte: O autor. Fotos (para panorâmica) obtidas em 10/10/2010 em trabalho de campo.
 Coordenadas do local de obtenção das fotos: 6°17'23,2"S e 35°08'05,7"O.
 Altitudes do local de obtenção das fotos: 35,7 metros.

Figura 25 – Vale do rio Catu no sentido jusante-montante. Limite entre os municípios de Tibau do Sul e Canguaretama/RN.



Fonte: O autor. Fotos (para panorâmica) obtidas em 10/10/2010 em trabalho de campo.
 Coordenadas do local de obtenção das fotos: 6°30'13,5"S e 35°00'49,5"O.
 Altitudes do local de obtenção das fotos: 14,8 metros.

Figura 26 – Vale do rio Guaju no sentido montante-jusante. Divisa dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.



Fonte: O autor. Fotos (para panorâmica) obtidas em 19/02/2011 em trabalho de campo.
 Coordenadas do local de obtenção das fotos: 6°00'04,1"S e 35°07'30,4"O.
 Altitudes do local de obtenção das fotos: 31,37 metros.

Figura 27 – Lagoas originadas a partir de ressurgências do lençol freático em vales interdunares localizados no município de Nísia Floresta (Bacia 16-6).

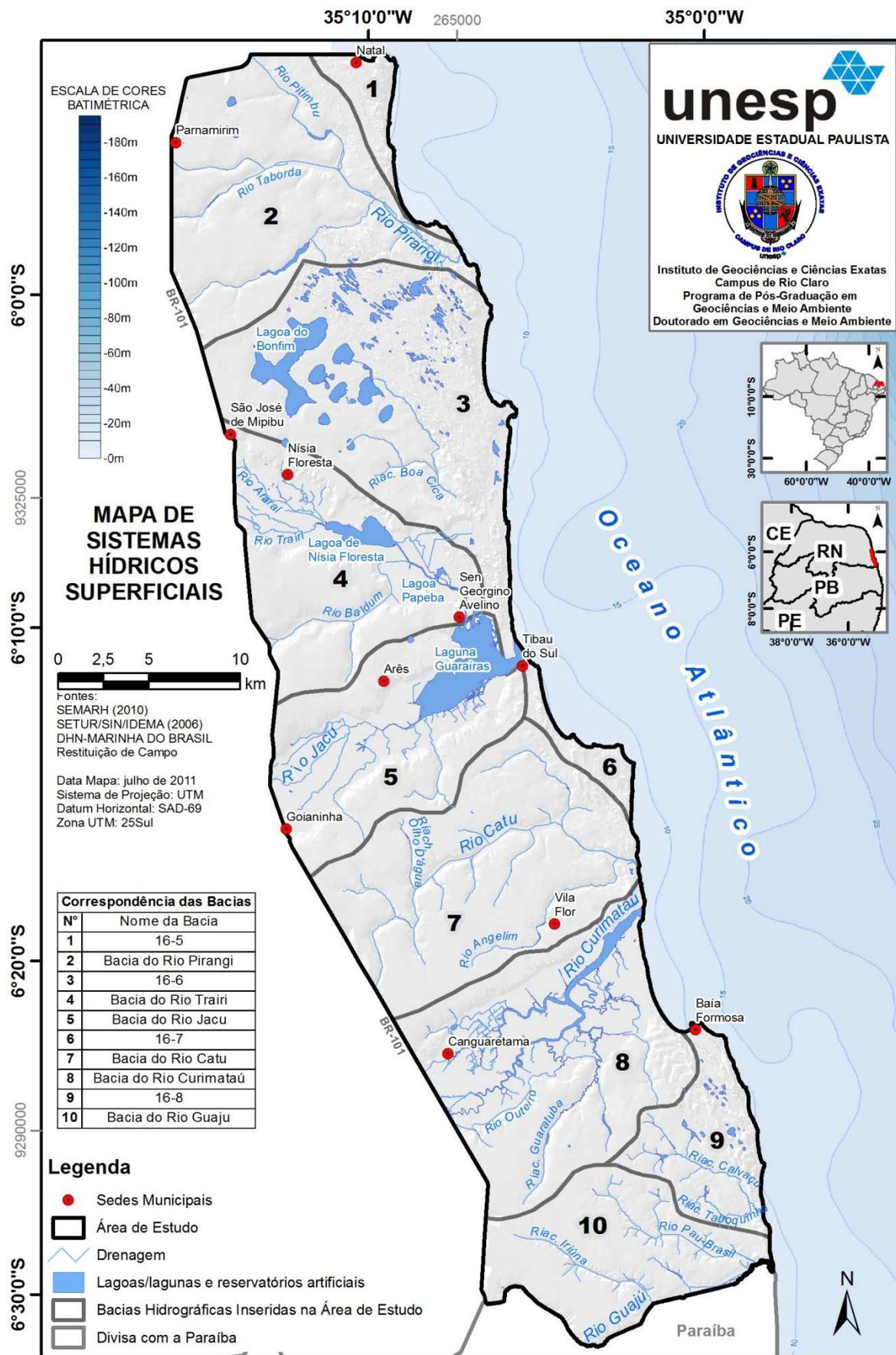


Figura 28 – Mapa dos sistemas hídricos superficiais da área de estudo.

3.1.5 Aspectos Climáticos

De acordo com Nimer (1989) a enorme extensão territorial da Região Nordeste, o relevo, somados à conjunção de diferentes sistemas de circulação atmosférica, tornam a climatologia desta região uma das mais complexas do mundo.

Segundo Ferreira; Mello (2005) vários mecanismos governam o sistema climático da região, sendo eles: eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do Oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, Frentes Frias, e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN); atuação das linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação.

Ainda, Segundo Oliveira (2003) a área estudada tem características climáticas ligadas à sua posição geográfica, pois está submetida às baixas latitudes, com fortes influências de massas tropicais, ocasionando uma sazonalidade a sua precipitação. É muito fortemente influenciada pelos sistemas de circulação atmosférica e correntes perturbadoras da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) nos meses de fevereiro a maio; perturbações ou ondas de leste que atuam nos meses de agosto; os sistemas de brisa e as frentes frias, estas duas últimas atuando muitas vezes juntamente com alguns dos dois primeiros sistemas meteorológicos citados.

Entretanto, essa distribuição na região não é homogênea, com ocorrências de estações secas e chuvosas na mesma área, além da diferença de padrões climatológicos (principalmente com a precipitação) entre a área continental (sentido oeste) e a área litorânea oriental do estado (sentido leste). Dessa forma existe uma tendência de alteração dos padrões climatológicos, na área em estudo, com mais chuvas a menos chuvas, no sentido leste-oeste, respectivamente.

Segundo a classificação estabelecida por Köppen (1936); Peel; Finlayson; McMahon (2007), a área em estudo apresenta um clima Tropical com estação seca de verão e com chuvas no inverno, do tipo As. Segundo Mendonça; Danni-Oliveira (2007) apresenta clima tropical litorâneo do Nordeste oriental. A seguir serão expostos os padrões climatológicos da área observada, considerando como parâmetros de análise da precipitação (com uma análise mais regional) e temperatura, umidade relativa do ar e ventos, com uma análise mais pontual, em função das poucas estações de coleta climatológica presentes na área de estudo.

- *Precipitação.*

Como elementos básicos de análise pluviométrica, foram utilizados dados de precipitações pluviais (diárias e mensais) a partir de dados cedidos gentilmente pela EMPARN (Empresa da Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, 2010) de doze estações pluviométricas localizadas nos municípios de Natal, Parnamirim, São José do Mipibu, Nísia Floresta, Senador Georgino Avelino, Arês, Vila Flor, Tibau do Sul, Baía Formosa, Goianinha, Canguaretama e Pedro Velho, no período de 47 anos (janeiro de 1963 a dezembro de 2009). Para uma melhor distribuição espacial da precipitação regional, também foi coletado em (DCA, 2010) dados de precipitação de uma estação no município de Mataraca/PB com abrangência de um período de 25 anos de chuva.

De posse destas informações, os dados foram tratados e organizados, a partir de cálculos de médias aritméticas no software *Excel*, sendo possível a elaboração de mapas de distribuição espacial de isoietas no software *Surfer 9* a partir do método de Krigagem. Com esse método, segundo Landim (2003), torna-se viável a melhor estimativa possível para locais não amostrados, pela minimização da variância do erro. Foi elaborado um mapa de distribuição espacial de isoietas anual (figura 31), considerando um intervalo de 30 mm e doze mensais, considerando um intervalo de 2 mm em cada mês.

A variação da precipitação na área de estudo é condicionada pela orientação dos sistemas de correntes perturbadas (citadas na página anterior), apresentando uma baixa variação quanto a sua volumetria com totais anuais muito significativos, quando comparado aos totais na região semi-árida do estado. Sua distribuição é irregular com maiores índices no inverno, com predominância no volume de chuvas no quadrimestre de abril a julho e estação seca nos meses de novembro e dezembro. (Observar tabela 7 e figuras 29 e 30).

A média anual de chuvas na área em estudo é de 1.429,36 mm, com amplitude média mensal de 20,2 mm em outubro (mês menos chuvoso) a 236,9 mm em junho (mês mais chuvoso). Considerando somente os municípios inseridos na área em estudo, seus máximos anuais de chuva podem atingir 3.890 mm, como no município de São José de Mipibu em 1974 e mínimos com 484,9 mm em 1993, no município de Goianinha. O município de São José de Mipibu apresentou a maior amplitude anual de chuvas, variando de 552,6 mm em 1983 a 3.890 mm em 1974.

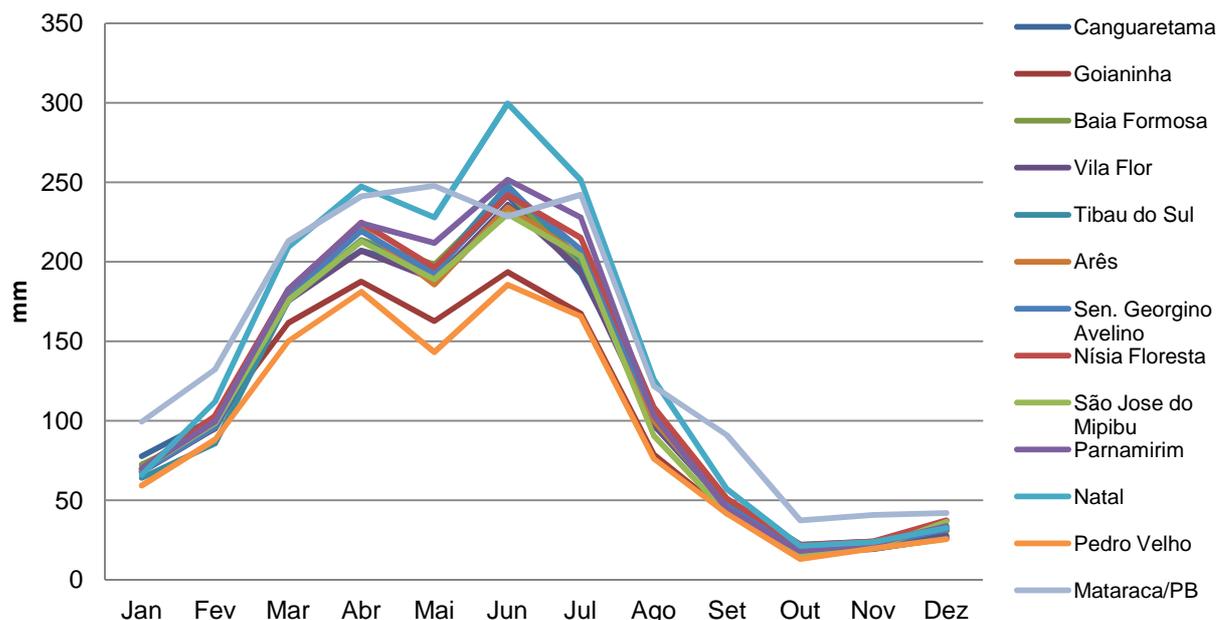
Tabela 7 – Valores de totais de precipitações (mm) na área de estudo e município de Mataraca/PB*. Relação entre o total mensal/anual e média mensal para cada município onde estão inseridas as estações pluviométricas no período de 47 anos (1963-2009). Total de 564 meses.

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Precipitação Total Anual Média (mm) por Município
Canguaretama	77,6	101,8	176,4	207	194,4	241,5	192,5	103,7	50,2	22,1	24,1	30,8	1.422,1
Goianinha	67,8	99,8	161,3	187,4	162,6	193,5	167,3	78,6	41,7	16,5	19,1	26,3	1.221,9
Baia Formosa	72,4	95	175,9	213,6	198,2	243,5	197,8	98,8	49,1	19,7	22,9	30,4	1.417,3
Vila Flor	67,7	95,3	175,3	206,8	188,6	235,9	194,9	97,1	47	18,9	21,3	27,6	1.376,4
Tibau do Sul	64	85,6	175,5	212,9	194,5	248	201,2	100,2	45,7	17,6	19,5	25,8	1.390,5
Arês	69,8	99,3	177,9	221,3	185,7	234,1	203,5	100,2	47,1	20,2	21,8	32,7	1.413,6
Sen. Georg. Avelino	68	96	178,9	219,5	192,2	246	207,5	103,9	48,4	20,2	22,1	31,7	1.434,4
Nísia Floresta	70	103,2	182,2	224,6	196,3	242	215	108,4	50,9	21,9	24,1	37,2	1.475,8
São Jose do Mipibu	69,6	98,6	175,6	212,8	188,8	230	203,7	90,5	41,8	15,8	19,8	36,4	1.383,4
Parnamirim	69,8	99,5	182,4	224,3	211,8	251,6	227,8	103	44,3	18	22,5	33,7	1.488,7
Natal	66	112	209,1	247,3	227,9	299,6	251,3	126,1	57	21,2	23,6	32,4	1.673,5
Pedro Velho ^Δ	59,1	88,1	150	181,1	143,1	185,4	165,6	76	41,5	13	19,6	25,5	1.148,0
Mataraca/PB*	99,4	132,2	212,8	241	247,8	228,5	242,2	121,6	90,8	37,2	40,7	41,9	1.736,1
Média Mensal para a Área de Estudo	70,9	100,5	179,5	215,4	194,8	236,9	205,4	100,6	50,4	20,2	23,2	31,7	1.429,36

Fonte: EMPARN (2010); DCA (2010). Dados tabulados pelo autor.

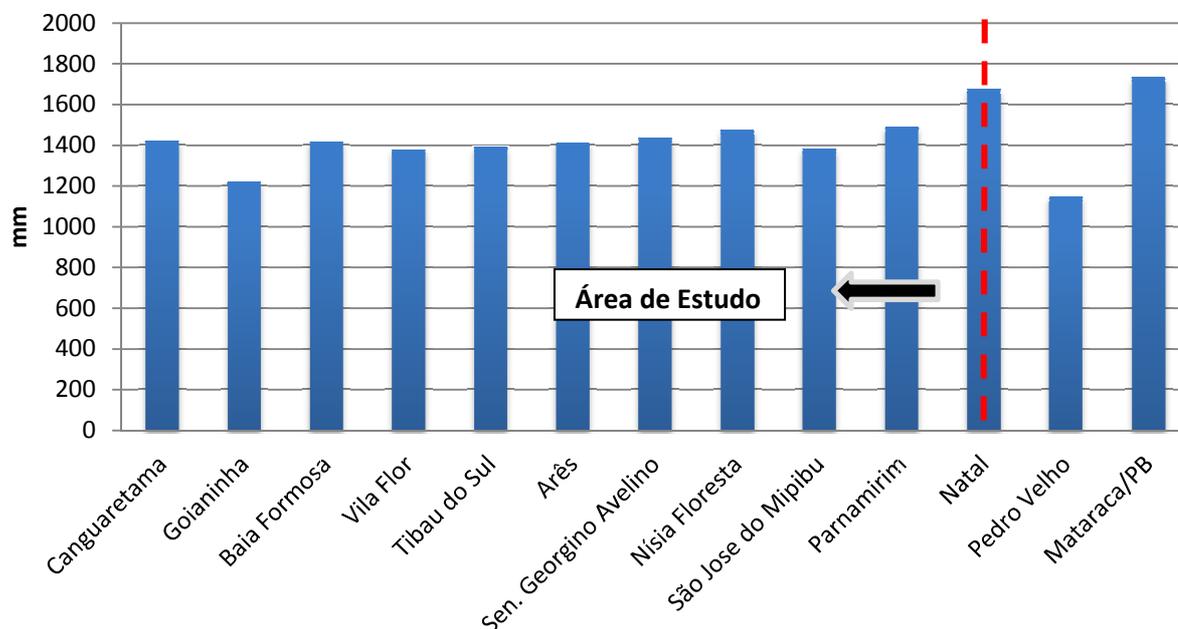
^Δ O município de Pedro Velho não está inserido na área de estudo, porém foi utilizado para melhor parametrizar espacialmente a distribuição de chuvas.

* No município de Mataraca/PB a média aritmética foi feita considerando dados coletados em um período de 25 anos.



Fonte: EMPARN (2010); DCA (2010). Dados tabulados pelo autor.

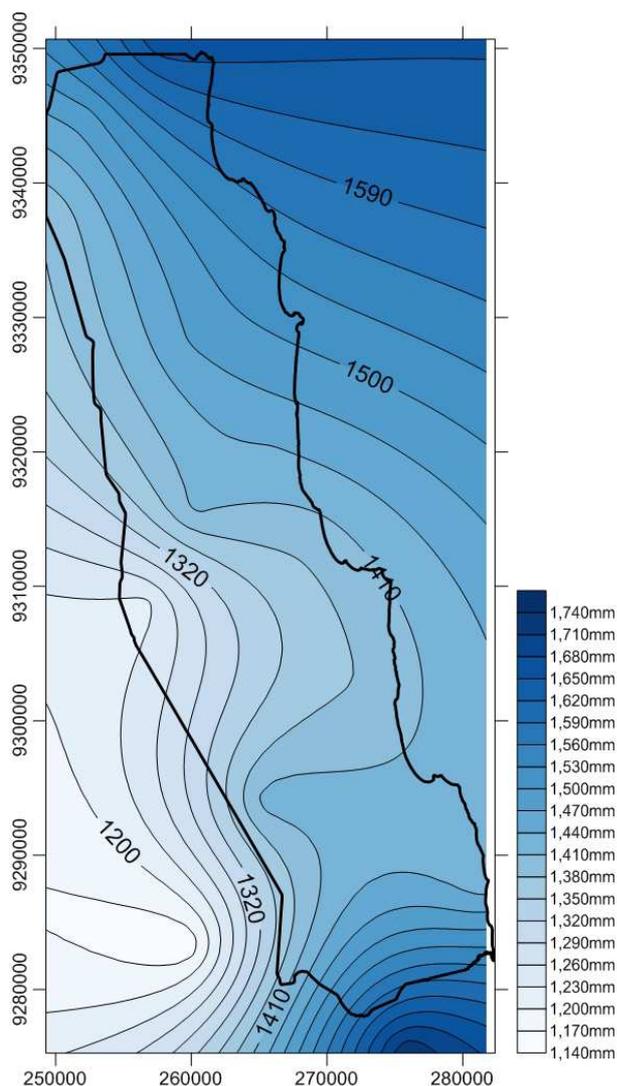
Figura 29 – Média de precipitação concentrada nos meses de junho e julho (inverno chuvoso) para cada município inserido na área de estudo. Percebe-se a ocorrência de um pequeno veranico no mês de maio. As médias das chuvas indicam que no quadrimestre chuvoso (abril-julho) as chuvas sempre estão acima dos 150 mm mensais (com exceção de Pedro Velho) e que o trimestre seco (outubro-dezembro) as chuvas não passam de 50 mm, demonstrando assim, uma forte concentração dos totais anuais de chuvas na área, nos meses mais chuvosos.



Fonte: EMPARN (2010); DCA (2010). Dados tabulados pelo autor.

Figura 30 – Precipitação Total Anual Média (mm) por Município. Percebe-se claramente o decréscimo do total de precipitação anual no município de Pedro Velho (limite oeste da área de estudo). Considerando somente os municípios inseridos na área de estudo e a média anual no período de 47 anos, nota-se certa homogeneidade nos totais de precipitação, apresentando uma variação de 451,6 mm entre o município mais chuvoso (Natal) e o menos chuvoso (Goianinha). Neste trabalho não são analisados os fatores que condicionam essas diferenças pluviométricas, como orografia, pressão atmosférica etc.

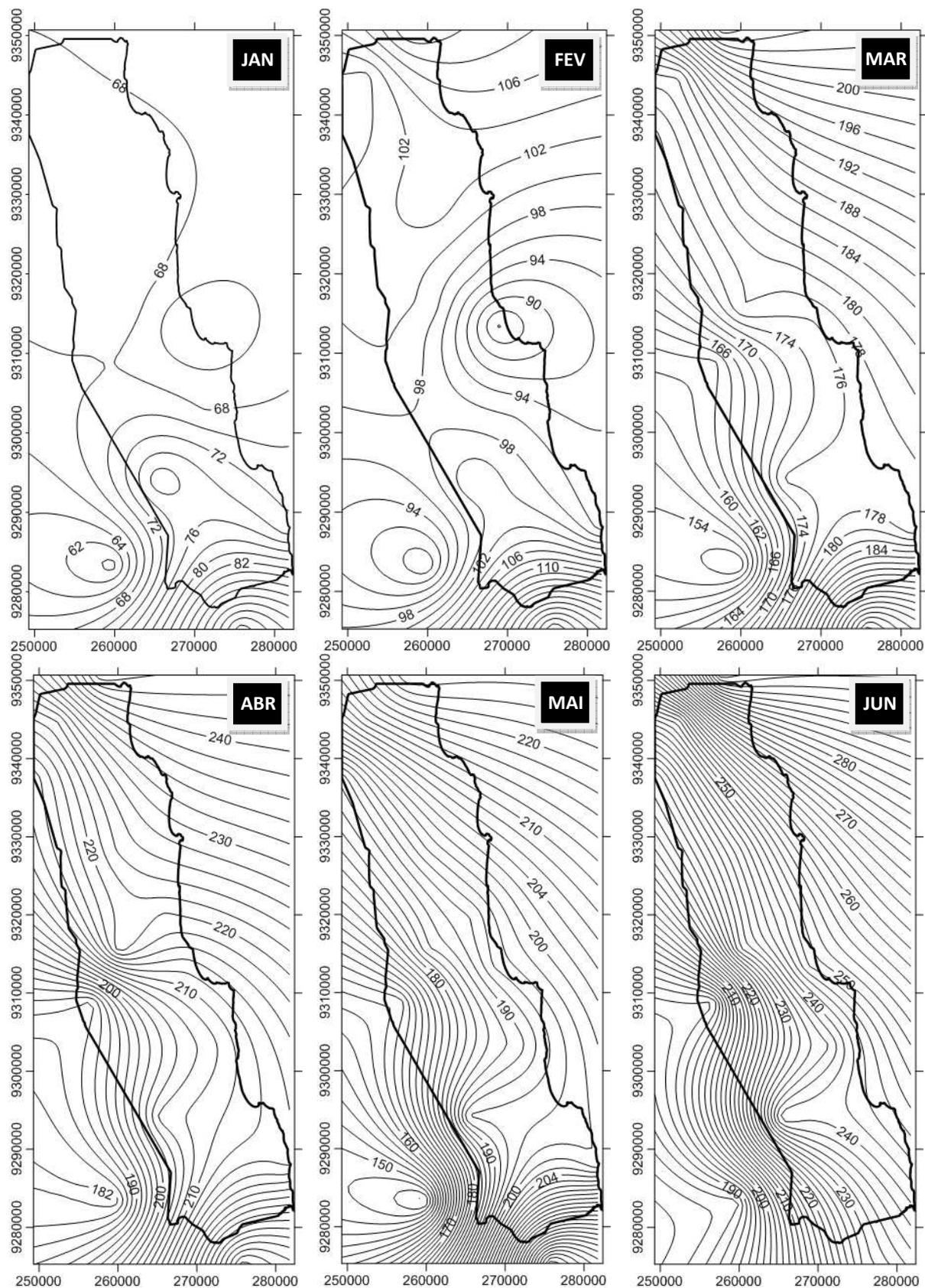
O mapa de isoietas abaixo é o resultado da interpolação (krigagem) realizada neste trabalho dos dados pluviométricos das estações na área de estudo. O mapa mostra que os maiores índices de precipitação anual se localizam nas bordas norte e sul da área de estudo, tendo como representantes máximos o município de Natal e Mataraca/PB, com um decréscimo de pluviosidade na região central, no município de Goianinha. Para a elaboração deste mapa não foram considerados parâmetros geomorfológicos como condicionadores de distribuição de chuva na área.



Fonte: EMPARN (2010); DCA (2010). Mapa elaborado a partir de interpolação por krigagem.

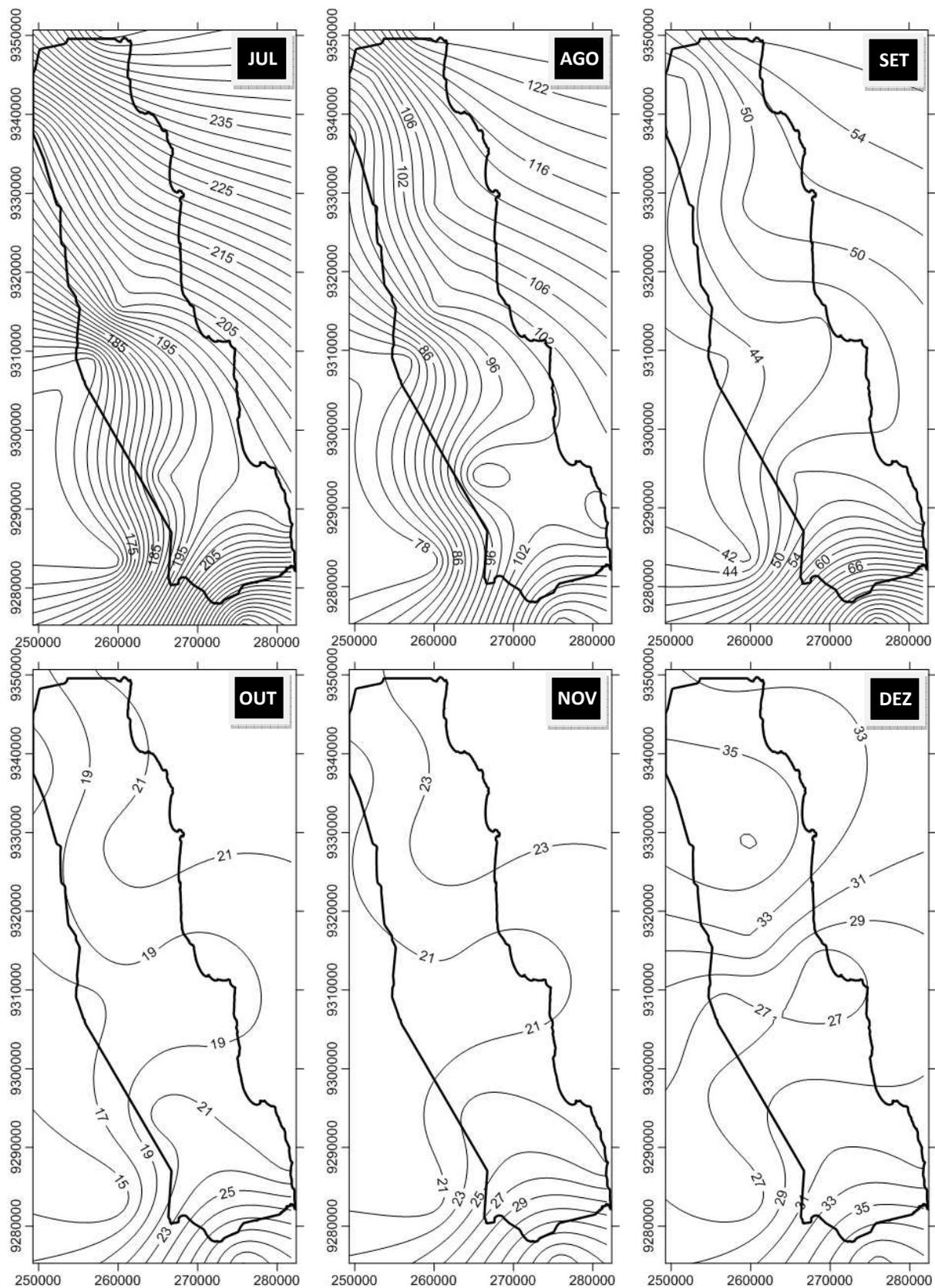
Figura 31 – Mapa de isoietas da área de estudo com distribuição espacial das chuvas (intervalo de 30 mm). Média anual para um período de 47 anos (1963-2009).

As figuras 32 e 33 representam os mapas de isoietas de distribuição espacial de chuvas (intervalo de 2 mm), considerando os dados coletados nas estações de coleta distribuídas na área de estudo. Percebe-se que no quadrimestre mais chuvoso (abril, maio, junho e julho) ocorre um maior volume de chuvas na área.



Fonte: EMPARN (2010); DCA (2010). Mapa elaborado pelo autor.

Figura 32 – Mapa de isoietas mensais da área de estudo com distribuição espacial das chuvas em mm. Média anual considerando um período de 47 anos (1963-2009). Intervalo entre as isoietas de 2mm. Meses de janeiro a junho.



Fonte: EMPARN (2010); DCA (2010). Mapa elaborado pelo autor.

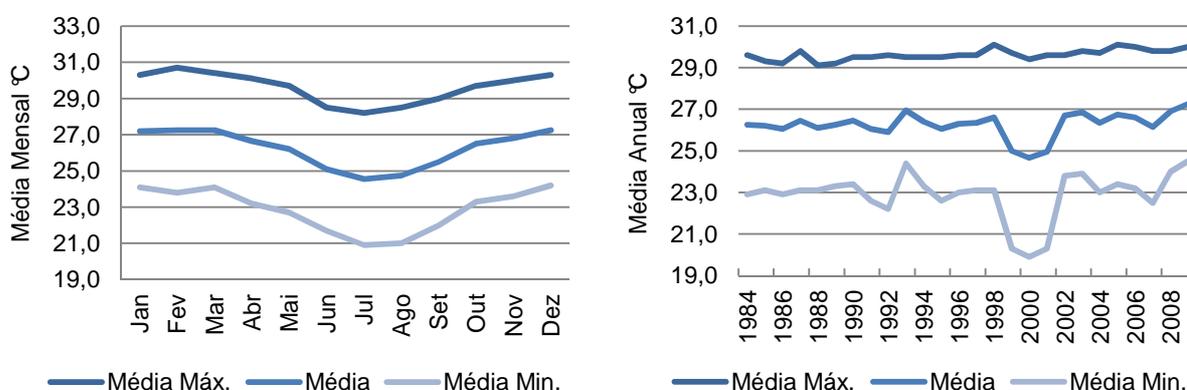
Figura 33 – Mapa de isoietas mensais da área de estudo com distribuição espacial das chuvas em mm. Média anual considerando um período de 47 anos (1963-2009). Intervalo entre as isoietas de 2mm. Meses de julho a dezembro.

- Temperatura

As análises das características das temperaturas na área em estudo tomam como fonte os dados coletados na Estação Climatológica do Departamento de Geografia no Campus Central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Município de Natal (DGE, UFRN, INMET, 2010), extremo norte da área em estudo. A consolidação das variáveis teve como referência amostral coletas diárias de temperatura máxima e mínima realizadas em uma série histórica de 26 anos (janeiro de 1984 a dezembro de 2009).

A área se caracteriza por apresentar altas temperaturas, podendo variar de 20,9°C na média mínima a 30,7°C, na média máxima. A variação térmica é influenciada pela atuação de sistemas de chuva, onde os meses mais frios são os inseridos no inverno chuvoso e os mais quentes no verão seco. A amplitude mensal das temperaturas varia entre 32°C em fevereiro de 1984 e 17°C em agosto de 1999.

As variações de temperatura no período de 1984 a 2009 são acentuadas, principalmente nas médias mínimas. Percebe-se uma maior oscilação das temperaturas mínimas, principalmente a partir de 1990. No período de 1984 a 2009 a temperatura média manteve-se constante, ficando na faixa de 26°C, com exceção de 1999 a 2001, período este em que as médias mínimas decaíram em torno de 3°C. Analisando-se os anos de 2008 e 2009, percebe-se que, pela primeira vez no período registrado, as médias anuais ficaram acima de 27°C, podendo indicar um aquecimento, nos últimos anos, das temperaturas na área de estudo. Essa hipótese necessitaria de mais elementos para ser confirmada. A figura 34 seguir ilustra estas informações.



Fonte: DGE/UFRN/INMET (2010) - Estação Climatológica -. Dados tabulados pelo autor.

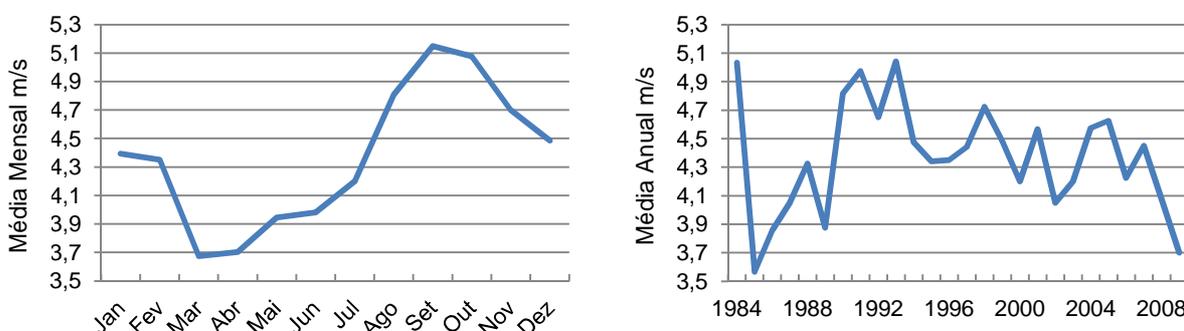
Figura 34 – Médias mensais e anuais de variação de temperatura (°C) máxima, média e mínima, considerando um período de 26 anos (1984-2009).

- Ventos

A incidência de ventos na área de estudo é condicionada pelo posicionamento geográfico em que se encontra, caracterizada por estar em baixas latitudes (5°-6°S). São alísios com predominância de direção 100°-120° (leste-sudeste) no verão e 140°-180° (sudeste-sul) no inverno, com velocidade média mensal variando de 3,7 m/s (março-maio) a 5,2 m/s (setembro-outubro).

Assim como nas análises de temperatura, as análises de velocidade de vento também tomaram como referência a Estação Climatológica da UFRN (DGE, UFRN, INMET, 2010) em uma série histórica de 26 anos (janeiro de 1984 a dezembro de 2009). Entretanto as análises de direção de vento não foram realizadas a partir desta estação, pois não foi possível a obtenção dos dados. Assim, tomou-se como fonte de dados para as suas análises, a estação de coleta de dados meteorológicos localizada no aeroporto de Parnamirim/Natal do CPTEC/INPE.

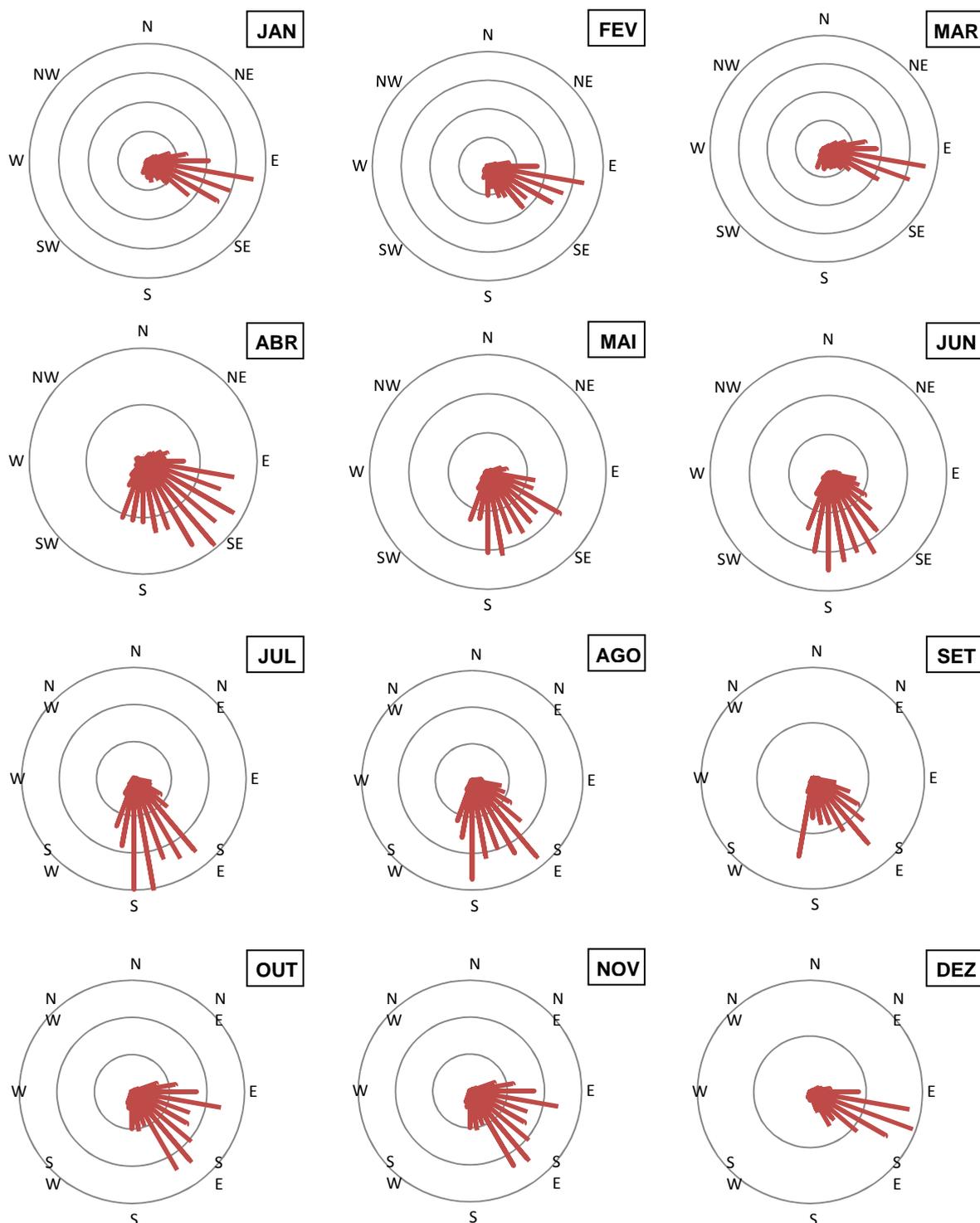
A maior incidência de ventos na região nos meses de agosto, setembro e outubro coincidem com o início da estação seca, fazendo com que muitos sedimentos arenosos de dunas se desloquem nos sentidos predominantes de vento, em função da pouca agregação da água sobre estes. (Figura 35).



Fonte: DGE/UFRN/INMET (2010) - Estação Climatológica -. Dados tabulados pelo autor.

Figura 35 – Médias mensais e anuais de variação de velocidade do vento (m/s), considerando uma série histórica de 26 anos (1984-2009).

Para o levantamento do direcionamento do vento foram utilizados dados diários coletados a cada hora no período de 24 meses (jul. 2008 - jun. 2010), sendo cotadas ao todo, 16.955 situações de direção. Os valores "0" foram desconsiderados e a direção predominante do vento foi caracterizada pela ocorrência, em graus, das direções observadas a cada hora. Em seguida dividiu-se o número de ocorrências em uma determinada direção, pelo número total de observações, chegando-se a frequência (em %) de ocorrência do vento em uma determinada direção. (Figura 36).



Fonte: CPTEC/INPE (2010)-Estação Meteorológica do Aerop. de Natal. Dados tabulados pelo autor.

Figura 36 – Rosa dos ventos com frequência média da direção do vento (em %) nos doze meses do ano, em uma série histórica de 24 meses (julho de 2008 a junho de 2010). Percebe-se a partir desta análise que os ventos possuem uma tendência de alteração de direção no decorrer do ano. Nos meses de dezembro a março os ventos sopram de direção mais Leste e nos meses de maio a agosto, têm uma tendência de direcionamento a partir do setor Sul-Sudeste.

3.2 Aspectos Sócio-Econômicos

3.2.1 Dados Populacionais

A área de estudo apresenta características demográficas de uma região tradicionalmente rural e recentemente urbanizada com diversos entraves de ordem sócio-econômicos, principalmente nas áreas urbanas, nas sedes dos municípios. Suas populações tiveram um grande incremento principalmente a partir da década de 60, onde incentivos gerados por políticas públicas alavancaram o crescimento das taxas de natalidade. A população dos municípios inseridos na área de estudo teve um grande acréscimo, saltando, em 1960, de 236.119 para, 1.162.830 habitantes, no ano de 2010, concentrando atualmente 36,7% do total da população estadual que é de 3.168.027 habitantes, segundo IBGE (2011).

Na tabela 8, a seguir observa-se que, no cômputo geral nos anos de 1960 a 2010, os municípios inseridos na área de estudo, apresentaram uma elevada taxa de crescimento populacional totalizando 392,5%. Analisando-se individualmente os municípios, percebe-se que as taxas apresentam grande variação nos seus valores, como nos municípios de Parnamirim e Arês que apresentam taxas de crescimento populacional, no período de 1960-2010, que vão de 2.193,9% a 46,2%, respectivamente. Esse crescimento populacional traz consigo uma série de problemas ambientais aos municípios, tema discutido em capítulos posteriores nesta tese, uma vez que, seu contingente populacional e as atividades sócio-econômicas, pressionam os ambientes naturais nessas áreas.

Municípios que apresentam altos índices de crescimento populacional em um curto período de tempo (50 anos), como Parnamirim, que passou de 8.826 em 1960 para 202.456 habitantes em 2010, passam por um brusco re-ordenamento do território. Todas as políticas públicas que ora eram voltadas para uma gestão municipal calcada em uma pequena população, têm que ser adequada para essa nova realidade, fato este, pouco freqüente nos municípios brasileiros e não diferente na área em questão.

Na tabela 8 e na figura 37 pode-se observar os números absolutos e taxas de crescimento populacional dos municípios que estão inseridos na área de estudo.

Tabela 8 – População recenseada, por ano (1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010) e taxa de crescimento populacional entre os anos de 1960 e 2010 (50 anos) dos municípios inseridos na área de estudo.

	1960 ¹	1970 ²	1980 ²	1991 ²	2000 ²	2010 ³	Taxa Crescim.
Arês	8.837	7.962*	9.958	11.140	11.323	12.924	46,2%
Baia Formosa	2.857	3.814	5.155	7.223	7.821	8.573	200,1%
Canguaretama	14.288	15.579 ^Δ	17.980	22.919	27.011	30.916	116,4%
Parnamirim	8.826	14.502	26.362	63.312	124.690	202.456	2.193,9%
Goianinha	13.473	9.835 [#]	11.903	17.496	17.661	22.481	66,9%
Natal	160.253	264.379	416.892	606.887	712.317	803.739	401,5%
Nísia Floresta	9.628	9.412	9.982	13.934	19.040	23.784	147,0%
São José de Mipibu	17.957	17.312	20.441	28.151	34.912	39.776	121,5%
Senador Georgino Avelino	-	1.725	1.981	2.663	3.302	3.924	127,5% [□]
Tibau do Sul	-	3.897	4.873	5.964	7.749	11.385	192,1% [□]
Vila Flor	-	1.152	1.524	2.297	2.528	2.872	149,3% [□]
População total por década	236.119	349.569	527.051	781.986	968.354	1.162.830	392,5%

Fonte: ¹ IBGE (1960); ² IBGE (2010); ³ IBGE (2011). Dados tabulados pelo autor.

Nota: Sinais convencionais utilizados:

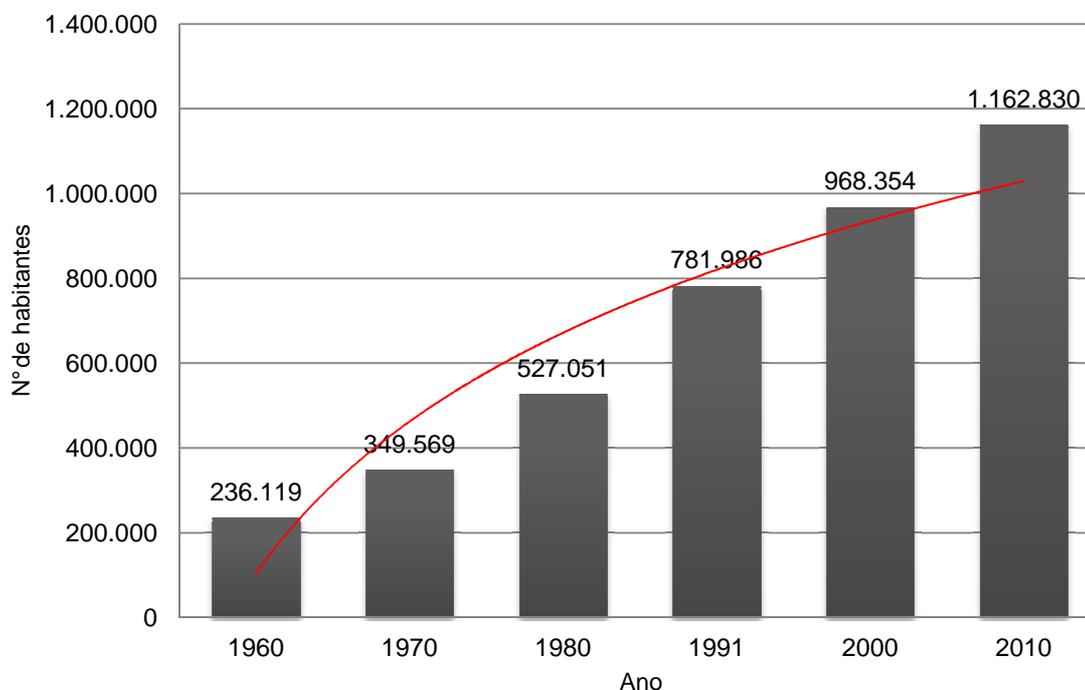
- Dado numérico igual a zero, em função de os municípios ainda não estarem instalados por lei.

* Diminuição da população em função da criação, em 1963, do município de Sen. G. Avelino.

^Δ População diminuída em função da criação, em 1963, do município de Vila Flor.

[#] Diminuição da população em função da criação, em 1963, do município de Tibau do Sul.

[□] Taxa de crescimento calculada entre os anos de 1970 a 2010.



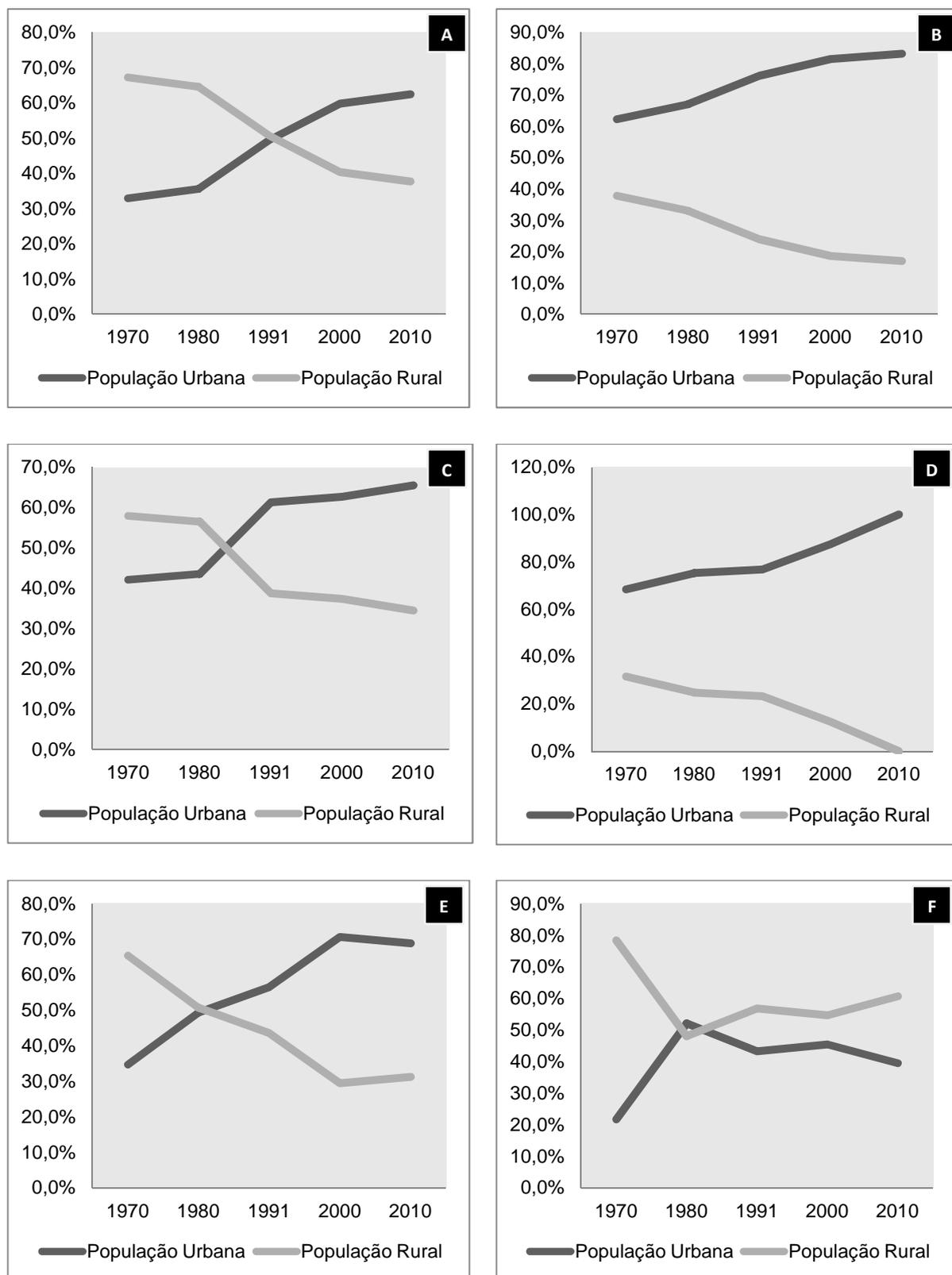
Fonte: ¹ IBGE (1960); ² IBGE (2010); ³ IBGE (2011). Dados tabulados pelo autor.

Figura 37 – Evolução da população total recenseada, por ano (1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010) dos municípios inseridos na área de estudo. Linha vermelha apresenta linha de tendência logarítmica.

Os aspectos populacionais dos municípios inseridos na área de estudo apresentam grandes disparidades quanto ao tamanho da população e quanto a sua situação do domicílio, conforme se pode observar na tabela 9. De uma forma geral, entre 1970 e 2010 a área de estudo tornou-se mais urbana. Em 1970 a população rural apresentava índices de 16,1%. Em 2010 a mesma apresenta índices de 5,6%. Já a população urbana, que era 83,9%, em 1970, passou a apresentar índices de 94,4% de população. Em um pequeno período de 40 anos, municípios, como Tibau do Sul, que apresentavam altas taxas de população rural em 1970, com 84,4%, passaram a ser, em 2010 mais urbanos com 60,3% de sua população. Dos onze municípios inseridos na área de estudo, somente dois (Nísia Floresta e São José de Mipibu), são considerados municípios rurais. Dois municípios (Natal e Parnamirim), não possuem, segundo seus planos diretores, áreas rurais, sendo assim, eminentemente urbanos. Em valores absolutos, a população rural pouco cresceu, passando de 56.356 habitantes em 1970 para 64.591 em 2010. Contudo, quando se observa a evolução da população urbana na área, as taxas de crescimento populacional são elevadas, indo de 293.223 habitantes em 1970 para 1.098.249 em 2010. (Tabela 9).

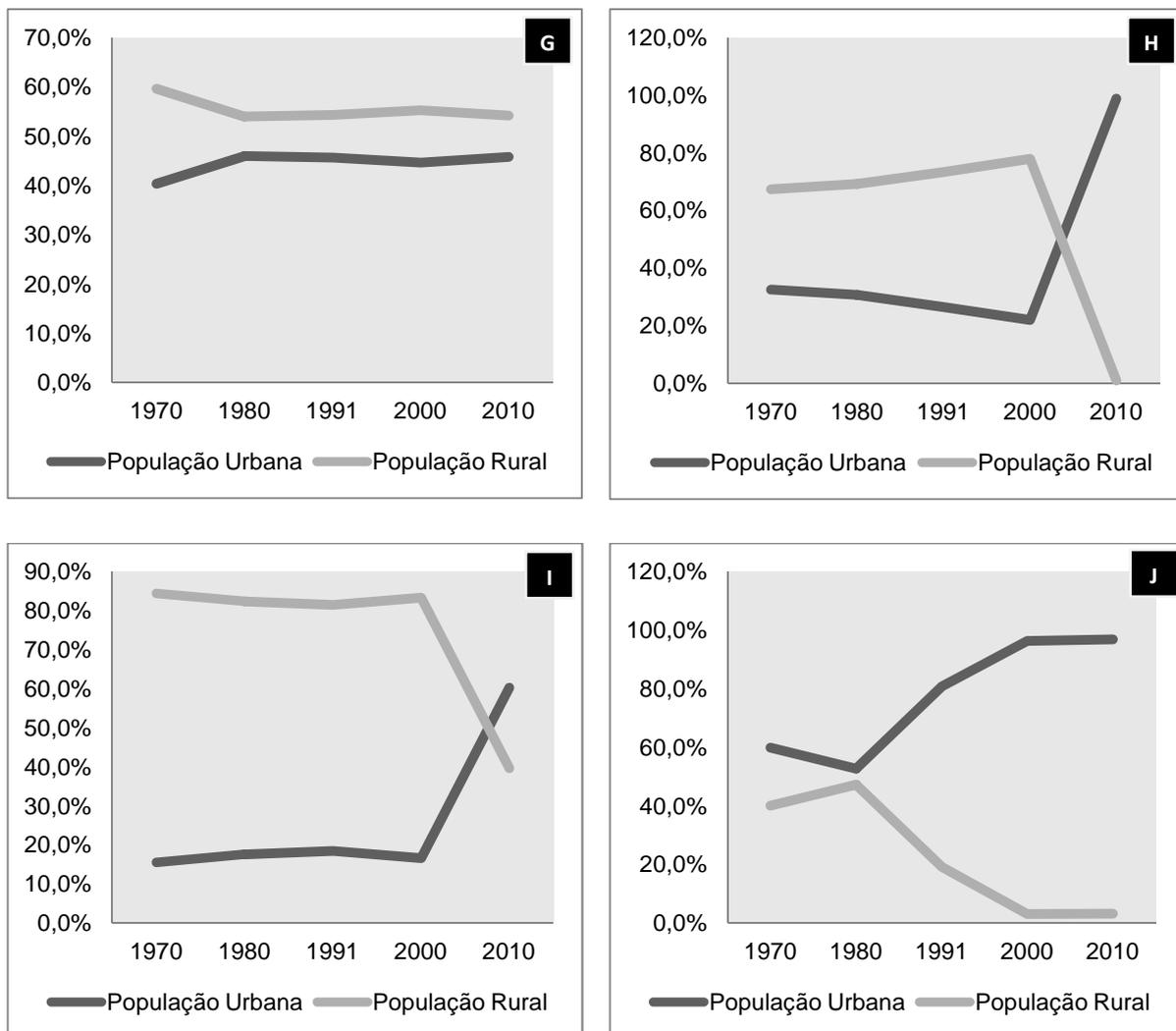
Alguns municípios só alteram os valores médios das situações de domicílios rurais para urbanos nas últimas décadas, como os municípios de Senador Georgino Avelino e Tibau do Sul. Outros se caracterizam por sempre apresentarem, altas taxas de população urbanas (considerando o período a partir de 1970), como os municípios de Natal, Parnamirim, Baía Formosa e Vila Flor. Nesse período de 40 anos, o município de São José de Mipibu é o que apresenta a menor variação entre a população urbana e rural, mas apresentando uma linha de tendência convergente para os próximos anos, indicando um processo de urbanização mais lento, quando se comparado aos outros municípios, mas constantes na sua tendência.

O município de Tibau do Sul apresentou entre os anos de 2000 e 2010 uma profunda e rápida alteração da situação de seus domicílios, passando de uma população rural para urbana, muito provavelmente em função do avanço das atividades turísticas no município, pois ali se concentra um dos maiores pólos turísticos do estado como as praias de Pipa e Tibau do Sul. As figuras 38 e 39 a seguir esclarecem essas análises.



Fonte: IBGE (2010); IBGE (2011). Dados tabulados pelo autor.

Figura 38 – Representação por município da evolução das alterações da situação do domicílio da população inserida na área de estudo. Evolução comparativa entre os anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Municípios de Arês (A); Baía Formosa (B); Canguaretama (C); Parnamirim (D); Goianinha (E) e Nísia Floresta (F).



Fonte: IBGE (2010); IBGE (2011). Dados tabulados pelo autor.

Figura 39 – Representação por município da evolução das alterações da situação do domicílio da população inserida na área de estudo. Evolução comparativa entre os anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Municípios de São José de Mipibu (G); Senador Georgino Avelino (H); Tibau do Sul (I) e Vila Flor (J).

Tabela 9 – População recenseada, por situação do domicílio, segundo os municípios inseridos na área de estudo nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Valores absolutos e percentuais.

	1970	1970	1980	1980	1991	1991	2000	2000	2010	2010
	Rural	Urbana								
Arês	5.349	2.613	6.421	3.537	5.644	5.496	4.562	6.761	4.855	8.069
<i>Percentual por município</i>	67,2%	32,8%	64,5%	35,5%	50,7%	49,3%	40,3%	59,7%	37,6%	62,4%
Baia Formosa	1.441	2.373	1.701	3.454	1.728	5.495	1.452	6.369	1.445	7.128
<i>Percentual por município</i>	37,8%	62,2%	33,0%	67,0%	23,9%	76,1%	18,6%	81,4%	16,9%	83,1%
Canguaretama	9.025	6.554	10.155	7.825	8.874	14.045	10.087	16.924	10.681	20.235
<i>Percentual por município</i>	57,9%	42,1%	56,5%	43,5%	38,7%	61,3%	37,3%	62,7%	34,5%	65,5%
Parnamirim	4.580	9.922	6.527	19.835	14.719	48.593	15.551	109.139	-	202.456
<i>Percentual por município</i>	31,6%	68,4%	24,8%	75,2%	23,2%	76,8%	12,5%	87,5%	0,0%	100,0%
Goianinha	6.426	3.409	6.032	5.871	7.617	9.879	5.192	12.469	7.004	15.477
<i>Percentual por município</i>	65,3%	34,7%	50,7%	49,3%	43,5%	56,5%	29,4%	70,6%	31,2%	68,8%
Natal	6.913	257.466	-	416.892	-	606.887	-	712.317	-	803.739
<i>Percentual por município</i>	2,6%	97,4%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
Nísia Floresta	7.375	2.037	4.791	5.191	7.911	6.023	10.402	8.638	14.404	9.380
<i>Percentual por município</i>	78,4%	21,6%	48,0%	52,0%	56,8%	43,2%	54,6%	45,4%	60,6%	39,4%
São Jose de Mipibu	10.326	6.986	11.039	9.402	15.293	12.858	19.310	15.602	21.544	18.232
<i>Percentual por município</i>	59,6%	40,4%	54,0%	46,0%	54,3%	45,7%	55,3%	44,7%	54,2%	45,8%
Senador Georgino Avelino	1.163	562	1.372	609	1.956	707	2.575	727	43	3.881
<i>Percentual por município</i>	67,4%	32,6%	69,3%	30,7%	73,5%	26,5%	78,0%	22,0%	1,1%	98,9%
Tibau do Sul	3.290	607	4.015	858	4.862	1.102	6.461	1.288	4.524	6.861
<i>Percentual por município</i>	84,4%	15,6%	82,4%	17,6%	81,5%	18,5%	83,4%	16,6%	39,7%	60,3%
Vila Flor	462	690	720	804	441	1.856	93	2.435	88	2.784
<i>Percentual por município</i>	40,1%	59,9%	47,2%	52,8%	19,2%	80,8%	3,7%	96,3%	3,1%	96,9%
População total por década	56.356	293.223	52.778	474.283	69.049	712.947	75.689	892.675	64.591	1.098.249
Percentual total por década	16,1%	83,9%	10,0%	90,0%	8,8%	91,2%	7,8%	92,2%	5,6%	94,4%

Fonte: IBGE (2010); IBGE (2011). Dados tabulados pelo autor.

Nota: Sinais convencionais utilizados:

- Dado numérico igual a zero, em função de os municípios não apresentarem população rural.

3.2.2 Cobertura e Uso da Terra

A evolução das formas de uso da terra na área de estudo tem como referência histórica uma ocupação secular que até hoje influencia as atividades presentes. A consolidação da cultura sucroalcooleira foi responsável pelo avanço da intervenção humana nos ambientes do litoral sul do estado, principalmente sobre as áreas de tabuleiros e de remanescentes de Mata Atlântica, transformando demasiadamente, as características naturais da área. As diversas coberturas e usos que se dão na terra são frutos de atividades econômicas que privilegiam a antropização desregulada em detrimento da conservação ou preservação dos ambientes ali inseridos, principalmente nos dias atuais, quando as atividades agropecuárias e de especulação de terras são apresentados, pela classe política, como um dos caminhos indutores ao desenvolvimento sócio-econômico da região. Atualmente, as atividades turísticas e o avanço das áreas urbanizadas modificam os usos de áreas até então consolidadas, provocando uma série de impactos ambientais como desmatamentos, avanço sobre campos de dunas, aterramentos de vales interdunares e terraplenagens de topos de morro, por exemplo.

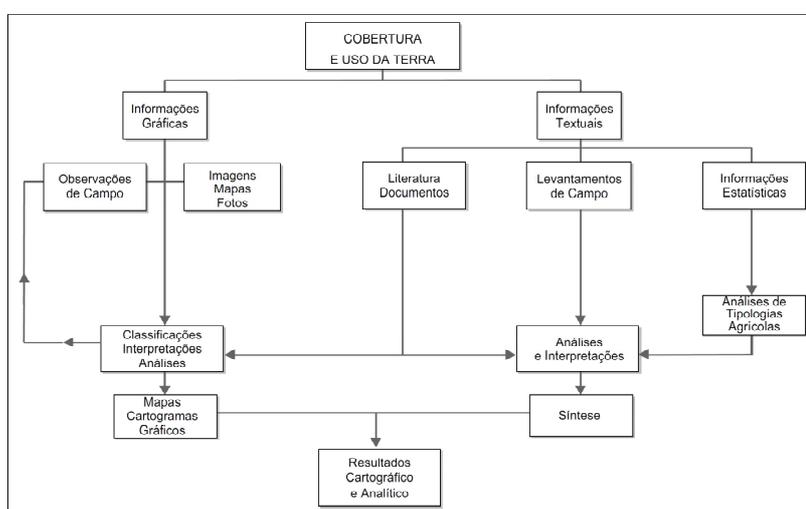
É nesse cenário que o levantamento das unidades de cobertura e uso da terra foi elaborado, considerando as modificações impostas pelas atividades sócio-econômicas e a diferenciação das tipologias de uso presentes na área.

A diferenciação existente entre a cobertura e o uso da terra, consiste no fato de que a cobertura avalia os elementos da natureza ou de aparelhos antrópicos que estão recobrando a superfície terrestre, considerando as camadas superficiais do solo, independentemente se a cobertura é natural ou antropizada. O uso da terra configura as formas como esses elementos ou coberturas são tratados, atribuída às variadas atividades humanas sobre estas, sejam elas industriais, urbanas, agropecuárias ou florestais.

Como procedimentos para o levantamento da cobertura e uso da terra na área de estudo, foi tomada como referência metodológica de trabalho, a nova edição do Manual Técnico de Uso da Terra, publicado por IBGE (2006), que define que o levantamento do uso e da cobertura da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada através de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura da terra, visando a sua classificação e espacialização através de cartas. Ainda destaca

que, ao retratar as formas e a dinâmica de ocupação da terra, esses estudos também representam instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental diante dos diferentes manejos empregados na produção, contribuindo assim para a identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade do desenvolvimento.

Para o levantamento das unidades de mapeamento da área foi utilizada uma imagem orbital do satélite Landsat 5 TM (1:50.000) de órbita-ponto 214-64, nas bandas 321 no RGB datada de 06 de setembro de 2010. Essa imagem passou por processamentos digitais com filtragens e estatísticas por desvios-padrão para obtenção de uma melhor interpretação das respostas espectrais contidas na imagem. Seu georeferenciamento foi feito a partir de pontos de controle retirados do Levantamento Aerofotogramétrico SETUR/SIN/IDEMA (2006) em escala de 1:25.000. Em função de sua escala ser de semi-detulhe e escala espacial de 2 metros, os limites das unidades de cobertura e uso da terra foram definidos a partir deste levantamento. Contudo, a atualização das atuais unidades de cobertura e uso foi feita a partir da imagem Landsat de setembro de 2010, por onze incursões de campo e por cinco sobrevôos aéreos. Também foram utilizadas como apoio e atualização das unidades, imagens paralelamente visualizadas no *software Google Earth*, datadas de 2009 e 2010. A restituição dos limites das unidades foi realizada pelo método de digitalização direta em tela por estruturas vetoriais zonais, possibilitando, assim, a mensuração das unidades mapeadas. As etapas do processo de levantamento da cobertura e uso da terra seguiram a proposta de IBGE (2006). Observar figura 40.



Fonte: IBGE (2006).

Figura 40 – Fluxograma das etapas dos procedimentos de levantamento da cobertura e uso da terra.

As unidades de mapeamento definidas neste estudo totalizam 9 (nove), classes, distribuídas da seguinte forma: corpos d'água continentais; corpos d'água costeiros; aquicultura intensiva; florestal; campestre; cultura permanente; cultura temporária; pastagem-pecuária e área urbanizada. (Figuras 42, 43 e 44). As definições de cada classe tomam como referência o trabalho de IBGE (2006), conforme descrição a seguir.

- **Corpos d'água continentais:** referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc.
- **Corpos d'água costeiros:** corpos de água salgada e salobra que recobrem os locais junto à costa, englobando a faixa costeira de praias e as águas abrigadas, como estuários, baías, enseadas, lagoas, lagoas litorâneas, canais.
- **Aquicultura intensiva:** na aquicultura intensiva há maior sofisticação, pois se administra ração balanceada, em razão das altas densidades de estocagem. A produtividade pode ser incrementada por meio de fertilização. Pode ser realizada em tanques viveiros e demais reservatórios, desde que haja controle total sobre a entrada e saída de água.
- **Florestal:** consideram-se como florestais as formações arbóreas, incluindo-se aí as áreas de Floresta Densa, de Floresta Aberta e Floresta Estacional.
- **Campestre:** consideram-se como campestres as formações não-arbóreas. Entendem-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. Nas áreas campestres estão incluídas as áreas abertas ou com pouca vegetação, como dunas e campos de areias.
- **Cultura permanente:** cultura de ciclo longo que permite colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio a cada ano. Nessa categoria, estão as espécies frutíferas como laranjeiras, cajueiros, coqueiros e bananeiras.
- **Cultura temporária:** cultura de plantas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixa o terreno disponível para novo plantio. Dentre as culturas destacam-se a de

cereais, tubérculos e hortaliças. Inclui ainda as plantas hortícolas, floríferas, medicinais, aromáticas e condimentares de pequeno porte. As lavouras semi-permanentes como a cana-de-açúcar e a mandioca, bem como as culturas de algumas forrageiras destinadas ao corte, também estão incluídas nessa categoria.

- **Pastagem-Pecuária:** Diz respeito à criação e ao tratamento do gado (bovino, suíno e equino, etc.), aves, coelhos e abelhas. De acordo com os níveis de manejo e a estrutura de produção pode ser classificada em pecuária extensiva, pecuária semi-intensiva e pecuária intensiva.
- **Áreas Urbanizadas:** compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não-agrícolas. Estão incluídas nessa categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições que podem em alguns casos encontrar-se isolados das áreas urbanas.

No levantamento realizado neste trabalho, os corpos d'água continentais abrangem 21,9 km² ou 2,04% da área de estudo. São representados pelos reservatórios artificiais, lagoas e rios sem conexão direta com o mar. Concentram-se entre São José de Mipibu e Parnamirim, principalmente nas depressões dunares com as lagoas oriundas da ressurgência do lençol freático.

Os corpos d'água costeiros fazem parte basicamente dos sistemas estuarinos presentes na área de estudo, no estuário do rio Curimataú e no complexo estuarino Nísia-Papeba-Guarairas. São formados em função da ação de amplitudes de marés que estabelecem dois regimes de cheias periódicas na área (maré alta e baixa). Ocupam 24,77 km² ou 2,31% da área de estudo.

A unidade de mapeamento aquicultura intensiva ocupa as planícies de maré e manguezais presentes nesses dois estuários, pois necessita, para sua produção, de águas salobras em abundância. Praticamente toda a produção é voltada para carcinicultura (criação de camarões) que visa abastecer os mercados externo e interno. Atualmente ocupam 29,77 km² ou 2,78% da área. Seu pico de desenvolvimento se deu no início dos anos 2000 e atualmente encontra-se consolidada. São atividades altamente impactantes, pois em sua maioria, ocupam antigas áreas de manguezal.

A unidade florestal ocupa 260,5 km² ou 24,32% da área em estudo. É a segunda área em ocupação com variada ocorrência de espécies. Estas se caracterizam por diversificação da fisionomia, mas assemelham-se por possuir continuidades florestais remanescentes e por possuir porte arbóreo. Podem ser florestas higrófilas, de tabuleiros costeiros ou de campo de dunas. Nesse levantamento não foi realizada essa distinção, agrupando-as, assim, em uma única classe. Distribuem-se em campos de dunas pouco antropizados, margens de rios, estuários e em área de tabuleiro. São considerados como remanescentes florestais do Bioma Mata Atlântica, independente do seu estágio sucessional.

Neste trabalho, a unidade campestre caracteriza-se tanto por possuir um porte arbustivo e herbáceo, como por ser de áreas fortemente antropizadas, embora não urbanizadas e que passam por estágios de recuperação, mas que ainda não atingiram um porte suficiente para serem classificadas como unidade florestal. Ocupam 198,58 km² ou 18,57% da área. Estão em áreas de dunas arrasadas, mas sem vegetação, em áreas de dunas recentes e restingas em outras áreas ausentes de vegetação, mas que não possuem pastagens ou atividades agrícolas.

Na área de estudo a unidade cultura permanente basicamente se caracteriza por plantações de coqueirais e árvores frutíferas como mangueiras e cajueiros. Perfazem 77,56 km² ou 7,24% da área de estudo. Geralmente estão nas proximidades de sedes municipais e/ou de comunidades/distritos. Em função da valorização do álcool e do açúcar, muitas dessas áreas estão sendo substituídas pela plantação de cana-de-açúcar. Atualmente concentram-se mais na porção centro-norte da área de estudo, justamente em função da menor incidência de canaviais nesse trecho.

A cultura temporária é a maior unidade de mapeamento levantada na área de estudo. Ela ocupa 314,92 km² ou 29,4% da área. Concentra-se nos municípios de Goianinha, Vila Flor, Canguaretama e Baía Formosa, justamente em função da presença das duas usinas de açúcar e álcool presentes na região: Usina Estivas e Destilaria Baía Formosa. No trecho sul da área de estudo, existe uma grande concentração dessa unidade.

A unidade pastagem-pecuária se distribui principalmente a partir do município de Tibau do Sul para o sentido norte, ocupando individualmente grandes áreas, basicamente por caracterizarem-se por ser de cultivo bovino extensivo. Perfazem 67,62 km² ou 6,32% da área de estudo. Percebeu-se nos trabalhos de campo que

existe pouco adensamento de cabeças de gado por km². Assim, sua atividade justificaria uma grande especulação de terras, pois se encontram mais próximas a áreas urbanas e turísticas como Pipa/Tibau do Sul e lagoas associadas ao município de Nísia Floresta, como as lagoas de Boa Água e Bonfim e mais próximas ao avanço da mancha urbana do município de Parnamirim.

As áreas urbanizadas estão em franca expansão horizontal. Como frisado, o município de Parnamirim lidera essa expansão chegando a influenciar áreas de outros municípios, como Nísia Floresta. Seus maiores adensamentos se encontram nos municípios de Parnamirim e Natal e na faixa costeira que se caracteriza por ocupações de segundas residências ou casas de veraneio, além das atividades turísticas que pressionam cada vez mais as outras unidades aqui discutidas. Já ocupam 75,46 km² ou 7,05% da área. Em seguida, um resumo da distribuição das classes de cobertura e uso da terra na área de estudo.

Tabela 10 – Superfície ocupada pelas unidades de cobertura e uso da terra na área de estudo-2010.

Unidade de Cobertura e Uso da Terra	Área Ocupada	
	(km ²)	(%)
Corpos d'água continentais	21,9	2,04
Corpos d'água costeiros	24,77	2,31
Aquicultura intensiva	29,77	2,78
Florestal	260,5	24,32
Campestre	198,58	18,54
Cultura permanente	77,56	7,24
Cultura temporária	314,92	29,4
Pastagem-Pecuária	67,62	6,32
Áreas Urbanizadas	75,46	7,05
Total	1.071,08	100

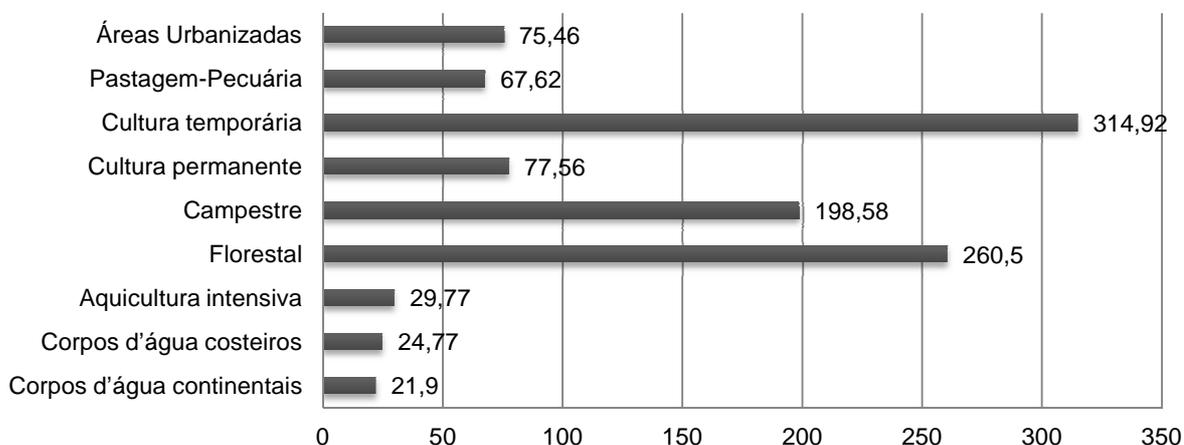


Figura 41 – Total (km²) das unidades de cobertura e uso da terra na área de estudo em 2010.



Área Urbanizada. PT-1 no mapa

Fonte: O autor. Foto obtida a partir de sobrevoo aéreo no dia 12/01/2011. Condomínios horizontais fechados no município de Panamirim. Coordenadas não coletadas em campo.



Pastagem/Pecuária. PT-2 no mapa

Fonte: O autor. Foto obtida em trabalho de campo no dia 14/10/2010. Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°16'05,4"S e 35°11'02,3"O. Altitude do local de obtenção da foto: 64,73 metros.



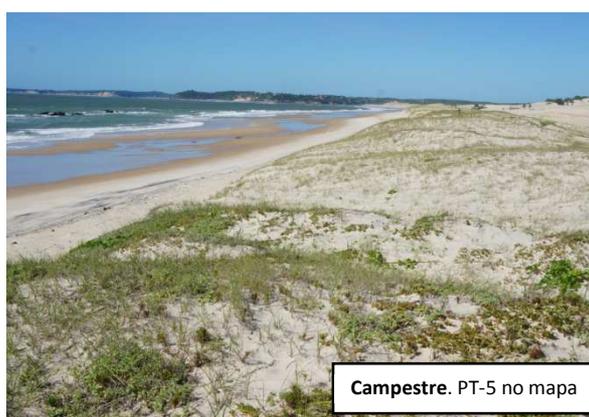
Cultura Temporária. PT-3 no mapa

Fonte: O autor. Foto obtida em trabalho de campo no dia 10/10/2010. Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°28'38,7"S e 35°03'08,6"O. Altitude do local de obtenção da foto: 67,05 metros.



Cultura Permanente. PT-4 no mapa

Fonte: O autor. Foto obtida em trabalho de campo no dia 10/10/2010. Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°17'36,4"S e 35°09'26,9"O. Altitude do local de obtenção da foto: 63,87 metros.



Campestre. PT-5 no mapa

Fonte: O autor. Foto obtida em trabalho de campo no dia 14/06/2011. Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°08'42,3"S e 35°05'54,3"O. Altitude do local de obtenção da foto: 20,32 metros.



Florestal. PT-6 no mapa

Fonte: O autor. Foto obtida a partir de sobrevoo aéreo no dia 24/05/2011. Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°15'57,4"S e 35°04'50,0"O. Altitude do local de obtenção da foto: 153,11 metros.

Figura 42 – Representação fotográfica das diversas unidades de cobertura e uso da terra na área de estudo (área urbanizada, pastagem/pecuária, cultura temporária, cultura permanente, campestre e Florestal).



Aquicultura Intensiva. PT-7 no mapa

Fonte: O autor. Foto obtida a partir de sobrevoo aéreo no dia 10/10/2010. Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°08'46,8"S e 35°09'09,8"O. Altitude do local de obtenção da foto: 159,71 metros.



Corpos D'água Continentais. PT-8 no mapa

Fonte: O autor. Foto obtida a partir de sobrevoo aéreo no dia 24/05/2011. Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°01'00,4"S e 35°09'25,5"O. Altitude do local de obtenção da foto: 156,35 metros.



Corpos D'água Costeiros. PT-9 no mapa

Fonte: O autor. Foto obtida em trabalho de campo no dia 10/10/2010. Coordenadas do local de obtenção da foto: 6°19'23,8"S e 35°03'08,7"O. Altitude do local de obtenção da foto: 19,68 metros.

Figura 43 – Representação fotográfica das diversas unidades de cobertura e uso da terra na área de estudo (aquicultura intensiva, corpos d'água continentais e corpos d'água costeiros).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Referencial Teórico-Methodológico

O trabalho foi fundamentado, quanto aos seus pressupostos metodológicos gerais, a partir das idéias sistêmicas, os considerando como um complexo de elementos em interação (BERTALANFFY, 1976) de energia e matéria, interligadas a relações homem-natureza em uma estrutura bem definida e ordenada. As etapas do trabalho foram definidas pelo referencial geossistêmico que, segundo Monteiro (2000), visa à integração das variáveis naturais e antrópicas (ETAPA ANÁLISE), fundindo recursos, usos e problemas configurados (ETAPA INTEGRAÇÃO) em unidades homogêneas, assumindo um papel primordial na estrutura espacial (ETAPA SÍNTESE) que conduz ao esclarecimento do estado real da qualidade do ambiente (ETAPA APLICAÇÃO) em um diagnóstico.

Nos sistemas, existem aspectos que devem ser apontados, tais como a matéria, a energia e a estrutura. A matéria é o material (físico) que fará parte do sistema, como sedimentos, água e rocha. A energia é a mola propulsora do sistema, pois é a força que faz o sistema funcionar. Pode ser potencial (força inicial que leva ao funcionamento do sistema - gravidade, declinação) ou cinética (energia do movimento), que se junta com a potencial. A estrutura do sistema é constituída pelos

elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus componentes (CHRISTOFOLETTI, 1980).

4.2 Técnicas de Pesquisa

4.2.1 Aquisição de dados

Esta etapa foi considerada como a etapa informação, pois em um primeiro momento, foram levantados os materiais disponíveis referentes ao litoral oriental sul do RN, área de estudo desta pesquisa. Este levantamento foi subdividido em materiais bibliográficos e cartográficos. O levantamento bibliográfico de assuntos relacionados à temática proposta foi concentrado em quatro vieses norteadores, que são: **Caracterização ambiental da área em estudo** (geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia, recursos hídricos superficiais, aspectos populacionais e de uso e cobertura da terra); **Impactos ambientais** (conceituação, impactos em dunas, impactos em manguezais, impactos em faixas de praia e impactos em remanescentes de Mata Atlântica); **Vulnerabilidade ambiental e Geoprocessamento aplicado a análises ambientais.**

Toda a literatura utilizada para consulta e leitura nesta tese tem origem de artigos científicos em periódicos nacionais e internacionais, livros, teses de doutorado, dissertações de mestrado e documentos técnicos oficiais de órgãos públicos e de organizações não governamentais.

4.2.2 Materiais

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados os materiais e equipamentos especificados a seguir.

- Fotografias aéreas verticais, cedidas pela Secretaria do Patrimônio da União-SPU em escala de 1:8.000, de abril de 1997 executadas por Aerofotogrametria Universal S.A. Estas foram digitalizadas e posteriormente georeferenciadas com 10 pontos de controle, cada, para seu posterior mosaicamento. Essas fotografias se caracterizam por recobrir somente a faixa costeira, adentrando, aproximadamente, 300 metros no continente, e a totalidade dos estuários, quando recobertos de manguezais.

- Ortofotos e restituição vetorial do Levantamento aerofotogramétrico SETUR/SIN/IDEMA (2006) do Pólo Costa das Dunas, cedidas pelo Departamento de Polícia Federal - RN, em escala de 1:25.000 e 1:2.000 (áreas urbanas), coloridas e com resolução espacial de 2 metros. Os sobrevoos aéreos foram realizados de maio a junho de 2006 e a sua restituição de julho a agosto do mesmo ano. As articulações (figura 45) em 1:25.000 das folhas utilizadas no trabalho são:

SB-25-V-C-V-3-SE	SB-25-Y-A-II-2-SO	SB-25-Y-A-II-4-SO
SB-25-V-C-V-4-SO	SB-25-Y-A-II-2-SE	SB-25-Y-A-II-4-SE
SB-25-V-C-C-4-SE	SB-25-Y-A-II-4-NO	SB-25-Y-A-III-3-SO
SB-25-Y-A-II-2-NO	SB-25-Y-A-II-4-NE	SB-25-Y-A-V-2-NE
SB-25-Y-A-II-2-NE	SB-25-Y-A-III-3-NO	SB-25-Y-A-VI-1-NO

Quadro 6 – Articulação das folhas em 1:25.000 utilizadas na pesquisa.

Nesse levantamento, as informações geométricas são: projeção UTM; zona 25Sul; datum vertical Imbituba; datum horizontal SAD-69; meridiano central -33° WGR”, acrescidas as constantes 10.000 km e coeficiente de deformação linear (K) 1,0000168.

É importante frisar que, pela boa qualidade geométrica e visual (sem recobrimento de nuvens) desse material, todas as outras bases cartográficas utilizadas nesta pesquisa (citadas à frente) terão essa base como referencial para georeferenciamentos e correções geométricas. Além dessas imagens o Levantamento SETUR/SIN/IDEMA (2006) possui várias informações vetoriais temáticas geradas a partir de sua restituição. Das informações vetoriais existentes, foram extraídas as curvas de nível com equidistância de 5 metros para elaboração de várias informações temáticas relacionadas às morfologias dos terrenos. O limite da área de estudo e de todas as demais informações temáticas foram definidos a partir dessa base cartográfica.

- Imagens orbitais de média resolução espacial:

- Imagem orbital no sensor TM do satélite Landsat 5 com órbita-ponto 214-64, com imageamento em 02/07/1992. Composição de bandas em RGB em 321, 432, 543, 453 e 753. Resolução espacial de 30 metros.

- Imagem orbital no sensor TM do satélite Landsat 5 com órbita-ponto 214-64, com imageamento em 22/08/1993. Composição de bandas em RGB em 321, 432, 543, 453 e 753. Resolução espacial de 30 metros.
- Imagem orbital no sensor TM do satélite Landsat 5 com órbita-ponto 214-64, com imageamento em 06/09/2010. Composição de bandas em RGB em 321, 432, 543, 453 e 753. Resolução espacial de 30 metros.

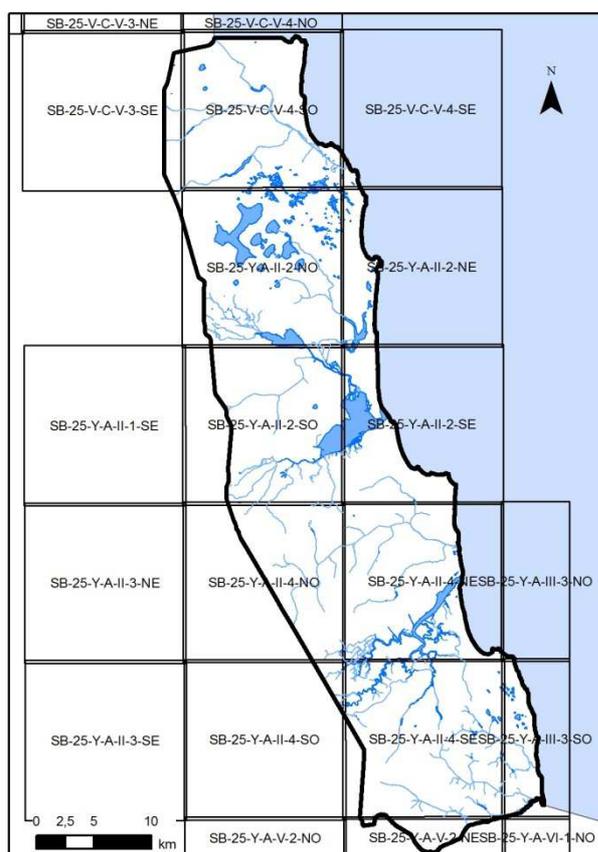


Figura 45 - Mapa-índice considerando o levantamento aerofotogramétrico SETUR/SIN/IDEMA (2006) na articulação pela nomenclatura IBGE. Mapeamento base em escala de 1:25.000, associada à área de estudo.

- Equipamentos de campo

Os equipamentos utilizados no trabalho incluem:

- 1 (um) Receptor GPS autônomo *Garmin GPSmap 78* com cabo de interface com PC e LapTop;
- 1 (uma) Bússola com clinômetro;
- 1 (uma) Máquina fotográfica digital *Sony Nex-5*;
- 1 (um) *Lap-Top* *Lenovo*;
- 1 (um) martelo geológico;

- Enxada e pás;
- 1 (um) inversor de energia de 12v para 110v.

- Equipamentos de gabinete (hardwares e softwares)

Os softwares utilizados fazem parte de diversas filosofias de uso em geoprocessamento, pois são ligados aos SIG, CAD e a outros, sendo aplicados também, ao processamento de dados coletados por GPS, possuindo dessa forma uma interoperabilidade.

- ArcGis 9.3[®] (SIG/Desktop Mapping), licenciado e de propriedade do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente da UNESP-Rio Claro;
- TrackMaker PRO 4.8.504[®], licenciado e de propriedade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. (Processamento de dados coletados em campo com GPS);
- Garmin BaseCamp 3.2.2.0[®], licenciado e de propriedade particular. (Processamento de dados coletados em campo com GPS);
- COPIKS PhotoMapper 0.7[®], gratuito. (Sincronização de coordenadas do GPS com fotografias terrestres);
- Microsoft Image Composite Editor 1.3.5.0[®] (elaboração de fotografias panorâmicas);
- Surfer 9.9.785 (interpolação de isoietas, densidade) e krigagem;
- AutoCad 2007 (estruturação vetorial dos dados).

Todos os softwares citados são utilizados no sistema operacional *Windows 7*. Um ponto que se deve salientar é a possibilidade de interface entre os mais diversos tipos de arquivos e terminações e entre os softwares utilizados na pesquisa. Esse processo facilita e otimiza o trabalho de quem utiliza a importação e exportação de arquivos de um software para outro. Por este motivo escolheu-se trabalhar somente com os softwares citados, pois possibilitaram uma grande complexidade de interfaces entre suas diversas extensões, principalmente na parte de construção, edição e consulta cartográficas (ArcGis 9.3[®]), assim como limitam as incoerências e perdas de dados no processo de conversão.

4.3 Procedimentos Metodológicos

Os níveis de abordagem geossistêmicos tratados aqui, englobam as etapas sequenciais e inter-relacionadas para os procedimentos metodológicos, considerando as etapas posteriores de análise; integração; síntese e aplicação, conforme roteiro apresentado na figura 46.

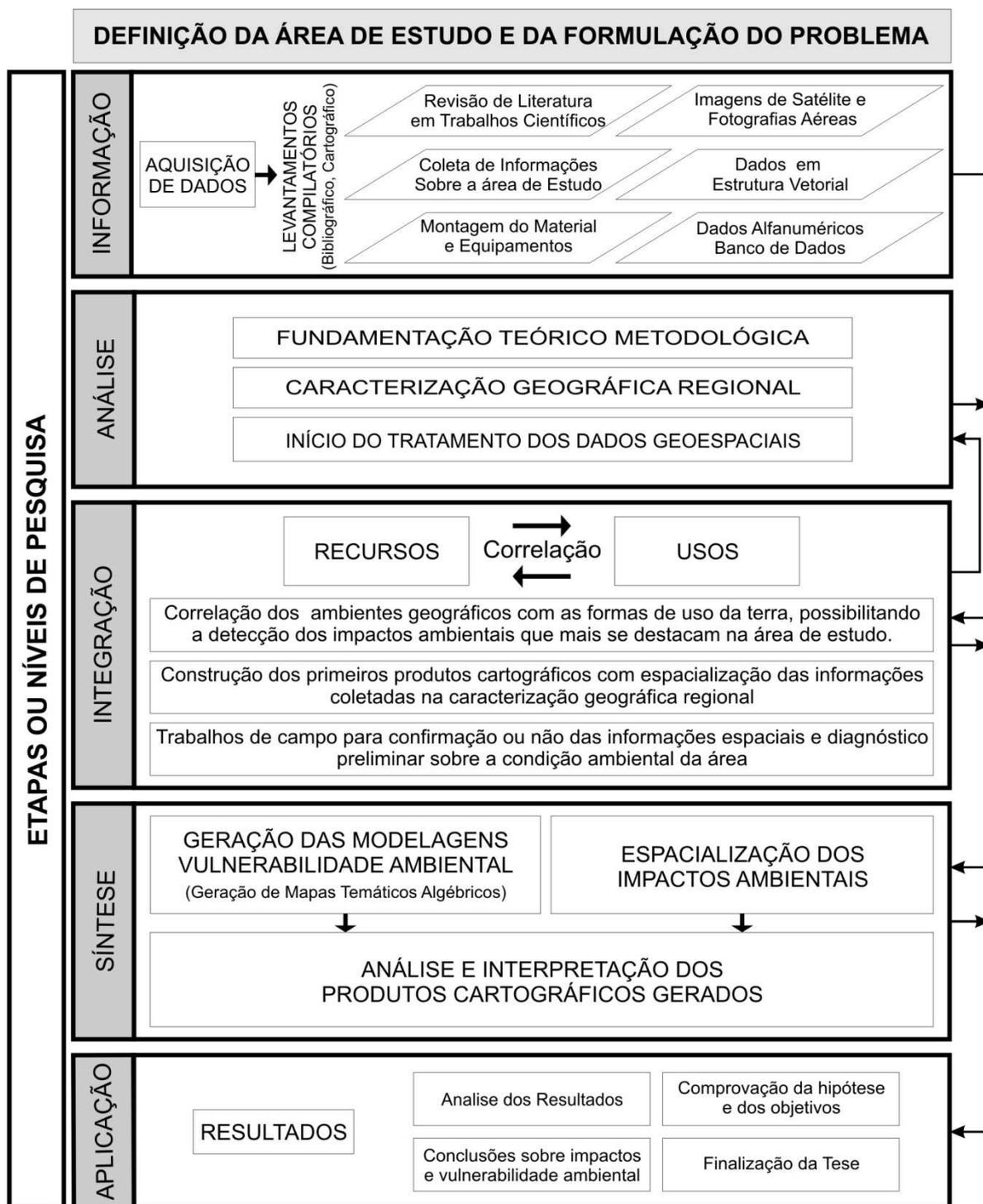


Figura 46 - Roteiro dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.

A etapa análise dos dados consistiu na realização da fundamentação teórico metodológica, caracterização geográfica e início do tratamento dos dados geoespaciais, a partir da correção geométrica e georeferenciamento das bases, limpeza e criação dos níveis temáticos das bases utilizadas e definição das escalas de trabalho para a etapa posterior de integração de dados.

A partir da execução da etapa de análise de dados, com um levantamento das características geográficas regionais, criaram-se condições para atingir a etapa de integração de dados, que visa correlacionar esses ambientes geográficos às formas de uso da terra, possibilitando a detecção dos impactos ambientais que mais se destacam na área de estudo.

Em relação à alimentação e montagem do sistema de geoprocessamento, foi nesta etapa que ocorreu a construção dos primeiros produtos cartográficos que utilizam uma técnica dinâmica e de consultas assistidas ao banco de dados. Este nível representa a veracidade, ou não, da hipótese e da formulação do problema exposto na pesquisa. Neste momento também foram necessárias algumas incursões de campo para realizar uma reambulação de atributos não identificados e desatualizados no processo de construção cartográfica.

Com o desenvolvimento da pesquisa, foi possível estabelecer parâmetros para a geração das modelagens cartográficas para determinação dos graus de vulnerabilidade ambiental, elaborados por álgebra de mapas. Os impactos ambientais foram analisados considerando sua espacialização. Com isso, foi realizada uma análise mais detida, tanto dos impactos, como das vulnerabilidades ambientais presentes na área de estudo possibilitando chegar à etapa síntese.

Com isso, foi possível aplicar os dados e informações, pois os resultados gerados na etapa anterior foram analisados, possibilitando desenvolver as conclusões do trabalho com a comprovação da hipótese e dos objetivos propostos.

4.3.1 Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Dunas

A metodologia empregada nessa etapa do trabalho consiste em mensurar, a partir de interpretações objetivas, baseadas em trabalhos de campo e de mapeamento, a magnitude dos impactos ambientais que ocorrem sobre as formações dunares na área de estudo. Estas formações se diferenciam quanto à sua cronologia, fatores de formação, cobertura vegetal, morfologia e influência humana.

Dessa forma, não se assemelham quanto à resposta que seus sistemas ambientais dão a uma ação externa humana, ou seja, as diferentes pressões de uso ou cobertura da terra, sobre diferentes composições dunares, condicionam uma série de diferentes impactos ambientais que mudam sua dinâmica natural. A classificação e delimitação das dunas inseridas na área de estudo tomou como referência um critério físico, considerando a interação dos fatores naturais, como geologia, geomorfologia e pedologia. (Quadro 7). Estabeleceu-se como critério que todas as áreas classificadas pedologicamente como areias quartzosas marinhas seriam classificadas como dunas. Para o critério geológico, o parâmetro foi que as coberturas denominadas como depósitos litorâneos de praia e dunas móveis e depósitos eólicos litorâneos de paleodunas também seriam classificadas como tal. O cruzamento destas unidades ambientais permitiu o estabelecimento da delimitação das dunas na área de estudo.

Dunas		
<i>Critério Geológico</i>	<i>Critério Pedológico</i>	<i>Critério Geomorfológico</i>
Áreas classificadas e mapeadas como depósitos litorâneos de praia e dunas móveis e depósitos eólicos litorâneos de paleodunas. Formações Quaternárias, constituídas por areias esbranquiçadas e amareladas com granulometria fina a média, podendo estar ativas ou em inatividade.	Áreas denominadas e mapeadas como areias quartzosas marinhas. São solos depositados por ação dos ventos dominantes, profundos ou muito profundos, excessivamente drenados, distróficos, ácidos e de fertilidade natural muito baixa	Variação de relevo de plano a escarpado e com altitudes que variam de 1 a 105 metros. Deposição relacionada à ação dos ventos no sentido SE-NO. Ocorrem nas planícies marinhas, fluviomarinhas e fluviolacustre marinhas. São constituídas por dunas frontais e dunas interiores (parabólicas, <i>blowouts</i> , <i>shadow</i> , <i>hummock</i> , <i>coppice</i> , <i>nebkha</i>), vales interdunares, lençóis de areia e planícies de deflação.

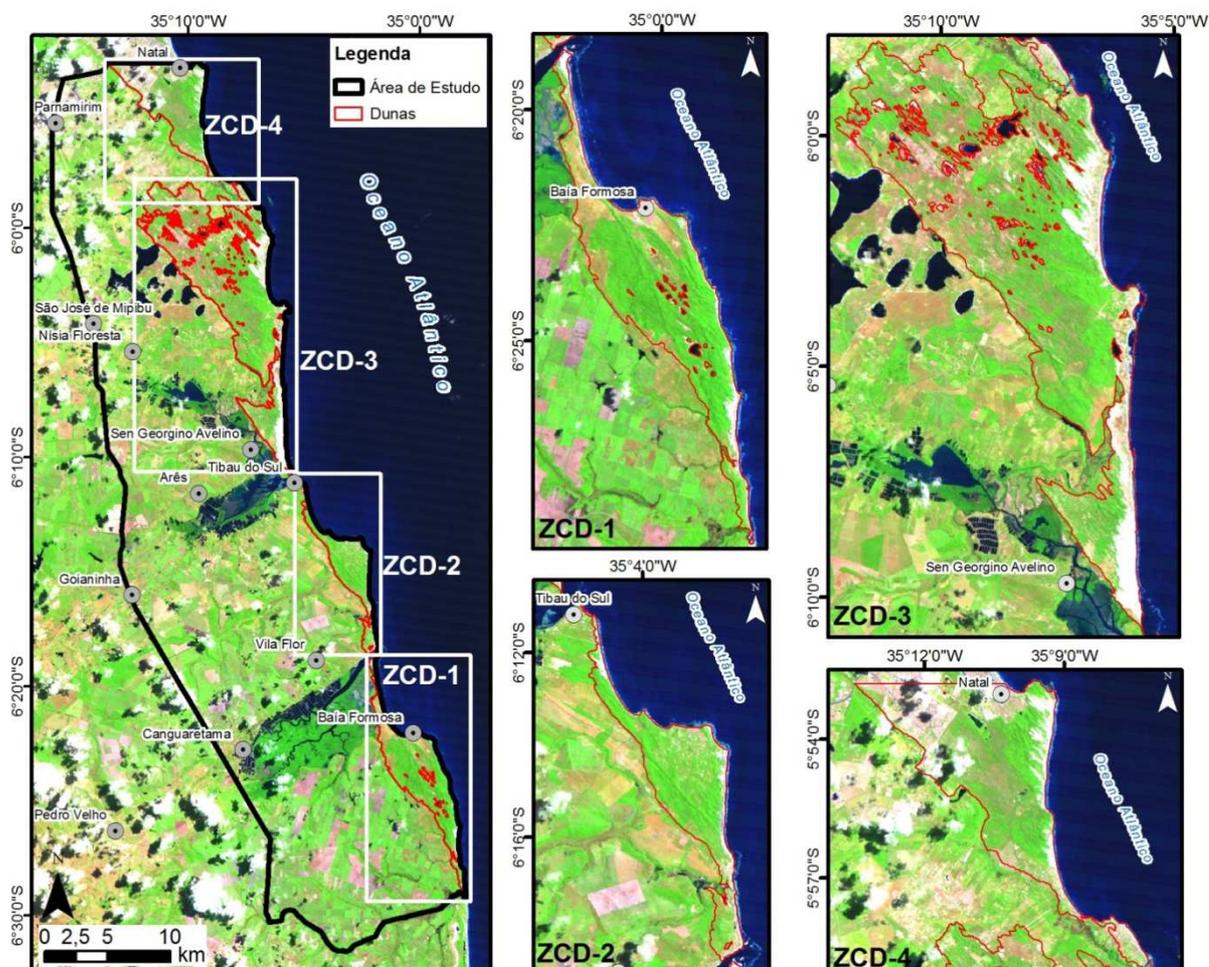
Fonte: O autor.

Quadro 7 – Estabelecimento de critérios para definição e delimitação das dunas inseridas na área de estudo.

Como requisito legal para definição das formações dunares na área, tomou-se como referência o art. 2º, inc. X da Resolução CONAMA 303/2002 que a define como sendo uma unidade geomorfológica de constituição predominantemente arenosa, com aparência de câmore ou colina, produzida pela ação dos ventos,

situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta ou não por vegetação.

A delimitação espacial das dunas foi feita com o cruzamento dos vetores criados nos mapeamentos geológico e pedológico. Seus limites foram estabelecidos a partir das imagens SETUR/SIN/IDEMA (2006) em 1:25.000. Em seguida, para uma melhor compartimentação do trabalho, a área foi dividida em 4 (quatro) regiões denominadas Zonas de Campos de Dunas – ZCD, conforme distribuição espacial na figura 47.



Fonte: O autor.

Figura 47 – Representação das Zonas de Campos de Dunas - ZCD compartimentadas na pesquisa, em função da escala de análise, visando à facilitação da interpretação dos impactos ambientais. Delimitação sobre imagem orbital do satélite TM Landsat 5 de 06/09/2010, com órbita-ponto 214-65 e composição de bandas no RGB de 543. As quatro ZCD apresentam escala semelhante. 1:300.000.

Os setores foram numerados em sequência no sentido sul-norte, ficando dispostos da seguinte forma:

- *Zona de Campo de Dunas 1 (ZCD-1)*: dunas associadas ao rio Guaju (divisa com a Paraíba) dirigindo-se longitudinalmente até a foz do rio Curimataú. Possui extensão linear sul-norte de 21 km.
- *Zona de Campo de Dunas 2 (ZCD-2)*: segue da praia de Barra do Cunhaú até a foz da laguna de Guaraíras em Tibau do Sul. Tem extensão linear sul-norte de 16 km.
- *Zona de Campo de Dunas 3 (ZCD-3)*: vai da praia de Malembá até a foz do rio Pirangi. É a mais extensa faixa de dunas com extensão de 26 km. Adentra no continente com as dunas arrasadas inseridas no município de Nísia Floresta.
- *Zona de Campo de Dunas 4 (ZCD-4)*: Segue da foz do rio Pirangi até o Morro do Careca, em Natal, finalizando a área de estudo. É a menor ZCD, perfazendo 12 km em extensão linear sul-norte.

O levantamento dos impactos ambientais nas dunas foi estabelecido pela parametrização da incidência da magnitude dos impactos negativos gerados pela ação humana, a partir dos diferentes usos da terra encontrados. Esses diferentes usos condicionam distintas formas e intervenções humanas estabelecendo uma relação muitas vezes desigual entre o uso e a capacidade de suporte que estes ambientes possuem. Entende-se que existem diferenças quanto às influências que as atividades humanas exercem nos sistemas ambientais, baseados numa dinâmica de ocupação sócio-econômica e histórica de relação de usufruto dos recursos naturais disponíveis, proporcionando uma heterogênea resposta quanto à reversibilidade do estado ambiental anterior aos impactos gerados por estas atividades. O entendimento de como se processam essas relações, vindas da análise dos diferentes usos da terra fundamentam, a partir de critérios metodologicamente estabelecidos, o levantamento da magnitude dos impactos numa determinada área. Dessa forma, apreende-se que o uso do solo é um parâmetro fundamental para distinguir e mensurar a magnitude dos impactos ambientais em uma determinada área e será esse o direcionamento metodológico utilizado nesta etapa do trabalho.

Como destaca IBGE (2006), os levantamentos de uso e de cobertura da terra fornecem subsídios para as análises e avaliações dos impactos ambientais, como os provenientes de desmatamentos, da perda da biodiversidade, das mudanças

climáticas, das doenças reincidentes, ou, ainda, dos inúmeros impactos gerados pelos altos índices de urbanização e pelas transformações rurais que se cristalizam em um grande contingente de população sem emprego, vivendo nos limites das condições de sobrevivência. Destarte, o levantamento da Cobertura e Uso da Terra, destacado no sub-capítulo 3.2.2, pág. 127 deste trabalho, foi utilizado como fonte primária para a espacialização das classes de magnitudes dos impactos em dunas na área de estudo, discutidos adiante. As magnitudes foram definidas a partir de indicadores ambientais presentes, atualmente, na área em que são geradas pelas diversas intervenções humanas, que prognostica a sanidade dos sistemas dunares presentes. Assim, os indicadores ambientais são parâmetros representativos de processos ambientais ou do estado do meio ambiente (ou seja, sua situação em um dado momento, local ou região). (SÁNCHEZ, 2008).

A abordagem metodológica na análise de impactos ambientais nas dunas na área de estudo privilegia a magnitude como atributo basilar da incidência ou intensidade do dano. Da mesma forma, foi considerado o argumento de Oliveira; Medeiros (2007) que para uma abordagem científica visando uma escolha da metodologia para a análise dos impactos ambientais, com utilização de técnicas e/ou modelos estatísticos etc., é necessário o desenvolvimento de um raciocínio analítico compatível com a Legislação Ambiental Brasileira. As dunas são consideradas Áreas de Preservação Permanente-APP, segundo a Lei 4.771/65, combinada com a Resolução CONAMA 302/02.

A magnitude, também denominada como intensidade ou severidade, é classificada como um atributo de avaliação de impactos. O atributo de um impacto (ou de um aspecto) ambiental é uma característica ou propriedade desse impacto e pode ser usada para descrevê-lo ou qualificá-lo, como sua expressão, origem e duração, entre outros. (SÁNCHEZ, 2008). O mesmo autor esclarece que a forma mais simples de classificar impactos consiste em (i) identificar os atributos que serão utilizados, (ii) estabelecer uma escala para cada um deles e (iii) combiná-los mediante um conjunto de regras lógicas (o critério de avaliação).

Neste trabalho a magnitude foi considerada como:

- Representação da força do impacto ambiental apresentando-se numa dimensão que se torna gradual em função das diferentes ações produtoras dos impactos (ou dos usos do solo) sobre as dunas.

A valoração da magnitude foi determinada a partir da ponderação desse atributo, considerando um arbitramento ou estabelecimento de pesos instituídos hierarquicamente e definidos aqui como parâmetros. Os parâmetros foram separados em cinco níveis hierárquicos, considerando a intensidade do impacto e com valoração ascendente de 1 a 5, ou seja, quanto maior a magnitude do impacto ambiental, maior o valor do parâmetro. Os cinco parâmetros são distribuídos da seguinte forma: muito fraco (1) < fraco (2) < moderado (3) < forte (4) < muito forte (5). Para cada parâmetro foram estabelecidos indicadores vinculados a cada tipologia de uso do solo, permitindo a geração de uma análise integrada do todo. Os critérios estabelecidos para a definição e ponderação dos parâmetros serão descritos no quadro 8 a seguir.

A partir da delimitação da opção metodológica proposta, foi possível criar quatro mapas de magnitude dos impactos ambientais em escala de 1:100.000 com a visualização dos cinco graus de magnitude estabelecidos. O mapa foi confeccionado a partir das imagens SETUR/SIN/IDEMA (2006) em 1:25.000 com criação de um banco de dados relacional no software ArcGis 9.3. Para interpretação das tipologias de uso e ponderação dos impactos ambientais associados, foi utilizada uma imagem orbital do satélite TM Landsat 5 de 06/09/2010, com órbita-ponto 214-65 e composição de bandas no RGB de 543. Também foram realizadas seguidas incursões de campo entre os anos de 2009-2011 com o objetivo de identificar e mensurar os impactos.

Parâmetro	Definição	Tipologia de Uso do Solo	Impacto Ambiental	Pontuação
Muito Forte	Quando os fatores impactantes são bastante elevados a ponto de causar uma profunda descaracterização geral dos constituintes ambientais. Grande e seguida violação dos dispositivos legais.	Aparelhos urbanos com grande adensamento, com infra-estrutura básica, com abastecimento de água, redes de energia elétrica, coleta de lixo, e ausência de esgotamento sanitário. Estradas pavimentadas de uma ou duas vias. Aquicultura intensiva. Complexo industrial.	Supressão da vegetação de restinga, descaracterização morfológica da duna, contaminação do lençol freático por esgotamento sanitário, aumento da incidência dos processos erosivos etc.	5
Forte	Quando os fatores impactantes são bastante elevados, causando uma descaracterização ambiental moderada dos constituintes ambientais. Dispositivos legais não são respeitados.	Culturas temporárias como cana-de-açúcar e hortaliças e de subsistência como mandioca etc. Pecuária intensiva ou extensiva. Áreas mediamente urbanizadas, e com pouca presença de infra-estrutura básica.	Supressão contínua da cobertura florestal para instalação da agropecuária. Contaminação dos solos e águas intensa por defensivos agrícolas. Compactação do solo por pisoteio do gado	4
Moderado	Quando os fatores impactantes são mediamente elevados chegando a causar uma baixa descaracterização dos constituintes ambientais, mas com influências mais regionais.	Estradas não pavimentadas, com recobrimento de areia ou piçarra. Influência da estrada comprometendo as áreas adjacentes. Culturas ativas permanentes como coqueirais, cajueiros e bananeiras. Expansão moderada e difusa de áreas urbanas.	Supressão da vegetação para instalação da estrada, alteração pedológica menos intensa com a cultura permanente, mas com possíveis contaminações do solo e das águas ocasionadas pelos defensivos agrícolas.	3
Baixo	Quando os fatores impactantes são pouco expressivos regionalmente, mas com atividades que causam descaracterização local dos constituintes ambientais.	Uso sustentável. Áreas abandonadas e com solo exposto ou com árvores frutíferas. Baixa taxa de urbanização com grande espaçamento entre os aparelhos urbanos.	Supressão local da vegetação. Criação de pequenas trilhas de acesso. Uso sustentável da vegetação com corte selecionado.	2
Muito Baixo	Quando os fatores impactantes são inexpressivos não chegando a causar uma profunda descaracterização geral dos constituintes ambientais. Respeito aos dispositivos de controle legal.	Remanescentes florestais em estágios sucessionais avançados e com pouca ou nenhuma ação humana. Restingas sobre dunas frontais sem a ocorrência de ações humanas e muito pouco alteradas.	Inexistente ou com pouca expressão.	1

Fonte: O autor.

Quadro 8 – Resumo dos critérios estabelecidos para a definição e ponderação dos parâmetros dos impactos ambientais em dunas inseridas na área de estudo.

4.3.2 Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Manguezais

A análise dos impactos ambientais nos manguezais inseridos na área de estudo toma como referência os trabalhos de Lignon et al. (2009); Lignon (2005); Pires (2010); Silva; Souza (2006); Crepani; Medeiros (2004) e Meireles (2010).

A metodologia empregada nesta etapa de trabalho consiste em analisar, a partir de duas diferentes escalas espaço-temporais, a evolução da dinâmica natural, de ocupação e dos impactos ambientais negativos ocorridos em dois dos mais proeminentes trechos de manguezais presentes na área de estudo, como o complexo estuarino-lagunar Nísia-Papeba-Guarairas e estuário associado ao rio Curimataú. Essa análise considerou a supressão da mata de mangue e/ou do avanço dos tanques e viveiros relacionados às atividades de carcinicultura (criação de camarão). Dessa forma, os trabalhos visam perceber, a partir de mapeamentos multitemporais e trabalhos de campo, a evolução dos impactos presentes nesse ecossistema, entre os períodos de 1992/1993 e 2010 datas estas anteriores e posterior ao *boom* dos projetos de carcinicultura no estado. Schaeffer-Novelli et al. (2005) ressaltam que em estudos do ecossistema manguezal, a utilização de diversas escalas espaço-temporais auxilia no gerenciamento integrado das zonas costeiras.

Procurou-se avaliar de forma qualitativa e quantitativa, os principais impactos ambientais vinculados ao desmatamento de mangue, destacando os seus fatores naturais e antrópicos, e suas conseqüências socioambientais. Os mapeamentos foram feitos distinguindo e delimitando as diferentes coberturas e usos do solo nesses estuários a partir de digitalização e interpretação direta na tela do computador.

Para tanto, foram utilizadas duas séries históricas de imagens no sensor TM do satélite Landsat 5 em escala de 1:30.000 e datadas de 02/07/1992 (estuário de Nísia-Papeba-Guarairas), 22/08/1993 (estuário do Curimataú) e 06/09/2010 (dois estuários). A órbita-ponto utilizada foi a 214-64 com testes e usos de composição de bandas no RGB em 321, 432, 543, 453 e 753. A composição 7R5G3B foi a que se adequou melhor à interpretação dos níveis de informação requeridos, pois conseguiu realçar os manguezais, principalmente quando comparado aos demais sistemas florestais adjacentes (figura 48). A área em estudo caracteriza-se por

possuir contínuo recobrimento de nuvens, mesmo no período de seca, fato este que dificultou demasiadamente a aquisição de imagens orbitais visíveis de outros anos, principalmente de anos anteriores a 1992.

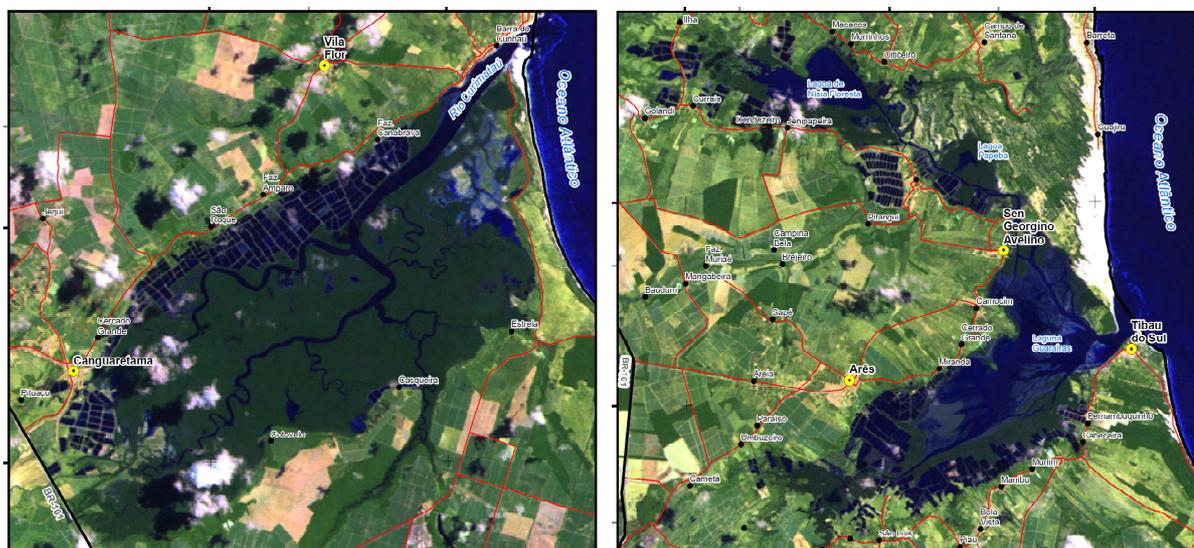


Figura 48 - Fragmentos da imagem do sensor TM do satélite Landsat 5, com composição de bandas espectrais 7R5G3B, utilizadas no levantamento dos impactos ambientais em manguezais, com destaque aos estuários do Curimataú e Nísia-Papeba-Guarairás. Imagem de 06/09/2010 .

As imagens foram coletadas, em sete bandas separadas, via download, em INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), e posteriormente compostas, reprojetaadas para UTM 25S – SAD69 e georreferenciadas a partir de vinte pontos de controle, cada, para obtenção da melhor precisão e exatidão possíveis. O georeferenciamento foi realizado a partir das imagens SETUR/SIN/IDEMA (2006) em 1:25.000. Obteve-se, para as três imagens Landsat, um RMS (erro quadrático médio) de no máximo 20 m a partir de uma transformação de primeira ordem polinomial. Também foram produzidos alguns ajustes digitais nas imagens como adequação de ruídos, brilhos e contrastes.

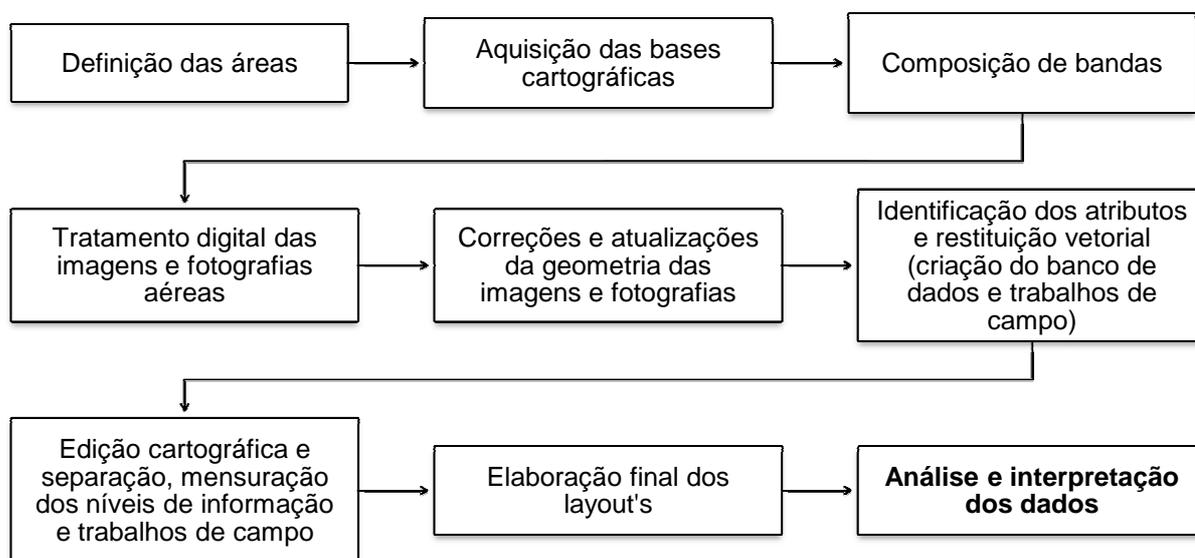
A partir desse trabalho de preparo das bases matriciais, iniciou-se a vetorização das informações temáticas requeridas na própria tela do computador, destacando-se, a partir de polígonos organizados topologicamente, os mangues, viveiros/tanques e drenagem, distintamente para os anos de 1992, 1993 e 2010 nos dois estuários. Para um melhor entendimento da ocupação nesses estuários para o ano de 2010, foram feitas incursões de campo.

Como auxílio à interpretação dos limites/contatos no estuário de Nísia-Papeba-Guarairás, foram utilizadas fotografias aéreas verticais em escala de

1:8.000 datadas de 1997. Estas já se encontravam em formato digital, e posteriormente foram georeferenciadas e mosaicadas.

Com a elaboração dos níveis de informações para os distintos anos, foi realizada a mensuração das áreas de ocupação de cada tema, podendo-se ter aí, uma análise multitemporal e quantitativa da evolução natural e dos impactos ambientais nos dois estuários, principalmente quanto ao avanço dos viveiros sobre os ambientes estuarinos e diminuição das áreas de mangue. O resultado final foi feito a partir da elaboração de layouts comparativos finais para os anos citados e com escala de apresentação de 1:95.000 no estuário do Curimataú e de 1:110.000 no complexo Nísia-Papeba-Guaráiras.

As séries históricas de imagens de satélites e sua posterior restituição vetorial, georeferenciamento e outras, foram analisadas com o auxílio do software ArcGis 9.3. Em seguida (figura 49) um organograma esquemático resumido com a descrição das etapas e procedimentos metodológicos utilizados.



Fonte: O autor.

Figura 49 - Sequência metodológica para a análise dos impactos ambientais em manguezais.

4.3.3 Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Faixas de Praia

As áreas costeiras constituem os limites entre os continentes e os oceanos, sendo caracterizadas pelas naturezas geológicas dos continentes (litologias e arcabouços tectônicos) e pelas energias das ondas e dos ventos. Os ambientes costeiros estão em constante mutação, tentando atingir e manter uma situação de equilíbrio no confronto entre diversas forças antagônicas. [...] Não há qualquer dúvida de que as áreas costeiras exercem um enorme fascínio, de modo que as populações humanas tendem a aumentar a ocupação dessas áreas. Desse modo, os fatores antrópicos deverão superpor-se às forças dinâmicas atuantes nesses ambientes em constante transformação, produzindo situações de crises cada vez mais complexas e de várias naturezas. (SUGUIO, 2001).

Nesse contexto, uma das propostas deste trabalho é realizar um diagnóstico das faixas de praia inseridas na área de estudo, objetivando levantar, a partir de técnicas de geoprocessamento e trabalhos de campo, como estão suas condições ambientais, principalmente quanto aos seus atuais graus de ocupação antrópica.

Neste trabalho a **faixa de praia** foi definida como a zona inserida e que abrange a faixa do prisma praial emerso, incluindo aí a face de praia (*foreshore* ou estirâncio) e o pós-praia (*backshore*), conforme figura 50. Essa classificação considerou as variações conceituais da literatura observada. Contudo, pretende-se focar na análise descrita acima, considerando que a morfologia praial das áreas em análise varia tanto em escala espacial quanto temporal, ou seja, uma mesma praia e pós-praia variam morfologicamente a partir de uma alternância sazonal de curto prazo, que ocorre em função de regimes climáticos (verão e inverno), e de longo prazo como em áreas com presença de retrogradação ou progradação. Da mesma forma, as praias e pós-praias variam entre si, considerando outros fatores além destes, como correntes, direção de vento, litologia e diferenças morfológicas do prisma praial submerso. Como referência a esse fato, Vital (2006) classificou 14 diferentes compartimentos morfológicos inseridos especificamente na linha de costa da área de estudo, indicando, dessa forma, uma complexa morfogênese nos diversos setores de praia da área.



Fonte: Modificado de Muehe (1995); Silva et al. (2004).

Figura 50 – Perfil esquemático das subdivisões morfológicas encontradas na área de estudo com destaque para a indicação da faixa de terra analisada, objeto de análise dos graus de ocupação.

A partir de visitas de campo com vistas ao reconhecimento e entendimento da distinção das diversas morfologias da área classificada como faixa de praia e das dinâmicas que a condicionam, foram estabelecidos três graus cumulativos de ocupação ou intervenção, baseados no trabalho de Araújo et al. (2007) e de acordo com os seguintes critérios:

- Ausência de ocupação na pós-praia;
- Ocupação da pós-praia;
- Ocupação concomitante da pós-praia e da praia.

Por analogia, apreende-se que, se uma praia estiver ocupada, a pós-praia também logo estará ocupada e que, existindo uma ausência de ocupação na pós-praia, a praia também não estará ocupada, pois é muito pouco provável que exista uma ocupação somente na praia, característica não encontrada na área de estudo. Por isso, os graus de ocupação são cumulativos.

Para a consecução dos objetivos propostos, foi demarcada, nessas áreas, a ocupação ou intervenção de edificações e demais estruturas com porte e objetivos variados, tais como: barracas de palha, barracas de madeira, barracas de alvenaria, bares, hotéis, pousadas, casas de veraneio, infra-estrutura urbana (estradas, escolas, hospitais etc.), cadeiras, mesas e pequenas coberturas de aparar o sol, quiosques, estruturas de engenharia pesada para contenção erosiva (gabiões, enrocamentos, muros de arrimo, espigões e concretagens ou cimentação em geral).

Ou seja, foi demarcada a presença de edificações e estruturas de contenção e qualquer ocupação nos trechos em que a ocupação se dá de forma desordenada. Também foram identificadas as áreas ainda conservadas com pouca ação humana ou com uma atuação que não as descaracterizem. Com essa demarcação, foi possível mensurar e mapear quais e quantos são os trechos de praia na área em estudo que estão ocupados e os que estão livres de ocupação.

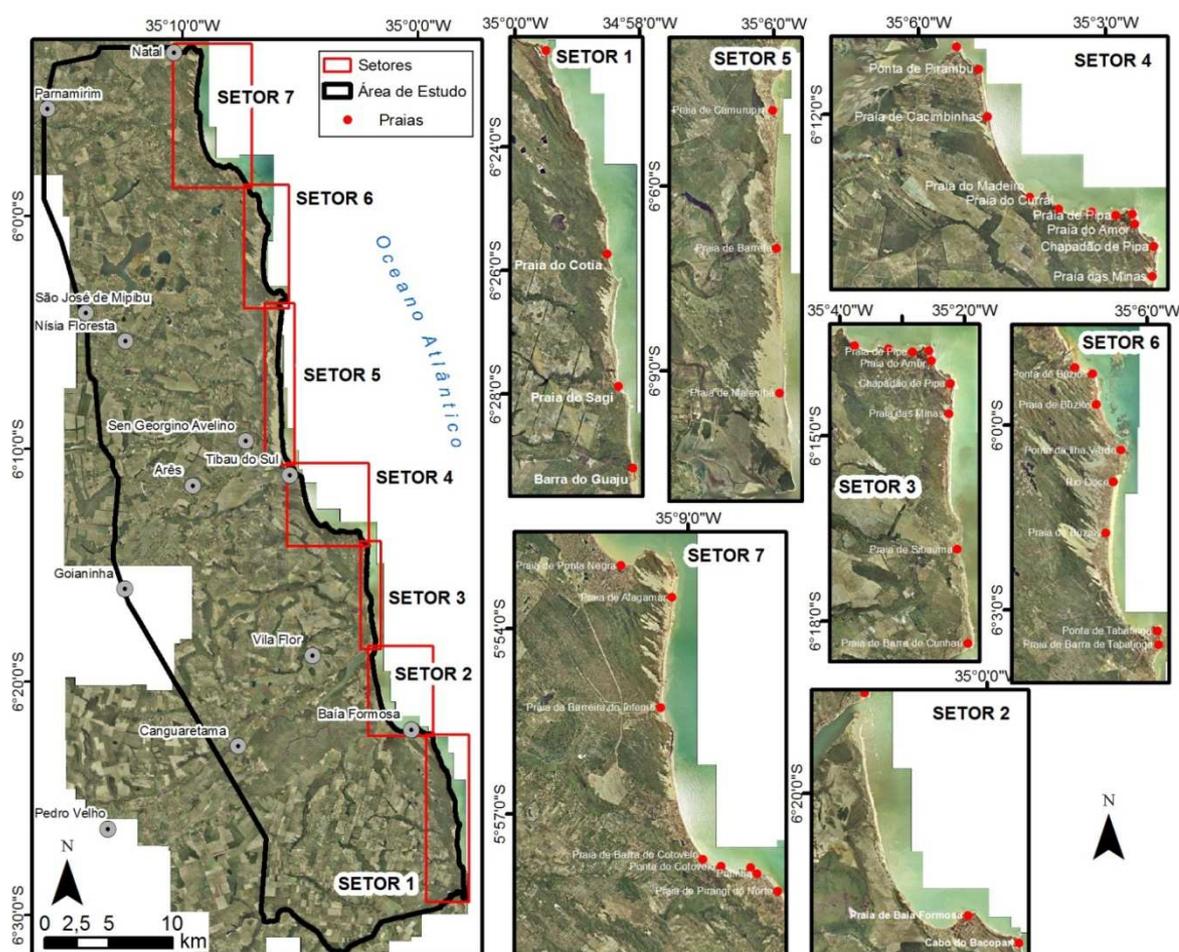
Os encaminhamentos para demarcação dessa ocupação foram feitos em períodos baixamar e preamar com objetivos de se observar a dinâmica da face de praia (estirâncio), cristas de berma e pós-praia.

Assim como no levantamento dos impactos ambientais em dunas, a proposta para o levantamento dos impactos em faixas de praia consistiu em compartimentar em 7 (sete) setores toda a linha de costa da área de estudo, a fim de facilitar as análises e representação cartográfica final em uma escala mais detalhada da informação (1:80.000). Os sete setores foram numerados sequencialmente no sentido sul-norte, ficando dispostos da seguinte forma:

Descrição do Setor	Descrição da Área	Municípios	Praias Abrangidas
Setor 1	Barra do rio Guaju na divisa com o estado da Paraíba, até o Cabo do Bacopari (farol), próximo à sede municipal de Baía Formosa	Baía Formosa	Sagi e Cotia
Setor 2	Cabo do Bacopari até a foz do estuário do rio Curimataú.	Baía Formosa	Baía Formosa (sede)
Setor 3	Foz do estuário do rio Curimataú até a área denominada como Chapadão de Pipa	Canguaretama e Tibau do Sul	Barra de Cunhaú, Sibaúma e Das Minas
Setor 4	Chapadão de Pipa até a foz do complexo estuarino-lagunar Nísia-Papeba-Guarairas, na sede municipal de Tibau do Sul	Tibau do Sul	Do amor, Pipa, Porto de Baixo, Curral, Madeiro, Cacimbinhas, Tibau do Sul (sede)
Setor 5	Foz do complexo estuarino-lagunar Nísia-Papeba-Guarairas até a praia de Camurupim	Arês e Nísia Floresta	Malembá, Barreta, Camurupim
Setor 6	Praia de Camurupim até a praia de Pirangi do sul e foz do rio Pirangi	Nísia Floresta	Barra de Tabatinga, Búzios, Pirangi do Sul
Setor 7	Praia de Pirangi do sul até o Morro do Careca em Natal, finalizando a área de estudo	Parnamirim e Natal	Pirangi do Norte, Prainha, Barra de Cotovelo, Barreira do Inferno, Alagamar e Ponta Negra

Quadro 9 – Resumo da setorização da linha de costa utilizada no trabalho e descrição das áreas abrangidas por cada setor.

Sua operacionalização foi feita, além dos trabalhos de campo e dos sobrevoos aéreos, por técnicas de geoprocessamento, considerando o uso das imagens provenientes das ortofotos SETUR/SIN/IDEMA (2006) em escala de 1:25.000. (Figura 51). Essas imagens possibilitaram a compartimentação dos setores com o estabelecimento dos pontos de contato dos segmentos que definiram o grau de ocupação de cada trecho inserido em cada setor. A classificação desses segmentos foi feita considerando a topologia dos vetores com definição dos nós, estruturados para constituir linhas para cada fragmento, as quais foram vinculadas a um conjunto de atributos quali-quantitativos, em tabelas de banco de dados.



Fonte: O autor.

Figura 51 – Representação da setorização das faixas de praia utilizadas e compartimentadas na pesquisa. Delimitação sobre ortofotos SETUR/SIN/IDEMA (2006). Os sete setores apresentam escala semelhante. 1:220.000.

Para cada segmento de grau de ocupação foi atribuído um ponto inicial e final atribuindo uma nomenclatura sequencial de letras e números no sentido sul-norte e que acompanham a numeração da setorização proposta. Assim, um setor pode ter vários segmentos de linha, distribuídos a partir dos limites ou zonas de contato que

diferenciam um grau de ocupação de outro. Por exemplo, o setor 6 possui 14 segmentos no sentido sul-norte, distribuídos da seguinte forma: A6 ^{para} B6 ^{para} C6 e assim sucessivamente. Quanto maior o número de segmentos maior será a dinâmica de ocupação daquele setor. A letra e o número são zerados no setor seguinte, recomeçando a contagem a partir da letra A, mas com a numeração do setor posterior, no caso, A7 ^{para} B7 ^{para} C7.

Cada grau de ocupação definiu o valor ou o peso dado a cada segmento, ou seja, a “Ausência de Ocupação na Pós-Praia” obteve valor 1. O grau de ocupação “Ocupação da Pós-Praia”, valor 2 e “Ocupação Concomitante da Pós-Praia e Praia”, obteve valor 3. Seus limites foram estabelecidos a partir dos trabalhos de campo, com marcação de GPS (absoluto cinemático) e sobrevoos aéreos com atualizações dos limites dos graus de ocupação. A estruturação dessa segmentação permitiu a alimentação do banco de dados possibilitando uma análise quali-quantitativa de cada setor. Assim, foi procedida a mensuração de cada segmento o que permitiu a quantificação métrica para cada grau de ocupação da faixa de praia. Para uma melhor visualização gráfica da distribuição dos segmentos em cada setor, foi construído um esquema representativo, aqui denominado “roteiro de setor”, com escala proporcional a real e representado lateralmente à linha de costa de cada setor. Neste roteiro foram inseridas todas as toponímias e nós de segmento como comparativo à representação cartográfica. Tanto as linhas de segmento na costa, como o roteiro de setor, receberam colorações com gradientes de cor que variam da mais clara para “Ausência de Ocupação na Pós-Praia”, até a mais escura “Ocupação Concomitante da Pós-Praia e Praia”.

Todos os procedimentos cartográficos foram realizados em softwares SIG (ArcGis 9.3) e CAD (AutoCAD 2007). A distribuição dos graus de ocupação dos 7 setores analisados, foi representada cartograficamente em escala de 1:80.000.

Após o mapeamento e diagnóstico quantitativo, cada setor foi analisado, considerando os fatores causadores e consequências dos seus graus de ocupação.

4.3.4 Metodologia Utilizada no Levantamento dos Impactos Ambientais em Remanescentes de Mata Atlântica

O levantamento dos impactos ambientais nos remanescentes de Mata Atlântica inseridos na área de estudo, objetiva identificar, mapear e analisar

individualmente cada fragmento e o todo, considerando seus graus de fragmentação, medidos a partir dos seguintes indicadores quali-quantitativos:

1. Número de fragmentos;
2. Tamanho;
3. Forma;
4. Densidade;
5. Proporção de borda e
6. Relação de vizinhança.

Os fragmentos mapeados neste trabalho abrangem especificamente as fisionomias vegetais originais classificadas como Florestas Estacionais Semidecíduais e Áreas de Tensão Ecológica (Contato), não abrangendo Formações Pioneiras de restinga fixadora de dunas, manguezais, campos salinos, comunidades ribeirinhas, aluviais e lacustres. Campanili; Schaffer (2010) definem a Floresta Estacional Semidecidual como condicionada por dupla estacionalidade climática, definida, na região tropical, por dois períodos pluviométricos bem marcados, um chuvoso e outro seco, com temperaturas médias anuais em torno de 21°C. Essa estacionalidade atinge os elementos arbóreos dominantes, induzindo-os ao repouso fisiológico, determinando uma porcentagem de árvores caducifólias entre 20% e 50% do conjunto florestal. Quanto às Áreas de Tensão Ecológica, definem que constituem os contatos entre os tipos de vegetação que podem ocorrer na forma de ecótono, quando a transição se dá por uma mistura florística, envolvendo tipologias com misturas fisionômicas semelhantes ou claramente distintas; ou na forma de enclave, quando a distinção das tipologias vegetacionais, ou mosaicos entre distintas regiões ecológicas, reflete uma transição edáfica e resguarda sua identidade ecológica.

Vale destacar que este trabalho não objetivou o levantamento, nos fragmentos, das classes de vegetação nativa nos estágios avançado, médio e inicial de regeneração. O conceito utilizado neste trabalho para fragmento florestal foi resgatado em MMA (2003) que o conceitua como sendo a divisão em partes de uma unidade do ambiente, partes estas que passam a ter condições ambientais diferentes em seu entorno. Ainda destaca que neste caso, a fragmentação é o

processo no qual um habitat contínuo é dividido em manchas, ou fragmentos, mais ou menos isoladas.

A identificação e a delimitação vetorial dos remanescentes florestais, considerou padrões ou chaves de interpretação distribuídas hierarquicamente, utilizando técnicas de visualização direta em tela, a partir de um mosaico de imagens SETUR/SIN/IDEMA (2006) em 1:25.000. Como nos demais mapeamentos realizados nesse trabalho, os limites das unidades florestais foram topologicamente estruturados para constituir os polígonos de cada fragmento, os quais foram vinculados a um conjunto de atributos quali-quantitativos, em tabelas de banco de dados a eles associadas.

Em função da imagem utilizada na delimitação dos fragmentos ser do ano de 2006, foi realizada uma atualização cartográfica para detecção da presença dos fragmentos florestais a partir de uma imagem orbital do satélite TM Landsat 5 de 06/09/2010, com órbita-ponto 214-65, com a composição e tratamento digital de variadas bandas em RGB, além de imageamentos oblíquos realizados a partir de sobrevoos aéreos por aeronave e por trabalhos de campo. A escala básica de 1:25.000 permitiu uma ampliação do detalhamento da mesma para 1:2.000, sem distorções da qualidade da imagem, possibilitando, um maior detalhamento e melhor abrangência da identificação dos fragmentos florestais. Assim, foi possível aumentar o espectro de alvos identificados e as amplitudes de áreas dos remanescentes.

A delimitação geométrica dada a cada fragmento foi feita considerando sua continuidade florestal, sem barreiras antrópicas associadas às variadas formas de uso do solo como estradas, pastos ou cidades. Seus limites foram estabelecidos pelas conectividades florestais existentes no próprio fragmento, independentemente de sua dimensão, mas tomando como referência princípios vinculados à existência de corredores ecológicos, mesmo que em pequena escala espacial e de biodiversidade. Dessa forma, cada fragmento mapeado é floristicamente contínuo, independentemente de sua dimensão, perímetro, forma ou relevância ecológica.

Sua operacionalização foi baseada nos trabalhos de Kleinn et al. *apud* Metzger (2003) para o grau de fragmentação/número de fragmentos (NF), Meunier (1998) para a forma dos fragmentos e Trindade et al. (2004; 2005; 2007) que, descrevem as metodologias detalhadamente. De forma geral o trabalho foi realizado a partir da escolha das imagens, com a criação de um mosaico digital que envolve toda área de estudo em escala de 1:25.000, mas com ampliação para 1:2.000. A

partir desta etapa foi realizada a vetorização dos fragmentos de Mata Atlântica existentes na área, considerando chaves de interpretação e os princípios discutidos no parágrafo anterior. Cada fragmento recebeu um identificador, aqui denominado como geocódigo, que permite separar as informações em banco de dados.

Com o mapeamento básico foi possível o cruzamento de informações em SIG (ArcGis 9.3) para o estabelecimento das etapas posteriores associadas ao grau de fragmentação, tamanho, forma, densidade e proporção de borda em software geoestatístico *Surfer*, com análises em estimador de densidade Kernel e do índice de fragmentação. O mapa final é representado em escala de 1:190.000.

O grau de fragmentação foi medido através do índice do número de fragmentos (NF) (Kleinn et al. apud Metzger, 2003) que revelou através do mapeamento, o número total de fragmentos existentes na área de estudo. Estes fragmentos foram classificados quanto ao tamanho, forma, densidade e proporção de borda. Quanto ao tamanho, foram atribuídas três categorias: pequeno (<10 ha), médio (10-100 ha) e grande (>100 ha). Quanto à forma, tomou-se como referência o trabalho de Meunier (1998) que classificou os fragmentos como “muito irregulares”, “irregulares” e “regulares”. Com este método, calculou-se o índice de fragmentação a partir da razão entre a área de um fragmento e a área de um círculo hipotético com perímetro igual ao do fragmento florestal. Dessa forma, fragmentos com índice < 0,4 foram classificados como muito irregulares, com índice entre 0,4 e 0,65, como irregulares e fragmentos com índice > 0,65, como regulares. (Quadro 10).

Índice da Forma	Tipo	Diagnóstico
Índice < 0,4	Áreas muito irregulares	Maior a influência dos fatores externos sobre o fragmento com ações antrópicas sobre suas bordas. Bordas menos protegidas.
Índice entre 0,4 e 0,65	Áreas Irregulares	
Índice > 0,65	Áreas regulares	Menor influência de fatores externos. Efeito de borda menos acentuado.
Índice = 1,0	Áreas perfeitamente circulares.	Situação ideal, mas com ocorrência pouco provável. Centro da área mais protegido.

Fonte: Adaptado de Meunier (1998).

Quadro 10 – Índices das formas de fragmentação florestal utilizadas no trabalho.

Com isso, foram atribuídos aos fragmentos, os valores referentes aos seus índices de fragmentação. Os polígonos referentes aos fragmentos passaram por um processo de conversão geométrica com a criação de pontos de centróides para cada

poligonal com objetivo de se realizar uma análise geoestatística de distribuição espacial dos índices de fragmentação, a partir do método de interpolação linear de krigagem, no software *Surfer*. Segundo Landim (2003) a krigagem torna-se viável, em função de se ter a melhor estimativa possível para locais não amostrados, pela minimização da variância do erro. Após a análise geoestatística foi gerado um mapa interpolado com distribuição dos índices de fragmentação com os valores de 0 a 1 (muito irregular a perfeitamente circular) com intervalos de distribuição a cada índice de 0,01 e com variáveis visuais de cor variando do vermelho (muito irregular) ao azul (áreas perfeitamente circulares).

Para a definição dos índices de densidade dos fragmentos, foi estabelecida uma análise a partir do método de estimador de densidade Kernel que tem como conceito básico o desenho de uma adjacência circular ao redor de cada ponto ou linha das amostras observadas do projeto, aplicando a esta, uma função matemática que vai de 1 na posição do ponto a 0, na periferia da vizinhança. Segundo Camargo; Fucks; Câmara (2004) os estimadores Kernel são uma alternativa viável a métodos mais sofisticados de interpolação, pois não requerem a parametrização da estrutura de correlação espacial (como no caso da geoestatística). As superfícies interpoladas são suaves e aproximam muitos fenômenos naturais e socioeconômicos.

Sua operacionalização foi gerada a partir dos vetores de atributo geométrico de linha dos 515 fragmentos encontrados na área de estudo. Como valor de vizinhança, foi estabelecido o raio de 500 metros ao redor de cada vetor, os quais foram distribuídos pelo método de intervalos iguais com a definição de 10 classes espacializadas em mapa e distribuídas por gradiente de cores. A definição dos índices de densidade dos fragmentos florestais não considera a dimensão dos fragmentos, mas uma análise da concentração regionalizada dos fragmentos.

Para medir a proporção de borda dos fragmentos, foi multiplicado o perímetro total dos fragmentos em metro (obtido através da soma de todos os perímetros) por 50m, obtendo-se a área total de bordas. O valor de 50m foi utilizado por ser essa a largura de borda geralmente encontrada em florestas tropicais (Murcia; Young; Mitchell apud Trindade et al. 2004) e sugerida por Silva apud Trindade et al. (2004). O valor obtido foi dividido pela área total dos fragmentos e multiplicado por cem para obter a proporção de borda dos fragmentos em percentual. (METZGER; DÉCAMPS apud Trindade et al. 2004).

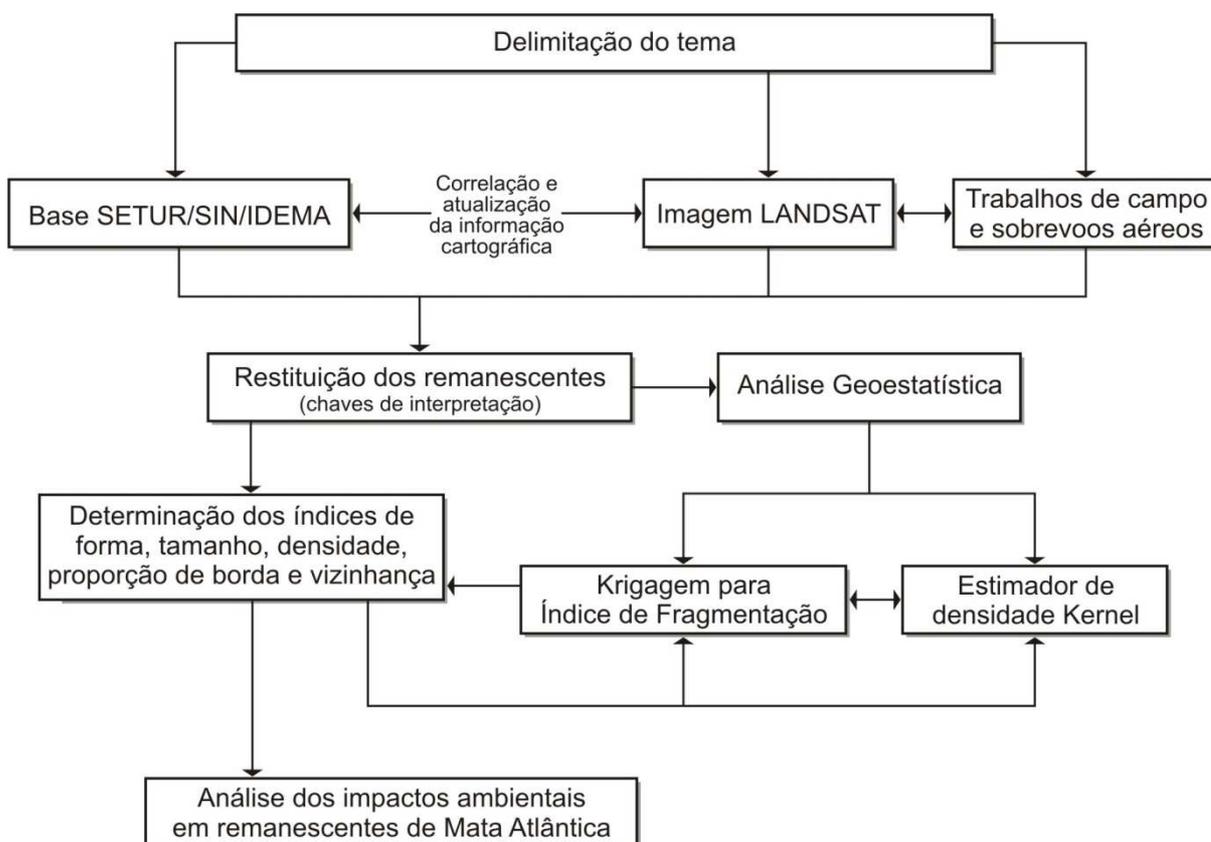
Essa relação significa que o tamanho de um fragmento pode ter efeito direto na sobrevivência das populações de plantas e animais nele contidas. Quanto menor o fragmento, maior a influência dos fatores externos sobre ele. Em fragmentos pequenos, a intensidade dos efeitos de borda é destacadamente mais evidente, como, por exemplo, aumento da taxa de mortalidade de árvores e alterações microclimáticas severas. Por possuírem menor área, os fragmentos pequenos também abrigam populações pequenas e muitas vezes inviáveis para a manutenção da espécie. (MMA; RANTA et al. apud TRINDADE et al. 2004). Complementando, Trindade et al. (*op cit.*) ressaltam que a forma de um fragmento afeta diretamente a relação entre o perímetro e a área desse fragmento. Quanto menor for esta relação, menor também será a borda e quanto maior a relação, maior será a borda. Quanto maior a proporção de borda de um fragmento, menor será a área central que é a área efetivamente preservada e mais similar à vegetação original da região.

As diferentes formas de uso e a cobertura da terra na vizinhança ou adjacências dos fragmentos influenciam e condicionam as intensidades dos danos a que estes estão submetidos, principalmente quanto ao efeito de borda. Dessa forma, propõe-se aqui a elaboração de uma análise a partir de uma relação de vizinhança desses remanescentes, considerando o cruzamento de informações espaciais geradas a partir de *buffer zones* com o mapeamento da cobertura e usos da terra. Sua operacionalização se deu a partir de operações de vizinhança que caracterizam-se pelo fato de os valores de atributos de novas células serem calculados com base nos valores das células que pertençam a uma vizinhança existente no plano de informação original. Elas avaliam as características da área na vizinhança de uma localização específica. (MIRANDA, 2010). Uma das operações de vizinhança mais usadas é a “proximidade”. Segundo Miranda (*op cit.*), uma função de proximidade muito usada é conhecida como corredor ou zona de contenção – *buffer zone*. Silva (1999) define essas áreas como uma análise de proximidade ou operação de *buffer* ou análise de corredores, que consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais na forma de faixas, cujos limites externos possuem uma distância fixa x e cujos limites internos são formados pelos limites da expressão geográfica em exame.

Assim, essa análise foi realizada considerando o estabelecimento de um *buffer zone*, com valor de 100 (cem) metros a partir dos limites externos ou bordas de cada segmento/polígono referente ao fragmento florestal. O valor de 100 metros

foi estabelecido em função do entendimento de que é nessa faixa de terra que os diferentes usos geram, com maior intensidade, os impactos sobre os remanescentes florestais. Os *buffer zone* que ultrapassaram os limites da área de estudo, foram recortados para que se adequassem às análises dentro dos limites da área de interesse. Em seguida, com a criação e adequação dos *buffer zone*, foi feito um corte de suas áreas sobre as classes de uso e cobertura da terra já mapeadas com o acompanhamento de seu respectivo banco de dados. Com isso, foram definidas as classes de uso na faixa de 100 metros nas vizinhanças de todos os 515 fragmentos mapeados, estabelecendo dessa forma, uma relação de vizinhança intrínseca entre cada fragmento e os usos e cobertura da terra adjacentes, e como estes, os influenciam, a partir de suas funcionalidades.

Na figura 52, pode-se observar o encaminhamento metodológico realizado, como um todo na execução do levantamento dos impactos ambientais sobre os remanescentes de Mata Atlântica na área de estudo.



Fonte: O autor.

Figura 52 - Fluxograma do roteiro metodológico na análise dos impactos ambientais em remanescentes de Mata Atlântica na área de estudo.

4.3.5 Metodologia Utilizada na Elaboração dos Mapas de Vulnerabilidade Ambiental

A determinação da vulnerabilidade ambiental da área de estudo foi possível com a colaboração dos métodos propostos por Ross (1994), Crepani et al. (1996, 2001), Tagliani (2003) e Grigio (2003), adaptando suas técnicas à realidade geoambiental a qual a área de estudo está submetida e à sua escala de análise.

Sua base conceitual considerou a estabilidade de unidade de paisagem desenvolvida no conceito de Ecodinâmica (Tricart, 1977) e de operacionalização de Crepani et al. (1996, 2001), que expõem que a análise morfodinâmica das unidades de paisagem natural feita a partir dos princípios da Ecodinâmica, estabelece diferentes categorias morfodinâmicas resultantes dos processos de morfogênese ou pedogênese. Nesta análise, quando predomina a morfogênese, prevalecem os meios Fortemente Instáveis (valor 3.0), modificadores das formas de relevo. Nas situações em equilíbrio entre a morfogênese e a pedogênese predominam os *Intergrades* (valor 2.0) e quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos com categoria Estável (valor 1.0). Observar quadro 11.

Categorias	Características	Balço entre pedogênese e morfogênese	Consequências gerais para a conservação	Valor
<i>Estáveis</i>	Evolução lenta, apenas perceptível em “equilíbrio tendendo a uma situação de “clímax”. Fraca exogenia e endogenia	Favorecimento da pedogênese	Manter uma cobertura vegetal de densidade equivalente à vegetação climática para evitar degradação	1.0
<i>Intergrades (Intermediária)</i>	Dinâmica caracteriza-se pelas interferências pedogênese/morfogênese. Suas intensidades não são muito desiguais. Processos em equilíbrio	Simultâneas com interferências recíprocas. Equilíbrio	Conservação da cobertura vegetal densa ou a sua melhoria são essenciais	2.0
<i>Fortemente Instáveis</i>	Intensa morfogênese causada por relevo acidentado, climas extremos (forte exogenia) e endogenia intensa e recente	Favorecimento da morfogênese	Estabilização com trabalhos de correção, restauração da vegetação	3.0

Fonte: Modificado de Tricart (1977). Modificado de Crepani et al. (2001). Organizado pelo autor.

Quadro 11 – Categorias morfodinâmicas utilizadas como base conceitual para a determinação das vulnerabilidades.

Dessa forma, a hierarquização das vulnerabilidades de cada tema ou classe mapeada, considerou a distribuição dos seus valores com variação entre 1,0 (meios estáveis) a 3,0 (meios fortemente instáveis) em intervalos de 0,5, por meio de ponderações de valores ou pesos de caráter analítico e individual a cada tema. Para a ponderação dos valores ou pesos de cada classe temática, foram estabelecidos critérios baseados em Tagliani (2003); Crepani et al. (2001); Nascimento; Dominguez (2009) e Ross (1994) e adaptados aos objetivos do trabalho e às características geodinâmicas e antrópicas da área.

Esses temas foram definidos como primários e produzidos a partir dos mapeamentos realizados neste trabalho, sendo elaborados em escala de 1:25.000, conforme discussão já realizada nas etapas anteriores. Os temas primários utilizados na elaboração do mapeamento da vulnerabilidade ambiental são:

- Geologia;
- Pedologia;
- Geomorfologia;
- Declividade;
- Intensidade Pluviométrica;
- Cobertura e Uso da Terra/Vegetação.

A modelagem obedeceu a uma parametrização paralela e sequencial de quatro etapas de álgebra de mapas (figura 53). A primeira consistiu no cruzamento dos temas de Geologia com Pedologia, resultando no Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar. A segunda etapa consistiu no cruzamento dos temas Geomorfologia e Declividade, resultando no Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica. A terceira etapa consistiu no cruzamento desses dois mapas de vulnerabilidade com o tema Intensidade Pluviométrica, gerando um terceiro mapa, denominado Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica, correlacionando-o, finalmente, com o tema Cobertura e Uso da Terra/Vegetação, gerando, o tema Vulnerabilidade Ambiental, distribuído hierarquicamente em cinco classes ou graus de vulnerabilidade. Nas quatro etapas de álgebra de mapas foram determinados pesos de importância para cada tema, através de uma média ponderada, indicando a maior importância de um tema em relação aos demais. Dessa forma, a ponderação realizada para cada tema e as suas posteriores correlações permitiu estabelecer a vulnerabilidade ambiental a partir das seguintes equações:

$$V = [vg \times 0,5] + [uv \times 0,5]$$

Onde:

V = Mapa de Vulnerabilidade Ambiental

vg = Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica

uv = Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura e Uso da Terra/Vegetação

Para a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica foi estabelecida a seguinte equação:

$$VG = [c \times 0,4] + [m \times 0,45] + [p \times 0,15]$$

Onde:

VG = Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica

c = Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar

m = Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica

p = Intensidade Pluviométrica

O Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar foi elaborado conforme a seguinte equação:

$$C = [pe \times 0,5] + [gl \times 0,5]$$

Onde:

C = Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar

pe = Tema pedologia

gl = Tema geologia

O Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica foi construído a partir da seguinte equação:

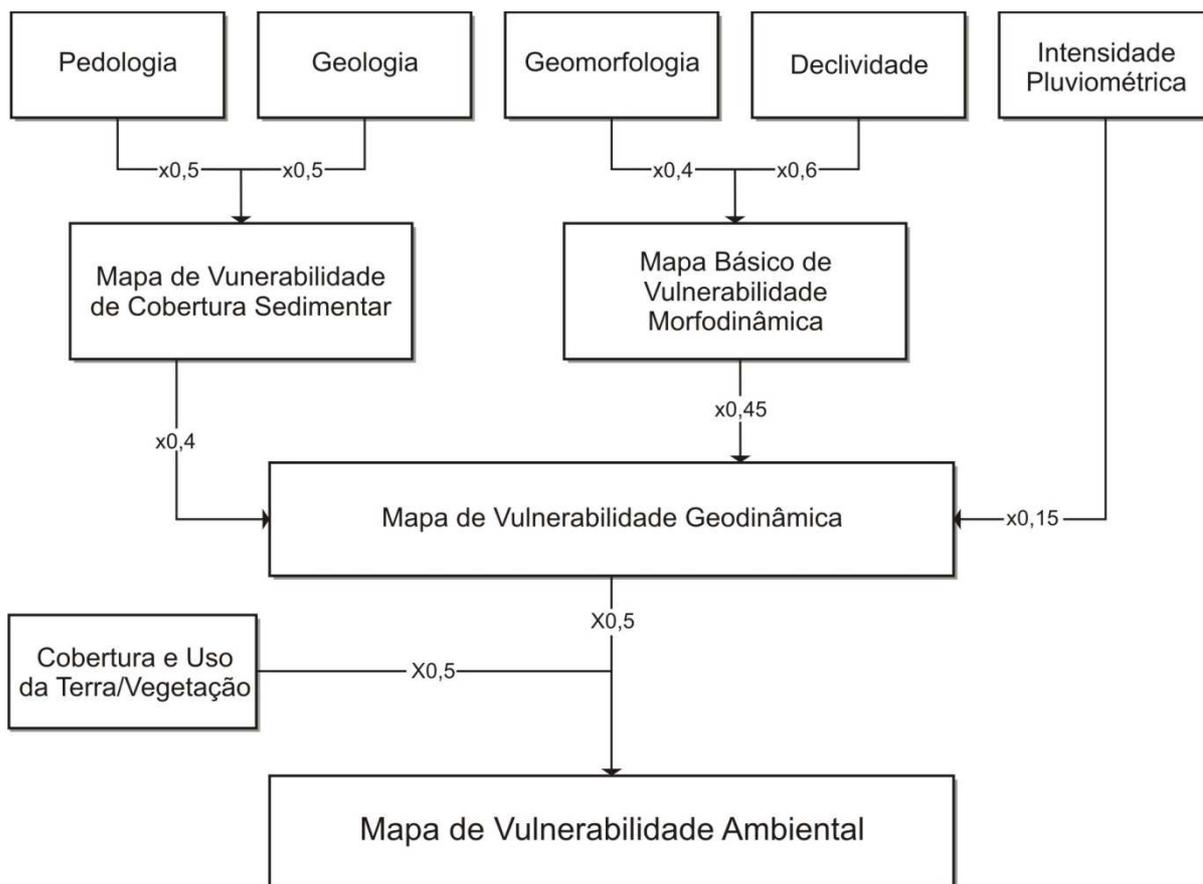
$$M = [gm \times 0,4] + [d \times 0,6]$$

Onde:

M = Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica

gm = Tema geomorfologia

d = Tema declividade



Fonte: O autor.

Figura 53 – Sequência metodológica da elaboração algébrica de mapas com distribuição dos pesos para a definição das classes de vulnerabilidade ambiental na área de estudo.

A compartimentação temática dos mapas foi feita considerando a geração associada de um banco de dados em ambiente SIG que permitisse realizar o cruzamento de informações entre as diversas características geodinâmicas e os seus usos associados. Esse mapeamento temático foi realizado nas etapas iniciais deste trabalho e apresentadas no Capítulo 3.

Todos os temas foram convertidos para formato matricial (*raster*) a fim de que se pudesse utilizar a álgebra de mapas de forma mais consistente na ferramenta “*Raster Calculator*” inserida na extensão “*Spatial Analyst*” no *software* ArcGis 9.3. Para o cálculo das áreas em formato raster foi realizado o procedimento de reclassificação e posterior conversão para formato vetorial na extensão “*Spatial Analyst*”. O benefício da conversão dos dados vetoriais em dados raster se traduz no fato da possibilidade de uma maior gama de modelamentos geográficos e operações complexas. Nessa ferramenta foram atribuídos os pesos em porcentagem para os temas reclassificados de acordo com a definição de sua importância para

posteriormente serem cruzados. Alguns temas foram reclassificados com vistas ao agrupamento dos dados das classes definidas para cada tema.

O resultado alcançado pela análise algébrica de mapas permitiu a modelagem de centenas de graus de vulnerabilidade ambiental. Contudo, esses foram agrupados em cinco classes distribuídas entre as situações onde há o predomínio dos processos de pedogênese (às quais se atribuem valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (às quais se atribuem valores ao redor de 2,0) e situações de predomínio dos processos de morfogênese (às quais se atribuem valores próximos de 3,0). (CREPANI et al., 2001).

A nomenclatura das classes de vulnerabilidade ambiental foi designada da seguinte forma:

Tabela 11 – Classes e Graus na determinação da vulnerabilidade utilizados no trabalho.

Classe de Vulnerabilidade	Graus de Vulnerabilidade
Muito Baixa	1,0 – 1,3
Baixa	1,4 – 1,7
Moderada	1,8 – 2,2
Alta	2,3 – 2,6
Muito Alta	2,7 – 3,0

Fonte: O autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Discussão dos Impactos Ambientais Identificados

5.1.1 Impactos Ambientais em Dunas

As dunas inseridas na área de estudo apresentam uma beleza cênica e exuberância conhecidas mundialmente. Contudo, estas estão ameaçadas pelo avanço das atividades humanas que desencadeiam uma série de impactos ambientais negativos que serão aqui discutidos. Estas dunas, por si só, possuem um valor intrínseco, pois são sistemas ambientais costeiros de relevância ecológica importante para a sustentação dos habitats e das ações humanas nessas áreas. Sua dinâmica é gerida basicamente pela atuação das correntes de vento que atuam sobre os sedimentos arenosos finos nos estirâncios, praias, bermas e pós-praia, depositando-os continuamente, ou não, à jusante do sentido predominante do vento. Sua origem, na área de estudo, pode estar associada a depósitos fluviais e a depósitos de praia, tanto em períodos paleoclimáticos como atuais.

Quanto à sua importância ambiental, Nordstrom (2010) ressalta que as dunas fornecem muitos bens e serviços que beneficiam direta ou indiretamente o homem, dos quais, proteção de estruturas antrópicas, prover subsistência para populações

locais, valor de mercado para economias tradicionais e industriais, oferecer locais para recreação ativa, oportunidades estéticas, psicológicas e terapêuticas, filtragem de poluentes, fonte de água no solo, desnitrificação, nicho ecológico para plantas adaptadas a condições extremas, substrato habitável para invertebrados, áreas de refúgio, áreas para ninhos ou incubação, alimento para consumidores primários, alimento para níveis tróficos mais elevados, seqüestro de carbono, redução da concentração de gases do efeito estufa, prover os benefícios sinérgicos de múltiplos tipos de habitat e valor intrínseco.

Na área de estudo pode-se perceber que as dunas desempenham um importante papel ambiental porque são responsáveis pelas(os):

- Captação, filtragem e armazenamento de águas pluviais, responsáveis pela recarga dos aquíferos regionais utilizados no abastecimento de água das cidades, distritos e para irrigação;
- Nos seus vales interdunares, formam lagoas de ressurgência, importantes para abastecimento público, dessedentação de animais, pesca, lazer e turismo (usos múltiplos);
- Regulação hidrogeológica entre os sistemas hídricos superficiais e aquíferos, pois podem se relacionar de forma efluente ou influente com os flúvios e/ou lagoas;
- Suas águas internas servem como barreiras naturais do avanço da cunha salina, principalmente nas zonas de contato terra-mar;
- Amortecimento da energia das ondas, sendo importantes para contenção e controle da erosão marinha;
- Vegetacionada, gera estabilização ou diminuição dos processos erosivos eólicos, principalmente em áreas urbanizadas;
- Áreas de retroalimentação e *feedback* de matérias oriundas da dinâmica costeira e de aporte de sedimentos para estuários e sistemas hídricos superficiais, importantes para o equilíbrio do nível de base regional e local;
- Amenização climática regional, pois dá suporte à vegetação fixadora e retentora de calor atmosférico, além de atuar como sequestradora do carbono produzido pelas queimadas dos canaviais, indústrias e veículos automotores;
- Refúgio de fauna e locais de nidificação, principalmente aves migratórias, tartarugas marinhas e mamíferos de pequeno porte;

- Uso cênico e recreativo para o turismo e da população local, com valorização paisagística e funcional dos locais de visitação;
- Criação de áreas propícias para implantação de unidades de conservação de uso sustentável (para as áreas mais impactadas) e de proteção integral (nas áreas menos alteradas pela ação humana e de maior relevância ecológica).

A variação dos impactos ambientais nas dunas da área de estudo, se dá em função das diferentes formas de uso que exercem diferentes influências na incidência da magnitude dos impactos. Os condicionantes ligados às formas de uso da terra na área de estudo se caracterizam por atividades econômicas que surgem tanto da atividade sucroalcooleira, quanto das recentes intervenções frutos do turismo e ocupação de aparelhos urbanos conhecidos como casas de veraneio ou segunda residência. Os conflitos existentes entre a pressão humana e a proteção legal das dunas ainda provocam crises entre os atores envolvidos nesse processo, principalmente com empreendedores do *trade* turístico e os órgãos públicos responsáveis pela conservação e preservação dos ecossistemas na área, notadamente o IBAMA e IDEMA. Áreas como as dunas associadas da praia de Malembá e dunas de Pipa são exemplos incontestáveis desse conflito.

Nas áreas urbanizadas como sedes municipais ou distritos, a ocupação das dunas se dá com o avanço dos conjuntos habitacionais horizontais implementados, principalmente pelo poder público municipal. Nunes (2006) relata que os poderes públicos ao invés de impedirem as construções nas áreas proibidas por lei, fornecem toda infra-estrutura necessária para a população, como: pavimentação de acesso e, no alto das dunas, abertura de ruas, coleta de lixo, abastecimento de água, energia elétrica e telefone.

O mapeamento realizado para análise dos impactos ambientais das dunas inseridas na área de estudo, determinou a magnitude dos impactos, considerando a parametrização de sua incidência, geradas pela ação humana, a partir dos diferentes usos da terra encontrados. Esses diferentes usos geram uma série de impactos ambientais negativos nas dunas que variam de muito forte a muito fraco, tais como:

- Supressão da vegetação de restinga fixadora (considerada como APP, segundo art. 2º, alínea *f* da Lei Federal 4.771/65 – Cód. Florestal e art. 3º, inciso IX da Resolução CONAMA 303/2002);

- Supressão da vegetação de porte arbustivo e arbóreo para diversos usos como: implantação de aparelhos urbanos, infra-estrutura, atividades agropecuárias, obtenção de lenha para fornos de padarias e pizzarias, fabricação de carvão e para matéria prima para construção civil;
- Queimadas da vegetação suprimida, provavelmente sobre as mesmas dunas para a “abertura” de novas áreas de expansão;
- Descaracterização morfológica com terraplenagens, cortes de cristas, encostas e taludes de dunas e aterramento de vales interdunares;
- Movimentos de massa sobre áreas urbanas, desencadeados muitas vezes pela supressão da vegetação e/ou descaracterização de sua morfologia;
- Deposição de resíduos sólidos domésticos e comerciais gerando lixões a céu aberto com produção de chorume e outras substâncias tóxicas e posterior queimada (figura 54E).
- Contaminação do solo e das águas causadas pelo esgotamento sanitário doméstico inadequado. Contaminação por sistemas fossa-sumidouro;
- Possível contaminação do solo e das águas geradas pela atividade sucroalcooleira vindas dos seus efluentes e da aplicação exagerada da vinhaça da cana-de-açúcar que é tida como um subproduto do álcool e altamente poluente, corrosiva e com elevada concentração de nitrato, potássio, e matéria orgânica;
- Possível contaminação no solo e águas pelo borrifamento excessivo de defensivos agrícolas, tanto em culturas temporárias como em culturas permanentes;
- Compactação do solo gerado pelo pisoteio do gado e contaminação dos mananciais superficiais causados pela pecuária, principalmente na deposição de fezes animais no momento de sua dessedentação (figura 54D);
- Erosões e desmobilização da duna causada pelo contínuo fluxo de veículos de tração 4X4, bugues (turísticos), quadriciclos e motocicletas (figura 54C);
- Abertura de trilhas para caminhadas;
- Segmentação, separação ou desconfiguração da continuidade do campo de dunas causadas pela urbanização desses trechos, com instalação de aparelhos urbanos como conjuntos habitacionais, residências, complexos turísticos e de lazer, hotéis, pousadas, restaurantes e por construção de infra-estrutura básica e serviços para atendê-las, como estradas (de terra e

asfaltadas), trilhas, posteamento de iluminação pública e abastecimento de água. Com isso as dunas deixam de ser alimentadas pelas cargas de sedimentos vindos da praia;

- Desconfiguração da duna causada pela instalação de viveiros de carcinicultura marinha. Em algumas situações, quando essas dunas não são impermeabilizadas por geomembranas, os lençóis podem ser contaminados, em função da alta percolabilidade, pelas águas salobras utilizadas no sistema produtivo. (Figura 54B).

Nesse levantamento os quatro campos de dunas inseridos na área perfazem um total de 185,61km² ou 18.561 ha, ou seja, 17,33% do total da área de estudo. (Figura 55). Desses, 89,54km² (8.954 ha) ou 48,24% da área de dunas possuem magnitudes de impactos ambientais classificadas como **muito fraca**. 48,82km² (4.882 ha) ou 26,30% da área possuem magnitude classificada como **fraca**. O parâmetro **moderado** possui 10,83km² (1.083 ha) ou 5,83% da área. Já o parâmetro de magnitude de impacto **forte** perfaz 4,74 km² (474 ha) ou 2,55% da área total de dunas. A magnitude **muito forte** totaliza 31,68 km² (3.168 ha) ou 17,08% da área total de dunas. (Tabela 12).

Tabela 12 – Resumo quantitativo do total de área ocupada pelas diferentes magnitudes dos impactos ambientais nas dunas inseridas na área de estudo.

Valor	Magnitude					Total
	Muito Fraca	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte	
Área Total (km ²)	89,54	48,82	10,83	4,74	31,68	185,61
Área Total (hectare)	8.954	4.882	1.083	474	3.168	18.561
% da área total de duna	48,24	26,3	5,83	2,55	17,08	100

- Zona de Campo de Dunas 1 (ZCD-1):

Conforme já descrito, o ZCD-1 compreende as dunas que vão do rio Guajú (divisa com a PB) até a foz do rio Canguaretama. Basicamente são constituídas pelas dunas formadoras da área denominada Mata Estrela, área preservada e centro de visitação turística, que é definida como a Reserva Legal da Destilaria Baía Formosa e classificada como uma unidade de conservação federal na categoria de RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural).

É justamente nessa área que o campo de dunas mais proeminente se destaca. Suas dunas totalizam 33,89 km² (3.389 ha) ou 18,26% da área total de dunas. Quanto à distribuição das zonas de magnitude, o parâmetro muito fraco aparece com 19,74 km², o fraco com 7,85 km², o moderado com 3,47 km², o forte com 1,46 km² e, finalmente a incidência de magnitude muito forte aparece com 1,37 km².

As áreas de magnitude muito forte ocorrem associadas às áreas urbanizadas da sede municipal de Baía Formosa e do distrito/praias de Sagi. Às áreas limítrofes à sede municipal de Baía Formosa também apresentam magnitudes mais severas, basicamente em função da atração de atividades econômicas que ela exerce. O setor com menor magnitude é justamente a área da Mata Estrela, que é o maior remanescente florestal de Mata Atlântica do estado.

- Zona de Campo de Dunas 2 (ZCD-2):

Abrange as dunas que vão do distrito/praias de Barra do Cunhaú (município de Canguaretama), passando pelas praias de Sibaúma e Pipa até a sede municipal do município de Tibau do Sul ou desembocadura do complexo estuarino-lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guaráiras. Totaliza 18,64 km² (1.864 ha) ou 10,04% da área do total de dunas. As áreas classificadas com magnitude de impacto muito fraca aparecem com 1,89 km², fraca com 7,1 km², moderada com 2,67 km², forte com 0,43 km² e muito forte magnitude com 6,56 km².

As áreas com incidência de muito forte magnitude também se caracterizam por serem de trechos urbanos e de estradas com pavimentação asfáltica. Os trechos urbanos concentram-se na sede municipal de Tibau do Sul e nas praias de Pipa, Sibaúma e Barra do Cunhaú. A área a oeste de Pipa é atualmente o trecho de maior pressão do avanço dos aparelhos urbanos e infra-estrutura, com implantação de estradas pavimentadas, pousadas e complexos residenciais. Seu avanço limita-se com o Parque Estadual da Mata de Pipa - PEMP, onde já se percebe uma pequena intervenção humana nas suas bordas e no seu interior com trilhas para veículos 4X4.

Um fato que merece destaque é que o cercamento da UC aparentemente não foi feito obedecendo rigorosamente os limites estabelecidos no seu decreto de criação. A partir de informações da população local, alguns proprietários de terrenos limítrofes, principalmente do lado de Pipa, pagaram propinas para os fixadores das

cercas recuarem sua colocação para oeste, pois assim, os proprietários ampliariam suas áreas para instalação de seus estabelecimentos. Obviamente essa é uma informação que precisa ser apurada para afirmarmos categoricamente que isso ocorreu. Contudo, em trabalho de campo, percebemos claramente que o limite realmente não foi respeitado, pois a cerca foi fixada em local diferente da delimitação. Nessa ZCD existem alguns trechos de remanescentes de mata atlântica dunar como no Santuário Ecológico de Pipa e dunas adjacentes à estrada de Pipa.

- Zona de Campo de Dunas 3 (ZCD-3):

Este campo de dunas é o mais extenso da área de estudo, totalizando 97,47 km² (9.747 ha) ou 52,51% da área de estudo. Estende-se das dunas da praia de Malembá até a foz do rio Pirangi. É a área com mais complexidades de intervenções e, por conseguinte, com maiores diferenças quanto à magnitude dos impactos.

O parâmetro de magnitude muito fraca totaliza 49,09 km². A magnitude fraca apresenta 32,74 km², enquanto a moderada apresenta 4,33 km², a forte com 2,85 km² e a muito forte com 8,46 km². As áreas que apresentam maiores magnitude são as que estão presentes os aparelhos urbanos das praias de Barreta, Camurupim, Barra de Tabatinga, Búzios e Pirangi do Sul. Essas áreas são caracterizadas por ocupações mais antigas e consolidadas, destacando-se aí as casas de veraneio ou segunda residência, que sobem as encostas das dunas.

Esse é o maior problema verificado nessa área, pois as intervenções geradas pela crescente urbanização desencadeiam graves impactos ambientais sobre as dunas, conforme discutido anteriormente. Para se ter uma idéia da intensidade da influência dos impactos gerados pelos estabelecimentos urbanos, como casas, pousadas, restaurantes etc. nessa área, levantou-se um número de 7.370 estabelecimentos sobre estas dunas. Nunes (2006) reforça essa discussão argumentando que em todas estas áreas estão ocorrendo construções de forma muito rápida a cada ano que se passa, onde se espalham e ocupam irregularmente as dunas. Há construções simples de casas de taipa, de alvenaria com quarto, sala, cozinha e banheiro, ou dois a três quartos, duas salas, cozinha e banheiro; e até mesmo residências mais sofisticadas. Todas as construções surgem à revelia, contrariando o plano diretor municipal, os órgãos ambientais do município e do estado, e as legislações ambientais municipal, estadual e federal.

Em contraposição, as dunas frontais de Malembá apresentam os melhores índices de preservação; com baixíssima incidência de impactos ambientais. Essa é uma das únicas áreas de dunas na área de estudo que possuem pouca ou nenhuma intervenção humana. Esta área possui um valor cênico-paisagístico e ambiental de valor inestimável. Contudo, já tramita no IDEMA um pedido de licenciamento ambiental referente à instalação, nessa área, de um grande complexo turístico com construção de hotéis, condomínios residenciais e apartamentos e que tem por denominação Complexo Turístico Porta do Brasil Resort's em nome da Ultraclassic do Brasil Administração e Assessoria Comercial Ltda. As áreas adjacentes ao distrito de Alcaçuz já se encontram em estágio mais avançado de degradação com magnitudes mais elevadas dos impactos. Nessa ZCD pode-se observar com mais clareza a ocupação por atividades agropecuárias.

- Zona de Campo de Dunas 4 (ZCD-4):

É a ZCD que apresenta menor diferenciação dos graus de magnitude. Vai da foz do rio Pirangi até as dunas associadas da praia de Ponta Negra (Morro do Careca), limite norte da área de estudo. Perfaz 35,60 km² ou 19,18% da área total de dunas. Sua ocupação é a mais homogênea da área de estudo, configurando uma menor diferenciação nas incidências de magnitudes em sua área.

A ocupação urbana extremamente concentrada dos municípios de Natal e Parnamirim e as áreas remanescentes de Mata Atlântica da Barreira do Inferno dão a esse campo de dunas uma configuração especial, justamente pela diferenciação do uso do solo. A magnitude muito fraca totaliza 18,81 km², enquanto a magnitude fraca soma 1,13 km². A magnitude moderada soma 0,36 km², enquanto a muito forte apresenta 15,29 km². Ou seja, as magnitudes da ZCD concentram-se na muito fraca e muito forte. O parâmetro de magnitude forte não foi observado nessa zona. A Barreira do Inferno funciona como uma zona impeditiva ou de amortecimento do avanço da urbanização vinda dos municípios de Parnamirim e Natal. Daí sua importância estratégica para a preservação dos ecossistemas dunares associados. Essa área é a que apresenta a maior densidade demográfica nas áreas de duna da área de estudo. No mapeamento foi levantado um número de 19.900 estabelecimentos entre residências, comércios etc., assentados sobre as dunas, gerando com isso uma série de problemas, principalmente quanto à desconfiguração dunar e à contaminação dos aquíferos por esgotamentos sanitários inadequados.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em trabalho de campo em 14/06/2009(A), 15/07/2011(B), 14/06/2011(C), 16/06/2011 (D) e a partir de sobrevôo aéreo em 12/01/2011(E).
 Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: foto A: 6°02'22,2" S e 35°06'50,1" O / foto B: 6°17'33,5" S e 35°02'14,4" O / foto C: 6°12'15,1" S e 35°04'57,4" O / foto D: 6°21'02,6" S e 35°01'43,1" O / foto E: 6°0' 0'09,2" S e 35°07'07,1" O.

Figura 54 - Imagens de impactos ambientais sobre campos dunares. Pode-se perceber a ocupação por aparelhos urbanos na encosta das dunas inseridas na praia de Búzios (ZCD-3) – Foto "A". Também nota-se trilhas de veículos 4X4 sobre as dunas nas dunas inseridas entre Tibau do Sul e Pipa (Foto "C"). A foto "D" se destaca por ser de uma área ocupada por coqueirais e esporadicamente por pecuária extensiva. A foto "E" indica uma deposição irregular de lixo adjacente a estradas.

5.1.2 Impactos Ambientais em Manguezais

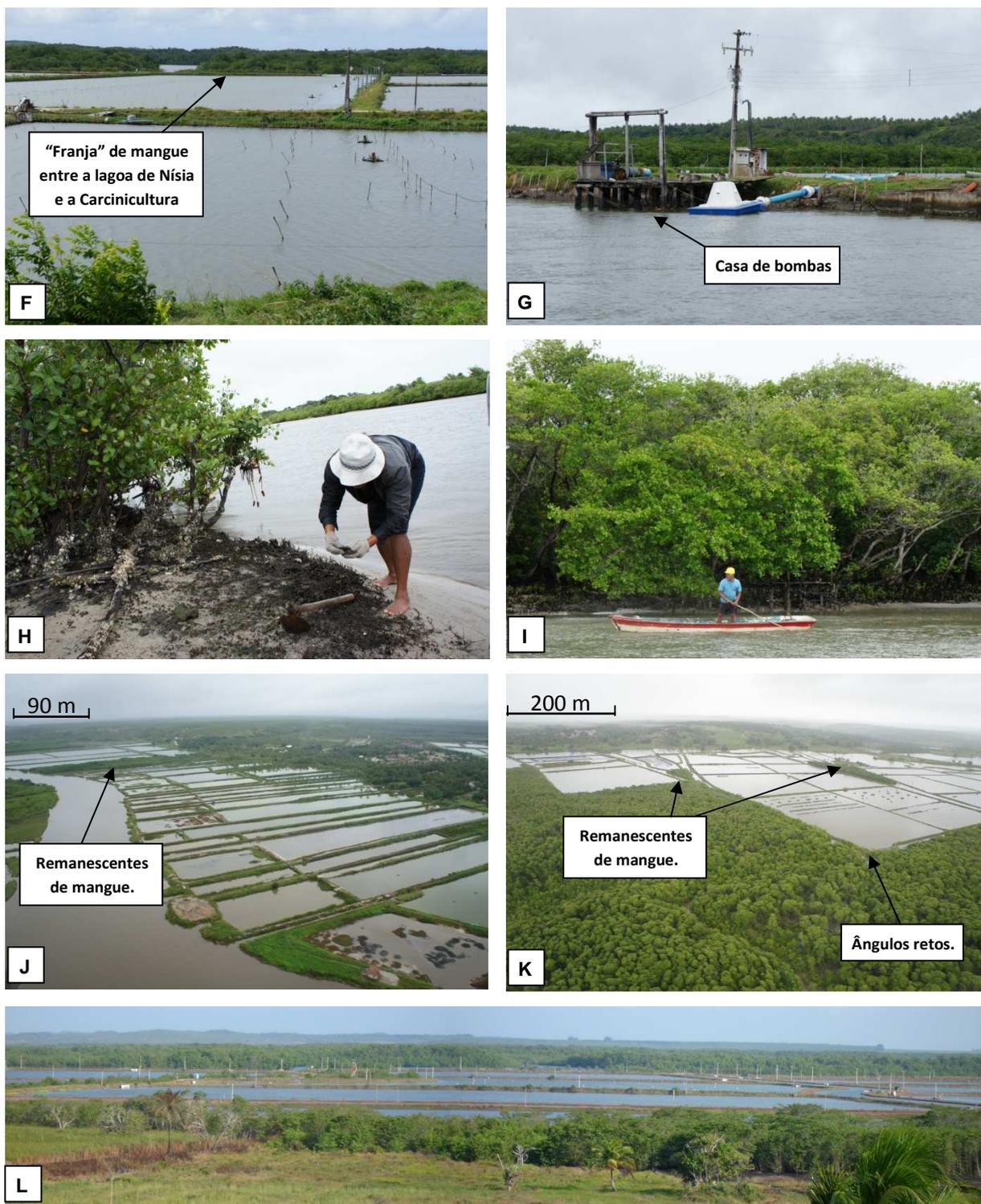
Os impactos ambientais nos manguezais inseridos na área de estudo são gerados basicamente pelas atividades de carcinicultura marinha que avançam sobre as áreas de florestas e planícies de maré, onde se localizam os apicuns e planícies salgadas, e, também, pelas conseqüências secundárias de suas atividades, como a poluição hídrica gerada pelos efluentes das despescas dos viveiros. (Figura 56).

A supressão dos manguezais no estado teve início na primeira década do século XX, com a construção dos tanques-cristalizadores para as atividades extrativas do sal marinho (NUNES, 2006). No litoral oriental do estado, esta atividade não prosperou, principalmente em função de um regime climático mais chuvoso e úmido que impossibilitava a produção do sal. Com o declínio da salinocultura nesses estuários, essas áreas foram abandonadas até a década de 70, quando se iniciou a carcinicultura no estado, principalmente no estuário dos rios Potengi-Jundiá, próximo a Natal, e no estuário do rio Canguaretama. Contudo, foi na década de 90 que a carcinicultura no estado passou por um grande avanço em sua área ocupada, principalmente em função de incentivos governamentais, da queda de produção de concorrentes externos, pelo aperfeiçoamento do sistema de produção intensivo e pelo aumento do consumo de países como os EUA, Japão e países europeus. Com isso, sua produção foi intensificada, gerando o desenvolvimento de novas áreas de produção e consolidação de áreas onde já existiam estruturas instaladas, provocando uma série de intervenções sobre os ambientes costeiros. Essa recente ocupação muitas vezes não considerou os limites estabelecidos pela legislação ambiental.

Segundo Meireles (2010), a grande maioria dos empreendimentos proporcionou a disseminação de espécies exóticas, pois não contavam com mecanismos de segurança eficientes para evitar a invasão de uma espécie de camarão (*Litopenaeus vannamei*) estranha aos manguezais do Brasil. Ainda mais, Nunes (2006) frisa que a carcinicultura destrói manguezais através do fechamento de gamboas, impedindo que as águas de maré penetrem no mangue e em seguida desmatam e queimam. Com a destruição do ecossistema manguezal, ocorre a morte de crustáceos (caranguejos, siris, aratus e goiamuns), moluscos (ostras, mexilhões, sururus), peixes que desovam e aves que procriam e alimentam-se da flora, o que interfere na reprodução e manutenção da vida nos estuários e oceano.

No Brasil, o manguezal é considerado como Área de Preservação Permanente-APP, segundo o Art. 2º, alínea *f* da Lei Federal 4.771/65 (Código Florestal), combinado com a Art. 3º, Inc. X da Resolução CONAMA 303/2002. Esta resolução, em seu Art. 2º, Inc. IX, também define o conceito de manguezal como sendo um ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina. Da mesma forma, a Resolução CONAMA 312/2002, que dispõe sobre o licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira, veda, em seu Art. 2º, a atividade de carcinicultura em manguezal, impedindo juridicamente o desenvolvimento da carcinicultura nesses ambientes.

Além dos próprios impactos ambientais gerados diretamente pela supressão do mangue, a carcinicultura gera outros impactos negativos, como a supressão de apicuns; impermeabilização de planícies de maré; soterramento de gamboas e braços de maré; aumento dos processos erosivos locais e regionais; alteração da taxa de sedimentação flúvio-marinha; alteração do ciclo hidrológico regional; sobre-exploração de água bombeada de pequenos canais para abastecimento dos viveiros; alteração da qualidade da água gerada por efluentes com adição de metabissulfito e outras substâncias potencialmente tóxicas; diminuição da biodiversidade; diminuição ou alteração dos refúgios de fauna, incluindo-se aí, os crustáceos, peixes e aves, com conseqüente diminuição dos estoques pesqueiros, comprometendo assim, comunidades de marisqueiras, pescadores e catadores de caranguejo; inserção de espécies exóticas nos estuários (*Litopenaeus vannamei*); disseminação de doenças; alteração da cadeia alimentar regional; assoreamento dos canais com aporte de sedimentos oriundos dos taludes dos viveiros que rompem em épocas de cheias; concentração de terras; especulação imobiliária; cerceamento dos acessos da população das comunidades adjacentes aos estuários e marginalização das comunidades tradicionais.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em trabalho de campo em 16/06/2011(G, H, I), 20/07/2011(F) e 10/10/10 (L). A partir de sobrevôo aéreo em 24/05/2011(J, K).

Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: foto F: 6°08'52,5" S e 35°08'20,3" O / foto G: 6°08'38" S e 35°08'04" O / foto H: 6°09'16" S e 35°07'14" O / foto I: 6°10'00" S e 35°06'55" O / foto J: 6°08'09,4" S e 35°08'35,9" O / foto K: 6°12'33,8" S e 35°08'06,3" O / foto L: 6°20'07,9" S e 35°04'24,5" O.

Figura 56 – Aspectos da ocupação da carcinicultura marinha e do cotidiano de trabalho de marisqueiras e pescadores do complexo estuarino-lagunar Nísia-Papeba-Guaráiras. Percebe-se na foto K que o manguezal “possui” uma geometria de ângulos retos, fato pouco provável de acontecer naturalmente, indicando assim a intervenção das atividades de carcinicultura sobre estes ambientes, principalmente com implantação de viveiros sobre antigas florestas de mangue. Podem-se observar remanescentes de mangues no meio e adjacentes aos viveiros. Viveiros em Canguaretama (L).

O mapeamento realizado como suporte para a análise dos impactos ambientais em manguezais gerados pela carcinicultura considerou o avanço desta atividade principalmente sobre os mangues, mas também, sobre os apicuns, salgados e planícies associadas em duas diferentes escalas espaço-temporais, utilizando, como referência, comparativos de ocupação nos anos de 1992 e 2010 para o estuário de Nísia-Papeba-Guarairas e 1993 e 2010 para o estuário de Canguaretama. Os estuários do rio Guaju, do rio Catu e do rio Pirangi não foram mapeados em função de sua menor dimensão e por terem menor influência das atividades de carcinicultura.

Essa análise possibilitou entender como se processou historicamente a ocupação da atividade nesses estuários, com espacializações e mensurações da evolução dos totais ocupados por viveiros e mangues.

- Estuário do Curimataú: A área referente ao estuário do Curimataú totaliza 71,95 km², sendo considerado o maior estuário inserido na área de estudo. Pode-se perceber já na imagem de 1993 que a ocupação dos viveiros concentra-se no setor norte do estuário, entre a margem esquerda do rio Curimataú e a rodovia estadual RN-269 que dá acesso à sede municipal de Vila Flor e ao distrito de Barra do Cunhaú. Distribui-se entre as comunidades de Fazenda Canabrava, Fazenda Amparo, São Roque, Cercado Grande e Canguaretama. Em 1993, sua ocupação também se dava no mesmo setor, mas separado em dois núcleos. Um maior, mais a NE, e outro com menor adensamento e menores viveiros a SO. Muitos dos viveiros localizados no setor NE pareciam estar sem funcionamento, pois não é possível perceber com clareza os taludes de divisão e a contenção dos tanques. Estes chegavam a comprometer sobremaneira as margens do rio Curimataú, pois deixavam pequenas faixas de transição de mangue entre o canal principal do rio e os viveiros, restando pequenas franjas de contato entre estes.

A concentração da ocupação no setor norte se deu, provavelmente em função da facilidade de infra-estrutura existente na RN-269, ao contrário do setor sul do estuário, que não é servido de grande infra-estrutura, além da concentração da atividade sucroalcooleira. A própria geometria dos remanescentes vegetais de mangue, com ângulos retos, indica que o estuário sofreu uma grande intervenção, com supressões e cortes na sua vegetação.

No ano de 2010, pode-se perceber claramente um grande aumento da área ocupada pelos viveiros, principalmente no setor mais a montante do estuário e nas áreas até então livres entre, a RN-269 e a margem esquerda do rio Curimataú. Nota-se, também, que algumas áreas ausentes de vegetação em 1993 foram reflorestadas, basicamente por pressão dos órgãos ambientais competentes. Em função do maior rigor legal e ambiental exigidos para implantação de projetos de carcinicultura, muitos novos empreendimentos procuraram ser instalados em áreas que não eram ocupadas por manguezais, provocando um crescimento periférico da atividade, como se pode observar nos mapas comparativos a seguir.

Segundo o mapeamento realizado neste trabalho, em 1993 o estuário tinha 45,19 km² (4.519 ha) de manguezais e 4,55 km² (455 ha) de tanques e viveiros. Já no mapeamento do ano de 2010, calculou-se que a área ocupada por manguezais totaliza 43,95 km² (4.395 ha). Contudo, as áreas de viveiros tiveram um grande acréscimo, somando 10,32 km² (1.032 ha). Portanto, a área ocupada por manguezais no estuário do Curimataú entre os anos de 1993 a 2010 decresceu 2,74% ou 1,24 km² (124 ha), ao contrário da área de viveiros, que teve um acréscimo 126,81% ou 5,77 km² (577 ha) de área ocupada. Essa diferença, entre 2,74% de supressão de mangue e um acréscimo de 126,81% de áreas de viveiro, nesses dois períodos, pode ser explicada por dois fatores. O primeiro se reveste no fato de que, em 1993, algumas áreas não eram ocupadas por mangues nem por viveiros. Nesse período de 17 anos, essas áreas se regeneraram ou passaram por reflorestamentos provenientes da execução de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas – PRADs exigidos pelos órgãos ambientais. O segundo fator é que muitas áreas onde foram instalados os novos viveiros não são consideradas como área de mangue de porte arbustivo ou arbóreo, pois se instalaram sobre área de apicuns ou planícies salgadas de maré.

- Estuário de Nísia-Papeba-Guaráiras: Este estuário engloba três sistemas hídricos superficiais, interligados por dinâmicas flúvio-marinhas com regimes de maré que condicionam características de salinidade às suas águas. Sua área total é de 52,32 km². A ocupação do manguezal e dos viveiros se distribui no entorno dos sistemas hídricos e são influenciados pela dinâmica estuarina.

No ano de 1992, a ocupação de viveiros restringia-se ao setor sul-sudeste da laguna Guaráiras e em pequenos trechos adjacentes às lagoas de Papeba e Nísia

Floresta. Nesse trecho, a maior supressão de mangue foi promovida antes de 1992, indicando que as atividades vinculadas à laguna de Guaraíras são as mais antigas presentes no complexo estuarino. Esta ocupação concentrou-se próximo a distritos do município de Tibau do Sul, como Pernambuco, Cabeceira, Munim, Manibu, Bela Vista e Piau, além de áreas próximas à sede municipal de Arês (porção sul da sede). Dessa forma, até 1992, as áreas próximas às lagoas de Nísia Floresta e Papeba eram pouco ou quase nada influenciadas pela carcinicultura. Essa relação foi alterada com o “boom” do desenvolvimento de fazendas e viveiros no final da década de 90. As áreas com pouca intervenção de projetos foram alteradas para instalação de novos empreendimentos com diversas dimensões. Ao contrário do que ocorre no estuário de Canguaretama, no complexo estuarino Nísia-Papeba-Guaraíras foram criados centenas de pequenos empreendimentos familiares, muitas vezes com caráter artesanal, provocando, com isso, uma série de intervenções pontuais nos mangues sem o menor critério técnico e ambiental. Esses empreendimentos somados aos de maior porte foram ampliados e consolidados na laguna de Guaraíras.

A partir da análise da imagem de satélite de 2010, percebe-se que as áreas próximas às lagoas de Papeba e Nísia Floresta sofreram uma forte intervenção com a instalação de novos e grandes empreendimentos de carcinicultura, inclusive em áreas topograficamente mais elevadas e com constituição natural distinta a das planícies de maré. São exemplos as áreas de tabuleiro e dunas arrasadas, próximas às comunidades de Carnaúba (Sen. Georgino Avelino) e Jenipapeira, Dendezeiro, Currais, Macacos e Morrinhos no município de Nísia Floresta, condicionando praticamente um cercamento, por viveiros, da lagoa de Nísia Floresta.

Segundo o mapeamento realizado neste trabalho, em 1992 o estuário tinha 15,02 km² (1.502 ha) de manguezais e 7,70 km² (770 ha) de tanques e viveiros. Já no mapeamento do ano de 2010, calculou-se que a área ocupada por manguezais totaliza 13,26 km² (1.326 ha), contudo as áreas de viveiros tiveram um acréscimo acentuado, com 17,49 km² (1.749 ha). Ou seja, a área ocupada por manguezais no estuário de Nísia-Papeba-Guaraíras entre os anos de 1992 a 2010 decresceu 11,71% ou 1,76 km² (176 ha) diferentemente da área de viveiros que teve um acréscimo de 127,14% com 9,79 km² (979 ha) a mais de área ocupada. (Figura 57).

Considerando uma análise da evolução da ocupação nos dois estuários, percebe-se uma diferença entre eles no que se refere aos seus totais de áreas

ocupadas, pois no estuário de Canguaretama ainda há o predomínio de mangues em detrimento às áreas de carcinicultura. Contudo, quando analisamos o estuário de Nísia-Papeba-Guarairas para os dois períodos, percebemos a inversão da ocupação nos dias atuais, ou seja, nesse estuário existem, atualmente, mais áreas de viveiros que áreas de mangues. Isso é grave, pois a dinâmica natural do estuário pode ser comprometida com a sobreexploração da carcinicultura sobre os ambientes, afetando a capacidade de suporte dos impactos que o estuário possui.

Tabela 13 – Resumo quantitativo das ocupações de mangues e viveiros de carcinicultura nos estuários de Canguaretama e Nísia-Papeba-Guarairas.

	Área Total ¹ (km ²)	Mangue em 1992/3 (km ²)	Mangue em 2010 (km ²)	Diferença de mangue entre 1992/3 e 2010 em %	Diferença de mangue entre 1992/3 e 2010 em km ²	Viveiros em 1992/3 (km ²)	Viveiros em 2010 (km ²)	Diferença de viveiros entre 1992/3 e 2010 %	Diferença de viveiros entre 1992/3 e 2010 em km ²
Estuário de Canguaretama	71,95	45,19	43,95	-2,74	-1,24	4,55	10,32	126,81	5,77
Estuário de Nísia-Papeba-Guarairas	52,32	15,02	13,26	-11,71	-1,76	7,7	17,49	127,14	9,79
Dois estuários	124,3	60,21	57,21	-4,98	3	12,25	27,81	127,02	15,56

¹ A área total do estuário considera a unidade geomorfológica relacionada as planícies de maré associadas a cada estuário. Foi delimitada a partir de curvas de nível. Assim, podem-se incluir os mangues, viveiros, apicuns, salgados, drenagens e outras áreas.

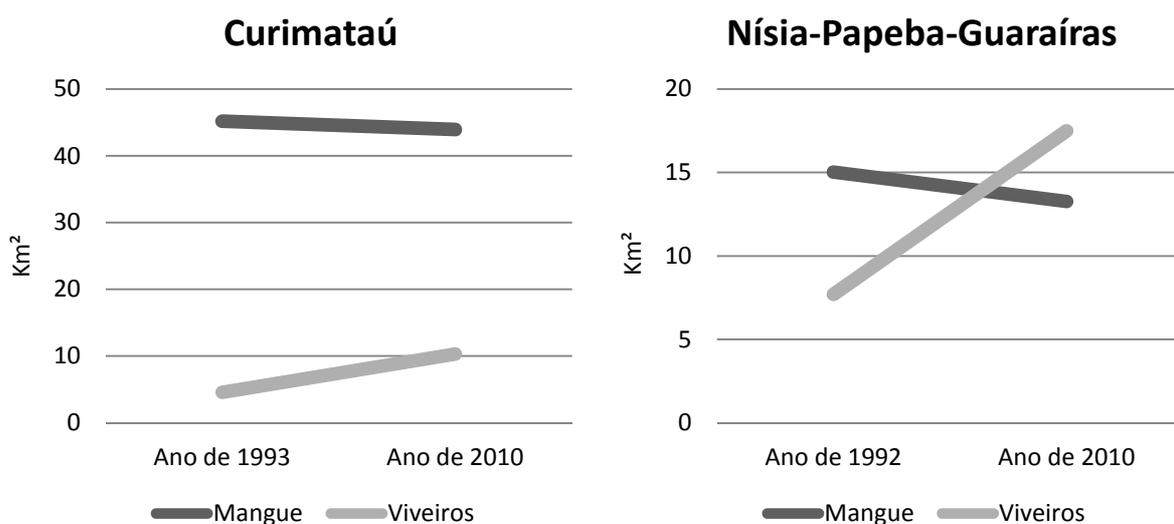


Figura 57 – Evolução do total das áreas ocupadas (em km²) pelos mangues e viveiros de carcinicultura nos estuários do Curimataú e Nísia-Papeba-Guarairas para os anos de 1992/3 a 2010. No estuário de Nísia-Papeba-Guarairas, pode-se perceber a inversão da maioria da área ocupada por mangues em 1992 pela de viveiros no ano de 2010.

Obs. Mapa original em tamanho A3.

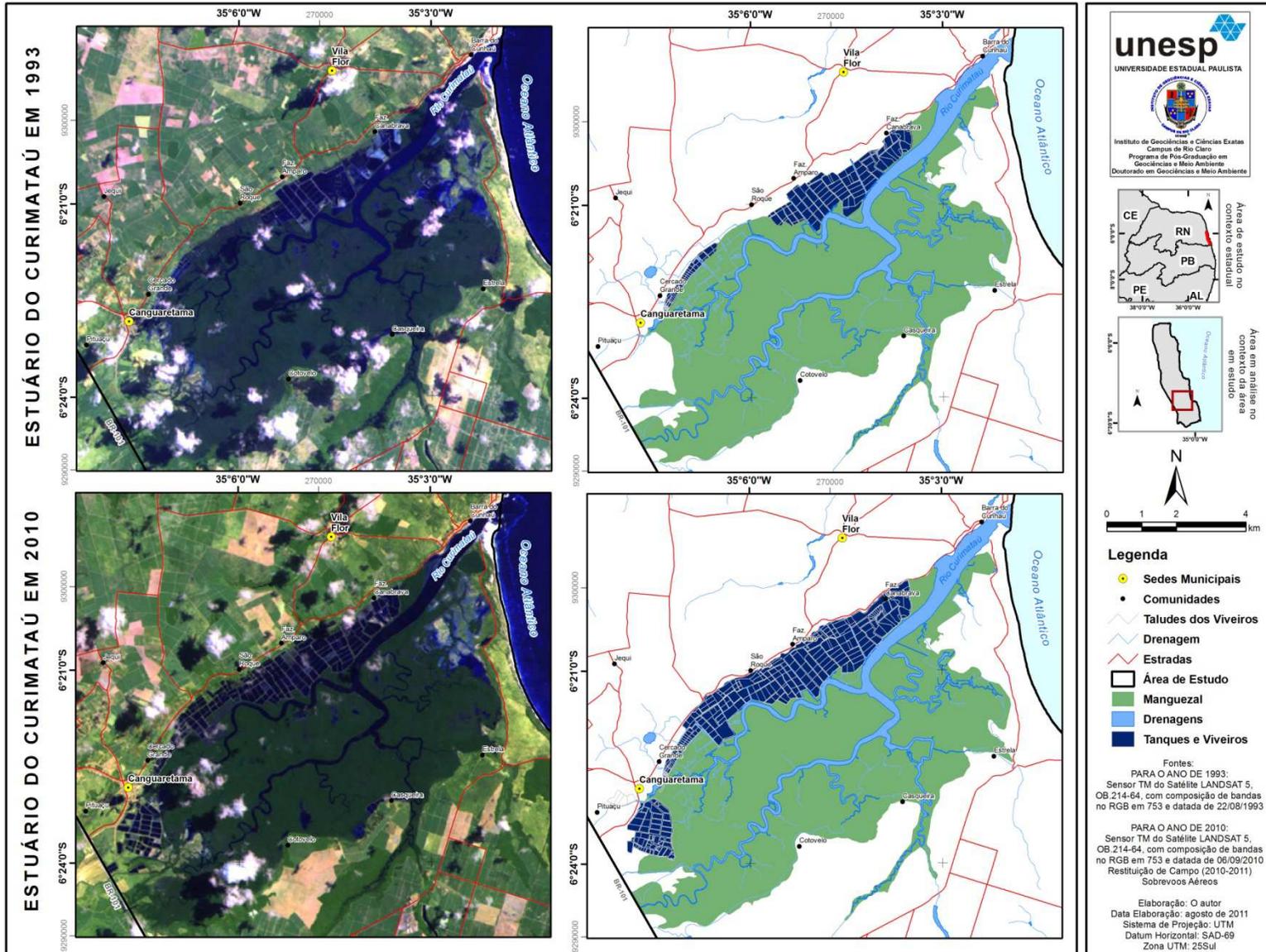


Figura 58 – Mapa de evolução espaço-temporal do avanço dos viveiros de carcinicultura no estuário do rio Curimatá.

Obs. Mapa original em tamanho A3.

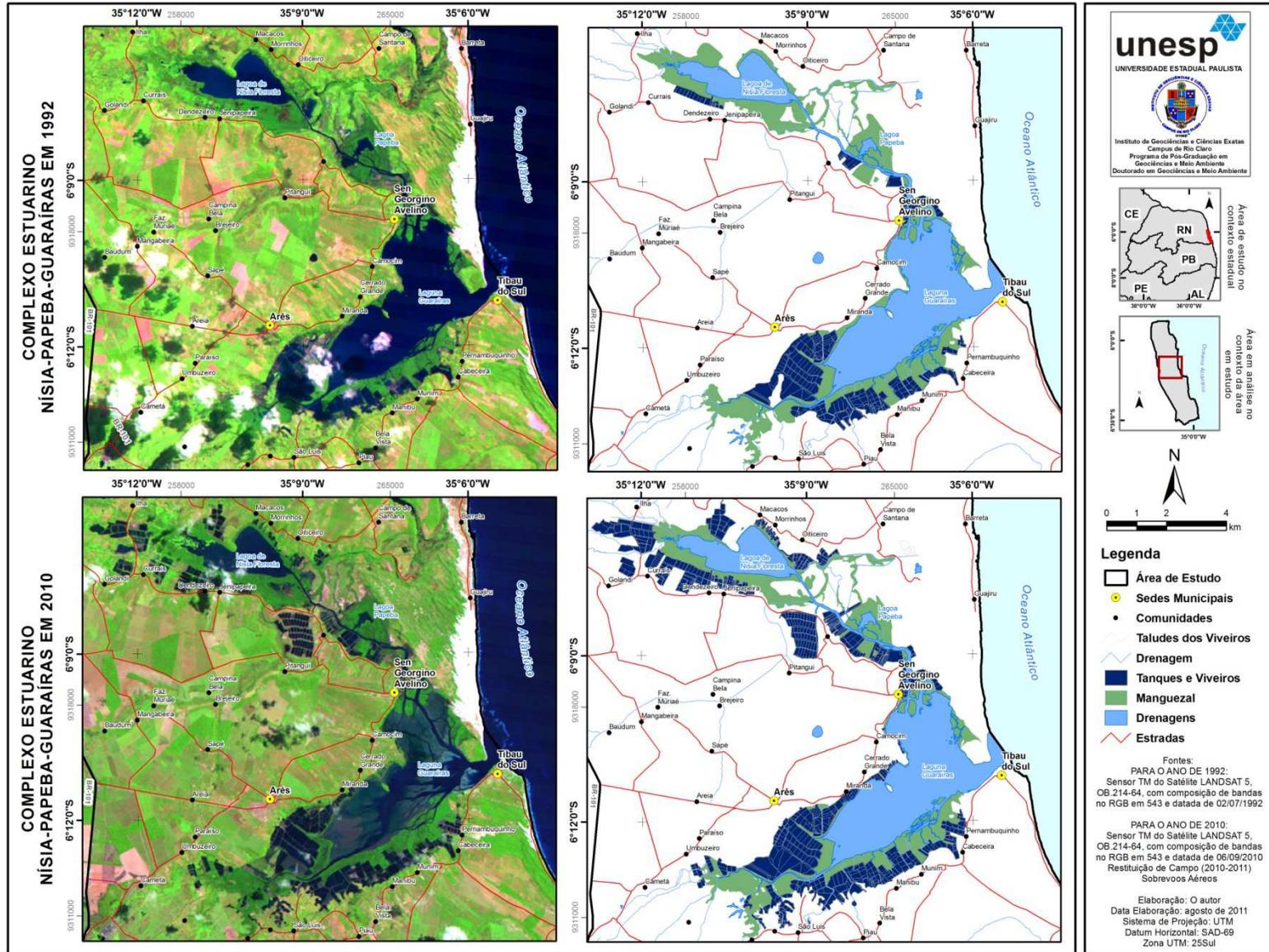


Figura 59 – Mapa de evolução espaço-temporal do avanço dos viveiros de carcinicultura no complexo estuarino Nisia-Papeba-Guarairas.

5.1.3 Impactos Ambientais em Faixas de Praia

O litoral brasileiro foi povoado num padrão descontínuo, que conforma um verdadeiro arquipélago demográfico, onde se identificam zonas de adensamento e núcleos pontuais de assentamento entremeados por vastas porções não ocupadas pelos colonizadores (MORAES, 2007). Foi nesse contexto que se deu a ocupação do litoral potiguar, fundamentado no desenvolvimento da zona da mata nordestina, que se caracterizou por ser um núcleo rural, baseado na monocultura da cana-de-açúcar e que teve como pontos de referência comercial e logística, pequenas aglomerações urbanas localizadas às margens de estuários, como o do rio Potengi/Jundiá, onde a cidade de Natal foi instalada. Com o processo de industrialização nacional, ocorrido principalmente a partir da década de 50 do século XX, as áreas urbanas começam a ter uma expansão horizontal de sua faixa costeira, principalmente para atender à crescente expansão demográfica, condicionada pela ampliação das atividades econômicas e pela ausência de políticas públicas de ordenamento do espaço urbano.

Dessa forma, o adensamento populacional nessas áreas se expande continuamente de forma paralela à linha de costa, com ocupação das praias e ecossistemas adjacentes, principalmente em direção às praias próximas ao sul de Natal, como Pirangi e Búzios, notadamente a partir da década de 80. Essa ocupação deu-se com o surgimento de casas de veraneio ou segundas residências. Moraes (2007) expõe que tais residências podem ser apontadas como o fator numericamente mais expressivo da urbanização litorânea, pois ocorrem ao longo de toda a costa, revelando um dinamismo que se mantém (obviamente em ritmo menor), mesmo em períodos de crise acentuada do setor da construção civil do país.

Até a década de 80, o maior adensamento de ocupação de casas de veraneio ficava mais restrito às praias de Búzios e Pirangi. As praias mais ao sul e distantes da capital, como Pipa, Tibau do Sul e Baía Formosa, tinham suas atividades sócio-econômicas muito mais ligadas à pesca e agricultura, com um modo de vida pouco alterado, pois as atividades turísticas e de segundas residências existiam, mas de forma incipiente. A partir do final da década de 80, com o surgimento do turismo de massa em escala nacional, essas áreas passam a desempenhar um novo papel, gerando um grande processo de alteração das relações sócio-econômicas com a

substituição de atividades primárias, por atividades ligadas ao atendimento dos serviços turísticos.

Muitas áreas, consideradas como comunidades artesanais e pesqueiras, foram palco de grandes conflitos sócio-ambientais, pois o maior valor da terra e a especulação imobiliária marginalizaram essa população tradicional, que não tinha meios de competir com o capital comercial especulativo-imobiliário. As praias, antes ocupadas por pescadores nativos, começam a ser ocupadas por atividades que dão suporte ao turismo de massa, como barracas e bares. É nesse momento que as praias com “vocação” turística, até então pouco ocupadas por casas de veraneio, passam a ser ocupadas pelas segundas residências, agravando, ainda mais, o quadro de marginaliza o social que as comunidades pesqueiras já vivenciavam. Com isso, a rela o com a praia muda. O modo de produ o extrativista, baseado na pesca e mariscagem,   substituído por uma rela o de apropria o dos bens naturais e do espaço público, com vistas ao atendimento da crescente demanda turística.

As a o es governamentais não acompanhavam o grande crescimento das atividades econômicas nas praias, desencadeando uma série de problemas ambientais nessas áreas, principalmente em fun o do desordenamento urbanístico, que ainda gera uma série de problemas e conflitos, como ocupa o de APPs e Terras da União (vale ressaltar que, segundo o art. 3 , inc. XV da Resolu o do CONAMA 303/02, as praias são consideradas APP). Sob esse contexto, surgem algumas a o es governamentais, principalmente em escala federal, visando ordenar o uso do solo nessas áreas, como o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro PNGC (Lei 7.661/88 e Decreto 5.300/04) e o Projeto Orla.

A ocupa o das praias na área de estudo   descontínua, com áreas consolidadas e outras em expansão, condicionando uma situa o distinta quanto   preserva o e conserva o dos seus ambientes, o que será discutido agora com os resultados do levantamento dos graus de ocupa o e de sua condi o ambiental.

As mensura o es feitas para avaliar os graus de ocupa o nas faixas de praia da área de estudo indicam que todo o segmento prai al, englobando os sete setores, possui 86.127,53 metros (86,13 km) de extensão. Como resultado do mapeamento, percebe-se que quase metade do litoral sul potiguar, não apresenta ocupa o no ambiente prai al, o que equivale a 58,53% da área do segmento total ou 50.406,43 metros (50,4 km). Contudo, os 41,47% (35.721,1m) restantes do litoral, apresentam

algum tipo de ocupação que se distribui da seguinte forma: 27,83% ou 23.970,87 metros (23,97 km) são de áreas somente com ocupação da pós-praia e 13,64% ou 11.750,24 metros (11,75 km) são de segmentos praias que são ocupados concomitantemente na praia e pós-praia. (Tabela 14).

Tabela 14 – Resumo quantitativo dos graus de ocupação encontrados nas faixas de praia inseridas na área de estudo.

	Extensão (m)	% da Extensão do Litoral	Ausência de Ocupação na Pós-Praia (m)	Ausência de Ocupação na Pós-Praia (%)	Ocupação da Pós-Praia (m)	Ocupação da Pós-Praia (%)	Ocupação Concomitante da Pós-Praia e Praia (m)	Ocupação Concomitante da Pós-Praia e Praia (%)
Setor 1	13.611,93	15,80	12.012,08	88,25	925,91	6,80	673,94	4,95
Setor 2	10.722,10	12,45	8.609,99	80,30	993,72	9,27	1.118,39	10,43
Setor 3	8.587,29	9,97	5.282,16	61,51	3.257,56	37,93	47,57	0,55
Setor 4	10.574,47	12,28	6.917,43	65,42	232,75	2,20	3.424,29	32,38
Setor 5	13.777,46	16,00	5.058,81	36,72	7.805,28	56,65	913,37	6,63
Setor 6	12.486,83	14,50	2.012,69	16,12	6.637,88	53,16	3.836,26	30,72
Setor 7	16.367,46	19,00	10.513,28	64,23	4.117,76	25,16	1.736,42	10,61
Total	86.127,53	100,00	50.406,43	58,53	23.970,87	27,83	11.750,24	13,64

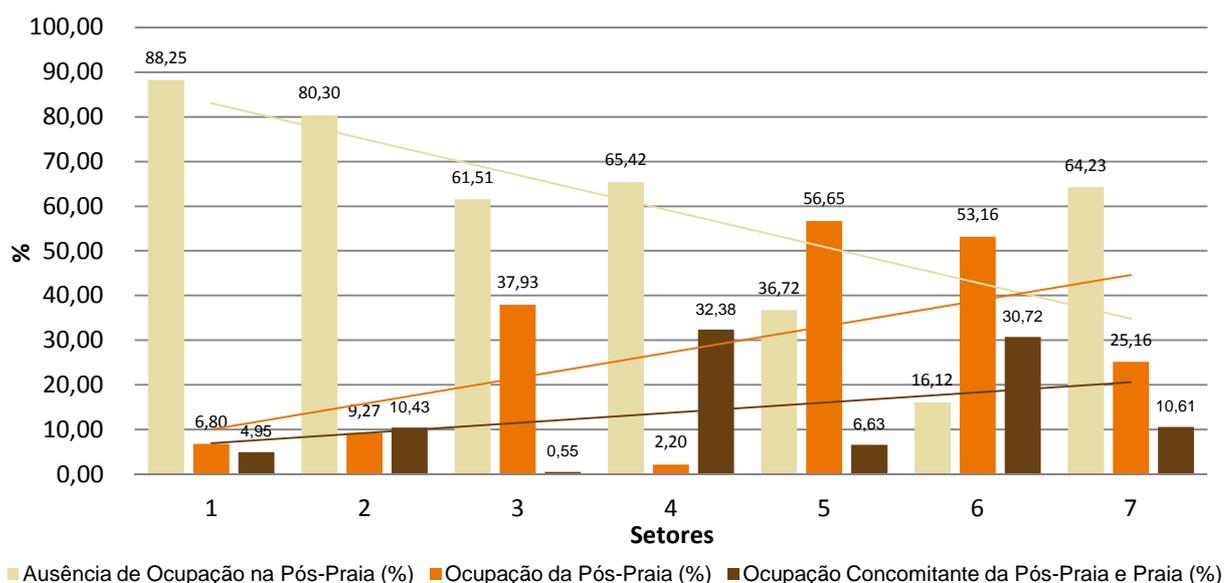


Figura 60 - Gráfico com porcentagens dos graus de ocupação para cada uma das sete faixas de praia inseridas na área de estudo. Análise sobreposta por linhas de tendência (linear) para cada grau de ocupação no sentido sul-norte (setor 1 – setor 7).

A relação de proporção da distribuição dos graus de ocupação não é constante quando se analisa separadamente setor a setor. Observa-se, por exemplo que existe uma discrepância acentuada entre os graus de ocupação “ausência de ocupação de pós-praia” dos setores 1 e 2 com os dos setores 5 e 6, existindo uma acentuada inversão dos seus graus de ocupação, pois enquanto os setores 1 e 2 são dominados por áreas desocupadas (mais de 80%), nos setores 5 e 6 existem poucas áreas livres de algum tipo de ocupação, pois há predominância de áreas de pós-praia ocupadas. Esses trechos são justamente as áreas mais antigas por ocupação de segundas residências. No setor 5, a área livre de ocupação se dá basicamente em função da praia de Malembá. Se esta área fosse retirada, a predominância de áreas ocupadas nesses 2 setores aumentaria bastante.

Considerando as linhas de tendência da figura 60, observa-se que existe no sentido sul-norte uma diminuição da proporção de áreas desocupadas e um aumento gradativo das áreas ocupadas, basicamente em função da maior taxa de ocupação nas praias que seguem de Barreta no sentido Ponta Negra em Natal. Em função dos resultados obtidos e de suas análises, basicamente pode-se categorizar o litoral sul Potiguar em dois grandes compartimentos de ocupação. Um compreendido entre a barra do rio Guajú e a praia de Malembá, caracterizado por ocupação incipiente e recente, com praias e pós-praias em razoável estado de conservação e intercalado por pequenos trechos urbanos. O outro, que segue da praia de Barreta até a praia de Ponta Negra, com ocupação antiga e consolidada por segundas residências, com continuidade de intervenção sobre as praias e pós-praias e intercaladas por pequenas áreas desocupadas.

Como cada setor tem sua própria dinâmica de ocupação em função das características sócio-econômicas e históricas, é importante que se faça uma análise pormenorizada de cada setor, conforme discussão a seguir e figura 62.

- Setor 1:

Possui extensão de 13.611,93 metros, divididos em 8 (oito) segmentos. Caracteriza-se por grande predominância da ausência de ocupação na pós-praia (88,25%), basicamente em função da presença da porção a barlavento ou marítima da área denominada Mata Estrela que impede qualquer tipo de ocupação na sua faixa de praia. Contudo, existe uma grande circulação de passeios de bugues para

atendimento turístico e veículos 4x4. (Figura 61C). Esta atividade pode ser danosa ao ecossistema costeiro, pois remobiliza sedimentos praias e suprime a vegetação de restinga de pós-praia, pois muitas trilhas desses veículos passam sobre estas áreas. O único segmento com ocorrência de ocupação é a faixa associada a praia de Sagi com 1.599,85 metros. Essa praia tem ocorrências de progradação marítima, provocando derrubadas de casas na antiga pós-praia e hoje, praia.

- Setor 2:

Com extensão de 10.722,10 metros é dividido por 10 (dez) segmentos distribuídos entre o cabo do Bacopari, passando pelo trecho urbano de Baía Formosa e terminando na foz do estuário do rio Canguaretama. Sua faixa de praia também é caracterizada por ausência de ocupação (80,3%), principalmente entre o trecho urbano de Baía Formosa e a foz do Canguaretama. A ocupação da pós-praia e a ocupação concomitante da praia e pós-praia praticamente se assemelham, cada um com 9,27% e 10,43% de área deste setor, respectivamente. O maior problema enfrentado nesse setor é o trecho urbano da sede municipal de Baía Formosa, pois existem diversas ocorrências de processos erosivos costeiros, desencadeando uma série de intervenções públicas para contenção dos processos erosivos e, por conseguinte, a instalação de diversos sistemas de contenção como muros de arrimo na praia e pós-praia.

- Setor 3:

Possui extensão de seu segmento de 8.587,29 metros, distribuídos em 8 segmentos. Ainda tem a predominância de trechos desocupados, mas em menor proporção que seus antecessores: 5.282,16 metros (61,51%). É uma área de transição entre os trechos de menor e maior ocupação das faixas de praia. Possui morfologias distintas, destacando-se no seu setor norte, o surgimento de falésias que impõem uma estreita faixa de pós-praia, impedindo sua ocupação por grandes estruturas de alvenaria. É uma importante área de ocorrência de desova de tartarugas marinhas, principalmente na praia das Minas. Trecho com grande beleza cênica e em função disso começa a apresentar problemas fundiários quanto à ocupação irregular em áreas de APP e da União.

- Setor 4:

Setor com 10.574,47 metros de extensão, ainda predomina a ausência de ocupação (65,42%), mas já apresenta uma grande ocupação concomitante da praia e pós-praia (32,38%). É considerada a área de maior beleza cênica do estado, o que o torna especial dentre os demais setores. Também concentra núcleos com ocorrência de desova de tartarugas marinhas. Daí a importância da preservação de seus ecossistemas associados, a fim de que se possa manter a sua função ecológica. Possui poucos trechos de pós-praia ocupáveis, pois na sua morfologia predominam pequenas faixas de pós-praia terminadas abruptamente por falésias. Esse setor é um dos mais complexos quanto às suas diferenciações de ocupação (26 segmentos), uma vez que é um dos maiores núcleos turísticos do estado. Com exceção do trecho central da praia de Pipa (figura 61D), suas áreas são ocupadas por barracas de madeira, principalmente para atendimento turístico nas praias do Amor, Curral e Madeiro. Essas áreas concentram surfistas, que utilizam essas barracas como pontos de apoio. Esse setor caracteriza-se pela grande ocorrência de processos erosivos, principalmente vinculados ao solapamento de base nas falésias. O trecho urbano de Pipa é bastante ocupado, com uma grande presença de barracas e infra-estrutura de apoio aos turistas, como bares e restaurantes. Esse trecho também é o único com morfologia de praias intermediárias semi-abrigada à retaguarda de recife de arenitos. Assim, acaba concentrando sua ocupação em função da facilidade geomorfológica de ocupação.

- Setor 5:

Com extensão de 13.777,46 metros, divididos em 14 segmentos, é o primeiro setor a ter o predomínio de área ocupadas, com 8.718,65 metros (63,28%). Sua ocupação concentra-se a partir do final da praia de Malembá e torna-se dominante na praia de Camurupim, com o avanço de casas de veraneio sobre a área de praia. Esse trecho é bastante conflituoso, principalmente porque muitas casas avançaram sobre a praia, impedindo em muitos momentos a passagem de pedestres na preamar. Também tem a ocorrência de processo erosivos costeiros em alguns trechos. É uma área de ocupação antiga por segundas residências, mas com atual ampliação de áreas ocupadas por novos empreendimentos turísticos como hotéis e resorts. Praticamente toda a sua área livre de ocupação é proveniente da praia de

Malembá. É um trecho de praias refletivas semi-abrigadas por uma grande concentração de recifes de arenitos paralelos à linha de costa.

- Setor 6:

Trecho extremamente urbanizado, apresentando 83,88% de sua área total ocupada. Está subdividido em 10 segmentos. Sua ocupação se dá tanto nas pós-praias, como por ocupação concomitante nas praias. Só tem 16,12% de sua extensão livre de ocupação, o que totaliza 2.012,69 metros. É um dos trechos de ocupação do litoral potiguar mais antigos, em função da sua maior proximidade com a cidade de Natal. Junto à parte sul do setor 7, estão as praias que concentram o grande contingente populacional no período de férias, pois são áreas consolidadas e com uma infra-estrutura que dá suporte a demanda requerida. São trechos em que a ocupação urbana está avançando sobre encostas de dunas no sentido leste-oeste, mais notadamente na praia de Búzios.

- Setor 7:

É o maior segmento estudado. Abrange dois municípios (Parnamirim e Natal) com extensão total de 16.367,46 metros (19% do litoral estudado), dos quais 10.513,28 metros (64,23%), são de áreas com ausência de ocupação na pós-praia, 4.117,76 metros (25,16%), de áreas com ocupação na pós-praia, e 1.736,42 metros (10,61%) de áreas com ocupação concomitante da praia e pós-praia. Apesar de ter 14 segmentos, basicamente divide-se em dois grandes núcleos. Um representado pelos trechos da praia de Pirangi do Norte até a praia de Cotovelo e praia de Ponta Negra, com consolidação de ocupação e o outro, no trecho da área militar da Aeronáutica denominada Barreira do Inferno, com uma ausência quase total de ocupação em função das restrições de acesso impostas pela aeronáutica com vistas à segurança nacional, pois nessa área localiza-se o Centro de Lançamento de Foguetes da Barreira do Inferno – CLBI, além de ser uma das casas de descanso do Presidente da República. (Figura 61F).



Fonte: O autor. Fotos obtidas a partir de sobrevôos aéreos em 14/01/2011 (A) e 12/01/2011 (F) e trabalhos de campo em terra em 14/06/2009 (B), 10/10/2010(C), 14/06/2011 (D) e 24/11/09 (E).
 Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: foto A: 5°12'30,8" S e 35°26'17,3" O / foto B: 6°07'17,3" S e 35°05'55,8" O / foto C: 6°27'15,3" S e 34°58'25,8" O / foto D: 6°13'42,2" S e 35°02'44,6" O / foto E: 6° 3'59,1" S e 35°05'47,4" O. / foto F: sem coordenadas.

Figura 61 - Imagens de ocupações de faixas e praia inseridas na área de estudo. Praias de Pirangi do Sul (A); Camurupim (B); Sagi (C); Pipa (D); Búzios (E) e Barreira do Inferno (F).

Obs. Mapa original em tamanho A3.

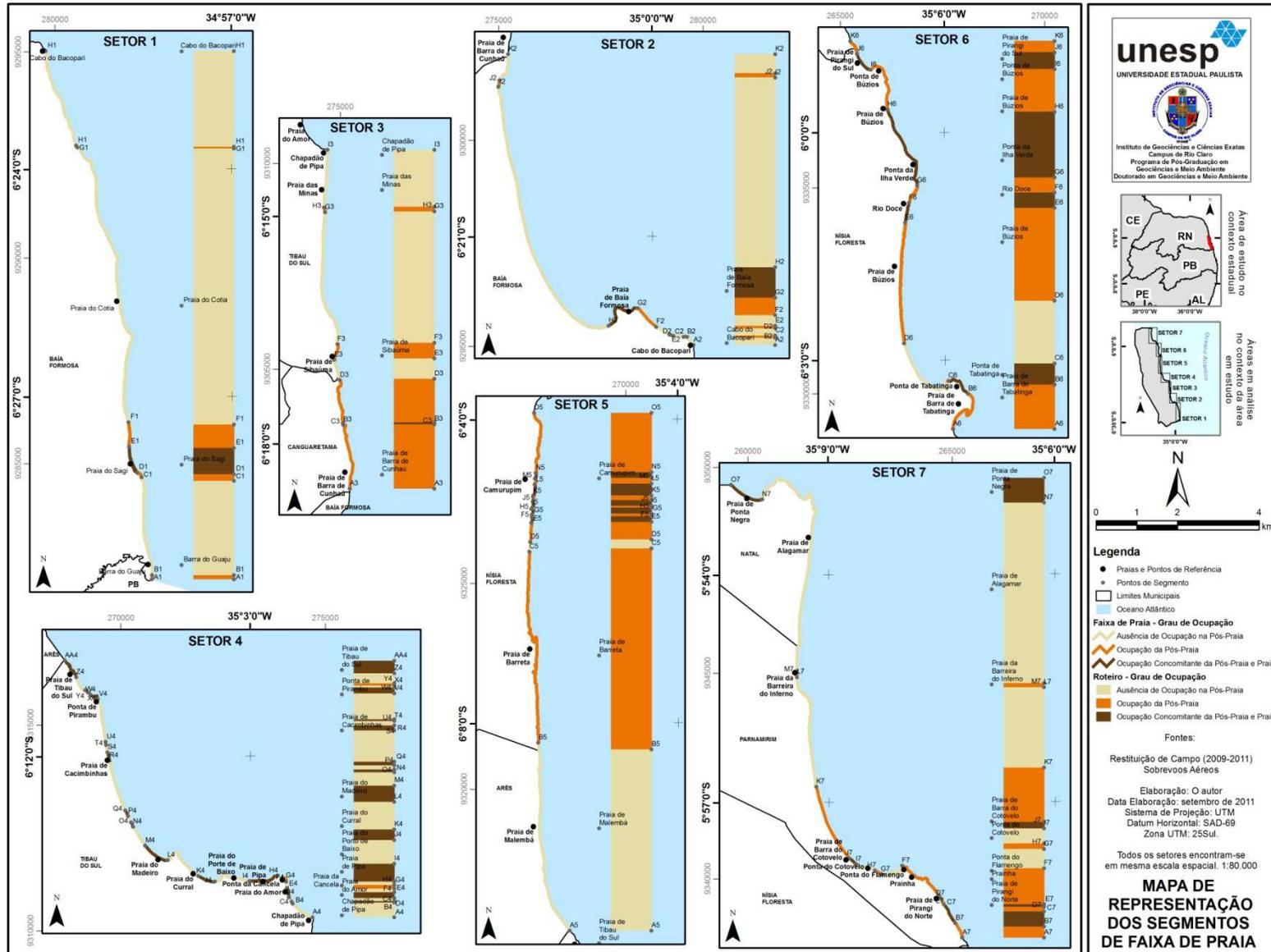


Figura 62 – Mapa de representação dos segmentos de faixa de praia para os sete setores analisados.

5.1.4 Impactos Ambientais em Remanescentes de Mata Atlântica

Segundo Fundação SOS Mata Atlântica; INPE (2011) a Mata Atlântica no Rio Grande do Norte ocupava originalmente 6% do território do estado, com uma área total de 343.867 ha. Atualmente, os remanescentes de mata ocupam 30.179 ha, os mangues, 6.922 ha e as restingas, 11.448 ha. Dessa forma, os remanescentes de Mata Atlântica no estado abrangem, nos dias atuais, uma área de 14,12%, quando considerado seu estado original. Vale destacar que algumas áreas classificadas oficialmente por Fundação SOS Mata Atlântica; INPE (2009, 2011) como restingas, foram classificadas, neste estudo, como Florestas Estacionais Semidecíduais ou Áreas de Tensão Ecológica, notadamente em algumas áreas à sotavento de campos de duna paralelos ou longitudinais à linha de costa.

A supressão de Florestas Estacionais Semidecíduais e Áreas de Tensão Ecológica de Mata Atlântica inseridas na área de estudo ocorreu, basicamente, para dar suporte ao estabelecimento da cultura de cana-de-açúcar, das culturas permanentes, como frutíferas e da pecuária extensiva, atividades estas que geraram um processo secular e contínuo de desmatamentos, repercutindo em uma grande fragmentação florestal na já estreita faixa de Mata Atlântica do estado. Atualmente, além das pressões vinculadas a estas atividades, somam-se outras influências, como as atividades ligadas ao turismo, o crescimento das áreas urbanizadas e especulação imobiliária. Se esta análise for estendida aos ecossistemas associados às áreas das Formações Pioneiras, como os manguezais, pode-se inserir a salinicultura e a carcinicultura como os grandes responsáveis pela supressão dos mangues na área de estudo e no restante do estado.

A fragmentação de ecossistemas foi estudada por uma série de pesquisadores interinstitucionais e publicada pelo MMA (2003), que produziu uma série de análises sobre as causas e efeitos na biodiversidade dos fragmentos florestais no país. Este estudo indica que o processo global de fragmentação de habitats é, possivelmente, a mais profunda alteração causada pelo homem ao meio ambiente. Muitos habitats naturais que eram quase contínuos foram transformados em paisagens semelhantes a um mosaico, composto por manchas isoladas de habitat original. O processo de fragmentação causado pelo homem tem como característica principal a sua ocorrência em grande escala de espaço numa pequena escala de tempo. Durante o processo, as manchas de habitat remanescentes, os

fragmentos ao acaso, vão desfavorecer as espécies cujas manchas tenham sido destruídas em maior quantidade. Vários serviços ambientais são prestados pelos ecossistemas à sociedade humana. Dessa forma, a alteração dos ecossistemas leva à perda de muitos desses serviços com consequências deletérias tanto a médio, quanto a longo prazo.

As atividades sócio-econômicas desenvolvidas na área em análise desencadeiam processos ambientais danosos aos poucos fragmentos florestais existentes, pressionando-os demasiadamente e causando, por conseguinte a diminuição de sua biodiversidade e alteração dos seus ciclos de regeneração. Muitos fragmentos se tornaram secundários com estágios sucessionais iniciais, médios e avançados. Dentre vários impactos ambientais desencadeados sobre os remanescentes florestais de Mata Atlântica na área de estudo, podemos destacar:

- Supressão vegetal para instalação de atividades agropecuárias como a monocultura da cana-de-açúcar; plantações de subsistência, horticultura, coqueiros, cajueiros e pecuária. Além disso, ocorrem desmatamentos para criação de estradas de ligação entre glebas, fazendas e talhões;
- Supressão vegetal com objetivo de instalação de aparelhos urbanos, como conjuntos habitacionais horizontais; loteamentos; residências particulares e comércio; além de infra-estrutura básica para atender a forte demanda turística existente, como estradas; hotéis; pousadas; complexos turísticos e de lazer;
- Supressão vegetal nas margens de áreas depressivas para de liberação de bacias hidráulicas na instalação de barramentos e açudagens utilizados prioritariamente para irrigação da cana-de-açúcar;
- Extração de madeira para obtenção de carvão vegetal e lenha, para abastecimento de estabelecimentos comerciais que usam essas matérias primas em seus fornos;
- Queimadas nos canaviais, acelerando os efeitos de borda dos fragmentos florestais, afugentando a fauna associada e diminuindo a biodiversidade do fragmento ou das suas conectividades;
- Coleta, caça e captura de exemplares da biodiversidade, com tráfico de animais silvestres para comercialização nas feiras livres das cidades próximas e na capital do estado;

- Supressão de vegetação para abertura de áreas de empréstimo com retiradas de matéria prima de sedimentos da Formação Barreiras para construção civil e grandes obras públicas como estradas;
- Possível contaminação do solo e das águas geradas pela vinhaça da cana-de-açúcar e pelo borrifamento excessivo de defensivos agrícolas.

Os impactos ambientais exercidos nessas áreas condicionam os remanescentes a pequenas áreas desprotegidas, desconectadas e com baixa biodiversidade, suscitando uma maior vulnerabilidade às influências externas sobre suas bordas e uma condição ambiental mais severa ao habitat interior. Considerando esses fatores, a análise dos impactos ambientais nos remanescentes de Mata Atlântica inseridos na área de estudo fica mais clara, quando medida a partir de indicadores quali-quantitativos, como tamanho, forma, densidade e proporção de borda, discutidos a seguir.

Quanto ao índice de número de fragmentos (NF), foram mapeados 515 (quinhentos e quinze), distribuídos em uma área total de 13.416,04 ha ou 134,16 km², área que corresponde a 12,53% da área de estudo. Esta área corresponde também a 44,45% das áreas descritas como matas de Mata Atlântica no RN em Fundação SOS Mata Atlântica; INPE (2009). O menor fragmento encontrado mede 0,0259 ha (0,000259 km²) ou 259,26 m². O maior, corresponde à área denominada Mata Estrela no município de Baía Formosa, com 1.889,55 ha ou 18,89 km². A média dos tamanhos dos fragmentos florestais é de 26,05 ha ou 0,26 km².

Quanto às categorias de tamanho, 330 fragmentos são <10 ha, ou seja, **pequenos**. Isso equivale a 64,08% do total dos fragmentos mapeados. A soma de suas áreas corresponde a 992,38 ha (9,92 km²) ou 7,4% do total de área dos remanescentes. Quanto aos fragmentos de tamanho **médio** (10-100 ha), foram encontrados 157 polígonos (30,48% do total de fragmentos), os quais totalizam uma área de 5.138,89 ha (51,39 km²) ou 38,30% do total da área dos remanescentes. Foram classificados como grandes (>100 ha) 28 fragmentos. Isso equivale a 5,44% do total de fragmentos mapeados. Contudo, sua área total é de 7.284,77 ha ou 72,85 km². Essa área corresponde a 54,30% do total da área de todos os remanescentes encontrados na área de estudo. A tabela e figura a seguir resumem a distribuição destes valores, descritos também por mapas (figura 64).

Isso que dizer que existe uma concentração de grandes áreas em uma pequena quantidade de fragmentos e uma grande concentração de pequenos fragmentos, mas com uma pequena totalização de área, ou seja, existe uma relação inversa entre a quantidade de fragmentos com o total da área destes, condicionando uma característica de supremacia de pequenos fragmentos florestais na área de estudo. Este é um fator negativo, pois pequenos fragmentos são mais vulneráveis a fatores externos. Scariot et al. (2003) discorrem sobre isso, relatando que em fragmentos pequenos, a dinâmica do ecossistema provavelmente é determinada por forças externas e não internas. Ainda, segundo os autores, diversos estudos ressaltam uma maior intensidade dos efeitos de borda em fragmentos pequenos, com aumento na mortalidade de árvores e nas taxas de substituição, modificação nas taxas de recrutamento, além de alterações microclimáticas severas exibidas na temperatura e intensidade dos ventos. Por possuírem menor área, os fragmentos pequenos também abrigam populações pequenas e muitas vezes inviáveis para a manutenção da espécie.

Tabela 15 – Resumo quantitativo das categorias de tamanho encontradas nos remanescentes de Mata Atlântica inseridas na área de estudo.

Tamanho dos fragmentos	Dimensão	Quantidade de Fragmentos	% da Quantidade de Fragmentos	Área (km ²)	Área (ha)	% do Total de Área
Pequeno	<10 ha	330	64,08	9,92	992,38	7,4
Médio	10-100 ha	157	30,48	51,39	5.138,89	38,3
Grande	>100 ha	28	5,44	72,85	7.284,77	54,3
Valores Totais		515	100	134,16	13.416,04	100

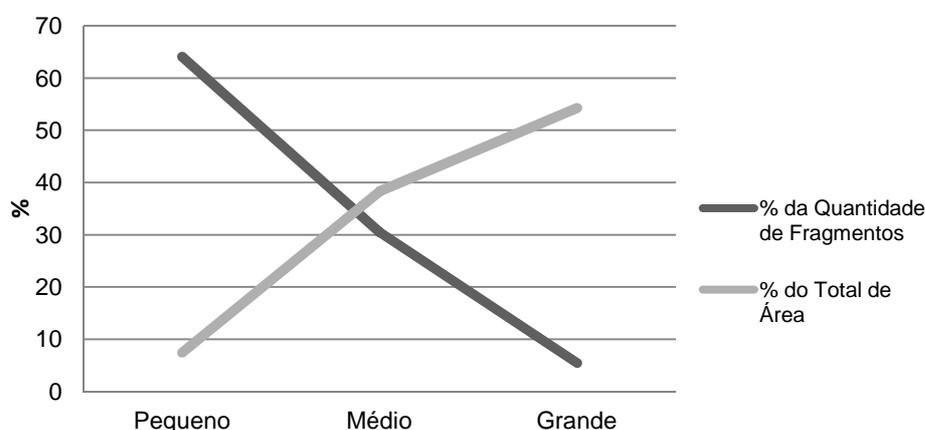


Figura 63 – Relação inversa entre a quantidade de fragmentos com o total da área destes.

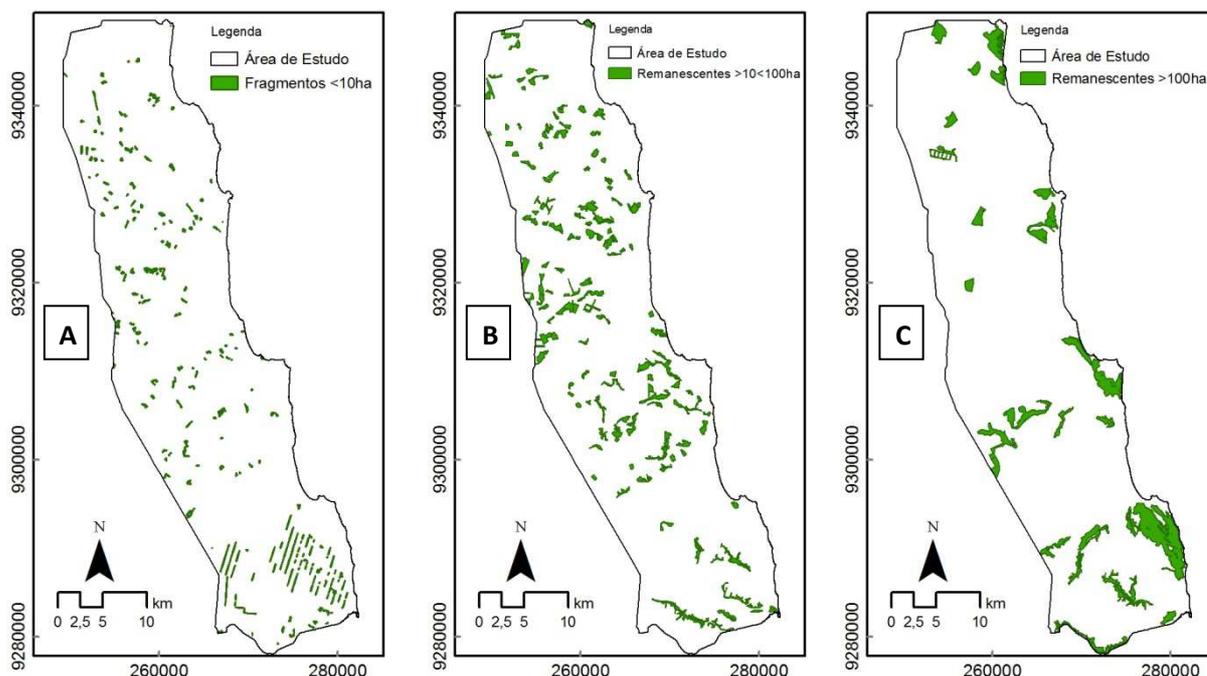


Figura 64 – Distribuição espacial dos fragmentos florestais de Mata Atlântica inseridos na área de estudo, segundo suas categorias de tamanho. Pequeno (A); Médio (B) e Grande (C).

Em relação à forma ou índice de fragmentação dos remanescentes encontrados, destaca-se o grande número de áreas de forma **muito irregulares** (índice $<0,4$), com 311 fragmentos, o que equivale a 60,39% do total dos fragmentos e 89,69% ou 108,25 km² (10.825,34 ha) da área total dos fragmentos. Como comparação, os fragmentos mapeados como de forma **regulares** (índice $>0,65$) abrangem somente 3,68% ou 4,94 km² (493,82 ha) da área de estudo, com um total de 64 fragmentos ou 12,43% do seu total. Os fragmentos de forma **irregulares** (índice 0,4 – 0,65) somam 140, o que equivale a 27,18% do total dos fragmentos e 15,63% ou 20,97 km² (2.096,86 ha) de sua área total. A partir destes dados e considerando o cruzamento tamanho x forma dos fragmentos x quantidade de fragmentos, nota-se a existência de uma relação diretamente proporcional. Assim, os fragmentos mais irregulares são também os de maior área e em maior quantidade. Do mesmo modo, os fragmentos menos irregulares são os de menor área e menor quantidade. A tabela, gráfico e figuras a seguir fazem um resumo dessa relação.

Tabela 16 – Resumo quantitativo das relações existentes entre tamanho, forma e quantidade dos fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo.

Tipo da Forma dos Fragmentos	Índice da Forma dos fragmentos	Quantidade de Fragmentos	% da Quantidade de Fragmentos	Área (km ²)	Área (ha)	% do Total de Área
Área Muito Irregular	<0,4	311	60,39	108,25	10.825,34	80,69
Área Irregular	Entre 0,4 e 0,65	140	27,18	20,97	2.096,86	15,63
Área Regular	>0,65	64	12,43	4,94	493,82	3,68
Valores Totais		515	100	134,16	13.416,02	100

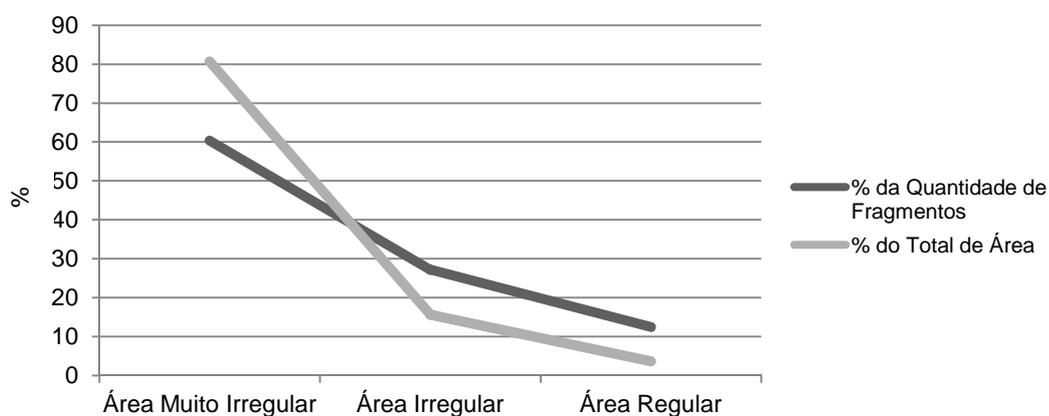


Figura 65 – Relações existentes entre tamanho, forma e quantidade dos fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo.

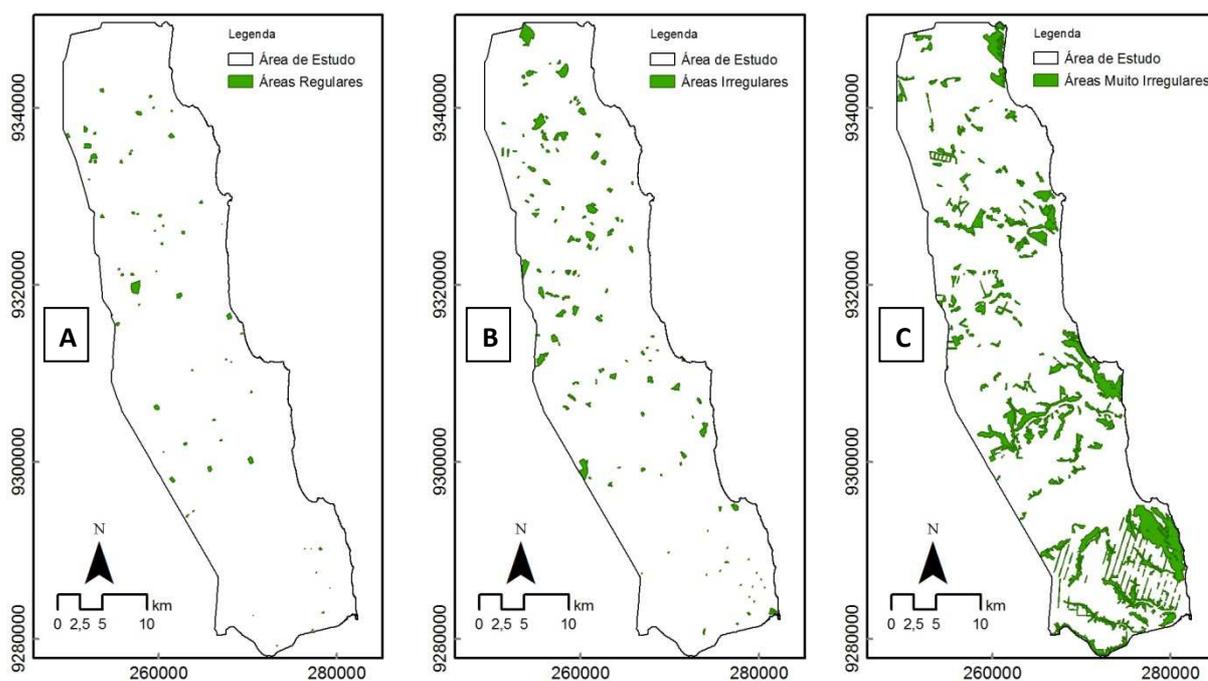


Figura 66 – Distribuição espacial dos fragmentos florestais de Mata Atlântica na área de estudo, segundo os índices de formas de fragmentação. Regulares (A); Irregulares (B) e Muito Irregulares (C).

A grande concentração de área e do número total de fragmentos com índices de forma muito irregular, indica que, de forma geral, tanto os maiores remanescentes quanto o seu maior número quantitativo, sofrem intensas influências externas sobre suas bordas, uma vez que, sua irregularidade acaba determinando uma maior razão perímetro/área e conseqüentemente, maior efeito borda, ou seja existe uma maior área de contato entre o fragmento e os usos externos, provocando uma maior intensidade de ações deletérias sobre seus remanescentes. Por essas razões a proporção de borda nos fragmentos estudados é de 54,34% em relação à área total de remanescentes florestais na área em análise. Scariot et al. (2003) destaca que, quanto maior a proporção de borda de um fragmento, menor será a área central, que é a área efetivamente preservada e a mais similar à vegetação original da região. Fragmentos de habitats mais próximos ao formato circular têm a razão borda-área minimizada e, portanto, o centro da área está mais distante das bordas e, conseqüentemente, mais protegido dos fatores externos. Áreas mais recortadas (invaginadas) têm maior proporção de bordas que as menos recortadas.

Quanto aos índices de densidade de distribuição espacial dos fragmentos florestais, percebe-se que sua maior intensidade fica no setor sul da área de estudo, muitas vezes associadas às Áreas de Preservação Permanente-APP de margens de rios. Esse fato também é verificado em outros trechos. Além disso, existem grandes exemplares de fragmentos distribuídos nesse setor, mais notadamente a área conhecida como Mata Estrela e as matas associadas à bacia do rio Guaju.

As relações de vizinhança existentes entre os remanescentes e as diversas formas de uso da terra, possibilitaram saber quais, aonde e quanto, as atividades externas influenciam as bordas dos fragmentos.

A partir do cruzamento de informações existentes entre o mapa de uso e cobertura da terra e as informações espaciais geradas a partir de *buffer zone*, com valor de 100 metros a partir das bordas, chegou-se aos seguintes resultados. A área total de influência aos remanescentes florestais totaliza 131,94 km² ou 13.194,34 ha. Destes, 0,39% ou 0,51 km² (51,40 ha) são referentes à aquicultura intensiva (carcinicultura). 30,06% ou 39,66 km² (3.965,79 ha) são referentes a áreas campestres, incluindo aí solos expostos e vegetações rasteiras. Corpos d'água continentais, como lagoas e rios compreendem 1,76% ou 2,32 km² (232,14 ha). Corpos d'água costeiros como as águas estuarinas do complexo Nísia-Papeba-Guaráiras e Canguaretama compreendem 0,11% ou 0,15 km² (15,23 ha). As áreas

denominadas como de cultura permanente compreendem 7,37% ou 9,72 km² (972,18 ha). Essas áreas incluem os coqueirais e demais árvores frutíferas. A cultura temporária é a grande influenciadora externa dos remanescentes, pois abrange 41,98% ou 55,39 km² (5.539,18 ha) da área. 6,71%, o que equivale a 8,85 km² ou 885,06 ha, se referem a outras fisionomias vegetais que não se enquadram nesse levantamento, como Formações Pioneiras de restinga e manguezais. A pastagem/pecuária abrange 7,95% ou 1049 km² (1048,63 ha) da área e as áreas urbanas (incluindo toda a infra-estrutura), totalizam 3,67 ou 4,85 km² (484,73 ha). A tabela 17 e a figura 67 fazem um resumo dessa discussão.

Tabela 17 – Distribuição das relações de vizinhança entre os fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo e os diferentes usos e cobertura da terra.

Cobertura e Uso da terra	Área (km²)	Área (ha)	Porcentagem
Cultura Temporária	55,39	5.539,18	41,98
Campestre	39,66	3.965,79	30,06
Pastagem-Pecuária	10,49	1.048,63	7,95
Cultura Permanente	9,72	972,18	7,37
Outras Fisionomias Vegetais	8,85	885,06	6,71
Área Urbanizada	4,85	484,73	3,67
Corpos D'água Continentais	2,32	232,14	1,76
Aquicultura Intensiva	0,51	51,40	0,39
Corpos D'água Costeiros	0,15	15,23	0,11
Soma dos Valores	131,94	13.194,34	100,00

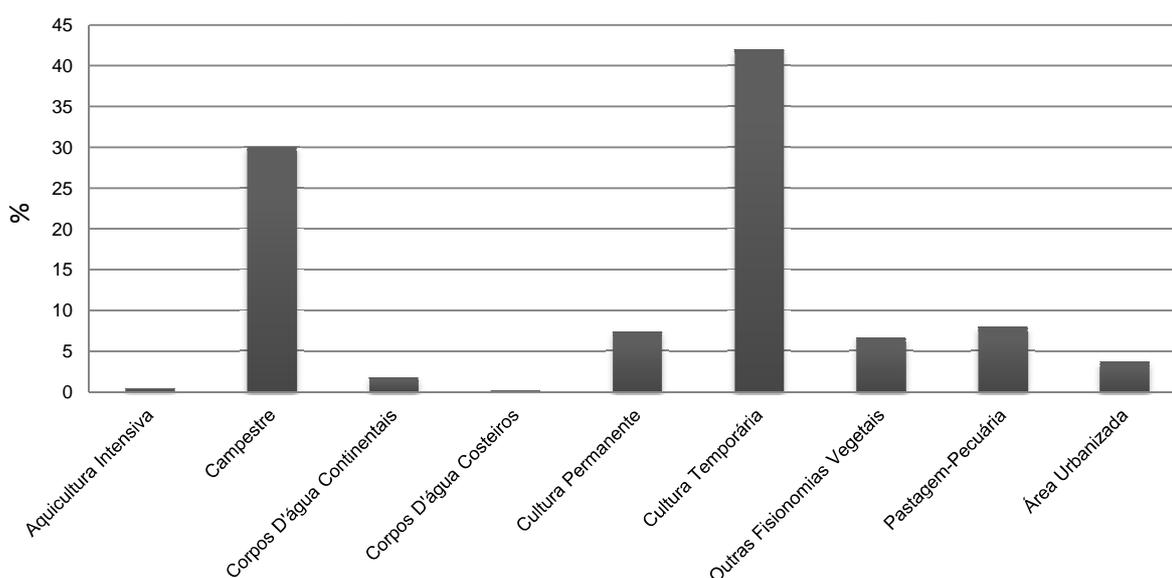
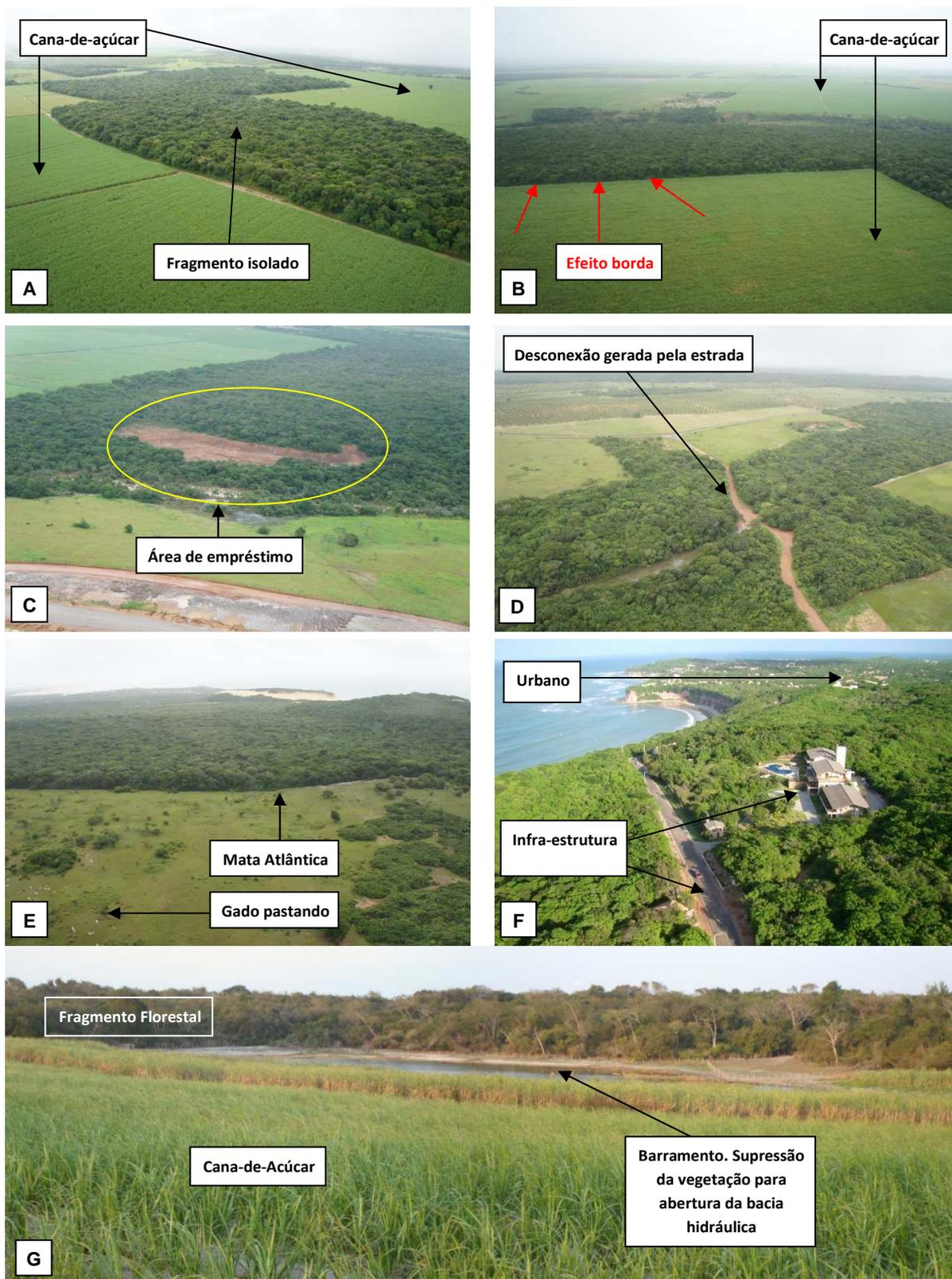


Figura 67 – Gráfico com distribuição (%) das relações de vizinhança entre os fragmentos de Mata Atlântica encontrados na área de estudo e os diferentes usos e cobertura da terra.



Fonte: O autor. Fotos obtidas em trabalho de campo a partir de sobrevôos aéreos em 24/05/2011 (A, B, C, D, E) e 12/01/2011 (F) e trabalho em terra em 10/10/2010(G).
 Coordenadas dos locais de obtenção das fotos: foto A: 6°12'01,4" S e 35°12'21,0" O / foto B: 6°20'11,0" S e 35°10'18,2" O / foto C: 6°14'34,2" S e 35°06'23,3" O / foto D: 6°14'35,9" S e 35°04'50,7" O / foto E: 6°12'53,2" S e 35°05'13,6" O. / foto F: sem coordenadas. foto G: 6°16'27,6" S e 35°11'05,6" O.

Figura 68 – Imagens de impactos ambientais sobre remanescentes de Mata Atlântica na área de estudo.

Os efeitos que os usos do solo incidem sobre as bordas dos fragmentos florestais variam em função da intensidade de cada atividade e da própria diferenciação de suas características. Nessa análise, pode-se perceber a influência que a cultura temporária, mais notadamente, a cana-de-açúcar, exerce sobre os remanescentes. Indiscutivelmente, essa é a atividade mais danosa que é exercida nas bordas dos fragmentos, com desmates laterais, para construção das vias de acesso, queimadas da palha da cana, e ampliação da área cultivada, principalmente em um momento de alta do valor das *commodities* do açúcar e do álcool, o que faz parecer que a legislação ambiental sobre a Mata Atlântica (Lei Federal 11.428/2006 e Decreto Federal 6.660/2008) não está sendo cumprida em sua plenitude.

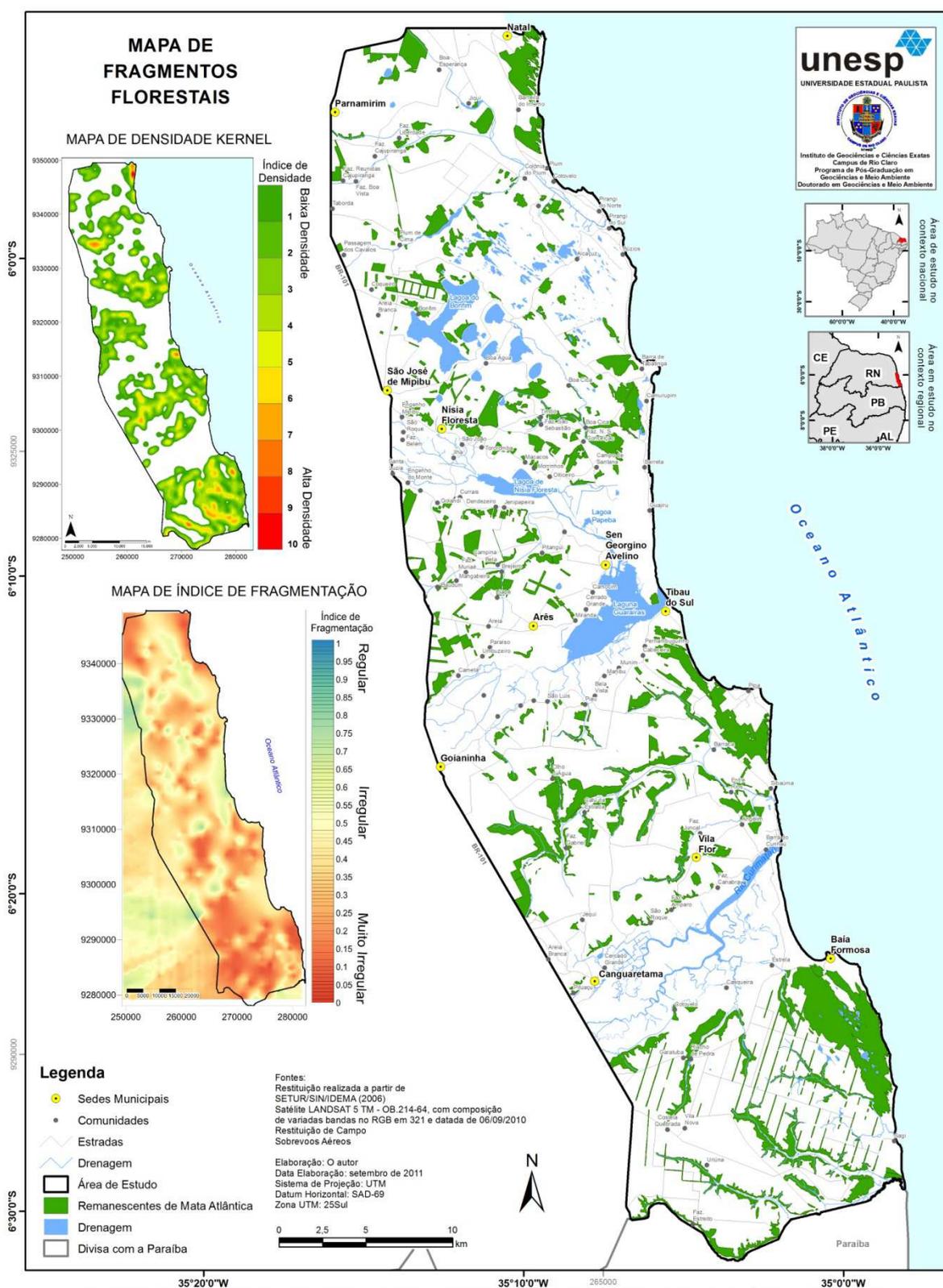


Figura 69 – Mapa dos fragmentos florestais mapeados na área de estudo com representação da Densidade Kernel e do Índice de Fragmentação.

Obs. Mapa original em tamanho A3.

5.2 Vulnerabilidade Ambiental

Como já citado, a definição dos pesos da vulnerabilidade para cada tema (Geologia, Pedologia, Geomorfologia, Declividade, Intensidade Pluviométrica, Cobertura e Uso da Terra/Vegetação), seguiu critérios estabelecidos por Tagliani (2003); Crepani et al. (2001); Nascimento; Dominguez (2009) e Ross (1994), mas adaptados empiricamente à realidade e à escala de análise da área de estudo, conforme discussão e resultados a seguir.

- Geologia:

O critério utilizado para definição dos graus de vulnerabilidade foi a idade litológica. Quanto mais antiga, menor a vulnerabilidade e quanto mais recente, maior seu grau. Esse é um fator complicador na ponderação dos valores, pois toda a área de estudo está assentada em rochas sedimentares recentes, inseridas no Plioceno (Neógeno) e Pleistoceno e Holoceno (Quaternário), trazendo uma grande homogeneidade aos valores, além de todos serem caracterizados de vulnerabilidade moderada a muito alta. Considerando seu grau de vulnerabilidade, somam-se 851,80 km² de áreas com grau de vulnerabilidade moderada, 151,61 km² considerada como de alta vulnerabilidade e 21,02 km² de áreas com vulnerabilidade muito alta. Não há ocorrências de geologia com classe muito baixa e baixa. Figura 70A. O restante da área não foi classificada em função de serem corpos d'água. A tabela 18 descreve a distribuição dos pesos dos graus de vulnerabilidade para a geologia.

Tabela 18 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Geologia.

Unidades Geológicas Mapeadas na Área de Estudo	Nomenclatura no Mapa	Grau de Vulnerabilidade
Formação Barreiras	Nb	2,0
Depósitos Colúvio-Eluviais	NQce	2,0
Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas	Qpd	2,0
Depósitos Flúvio-Lacustrinos	Qflc	2,0
Depósitos Aluvionares	Qa	2,5
Depósitos Flúvio-Marinhos	Qfm	2,5
Depósitos de Mangues	Qm	3,0
Depósitos Litorâneos de Praia de Dunas Móveis	Qd	3,0

- Pedologia:

O estabelecimento de seu critério foi adaptado do trabalho de Crepani et al. (2001) que descreve que a maior ou menor susceptibilidade de um solo não sofrer os processos erosivos da morfogênese, depende de diversos fatores e os mais importantes são: estrutura do solo, tipo e quantidade de argilas, permeabilidade e profundidade do solo e a presença de camadas impermeáveis. O autor cita que a principal característica considerada para estabelecer classes de vulnerabilidade para os solos é o seu grau de desenvolvimento ou maturidade. Considerando essa relação, foram hierarquizados os graus de vulnerabilidade para cada solo mapeado neste trabalho (figura 70B), onde 213,81 km² são de vulnerabilidade muito baixa, 158 km² são de vulnerabilidade moderada, 412,07 km² são de vulnerabilidade alta e 240,56 km² são representantes do grau de vulnerabilidade muito alta (tabela 20). A tabela 19 descreve a distribuição dos pesos dos graus de vulnerabilidade para o solos.

Tabela 19 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Pedologia.

Unidades Pedológicas Mapeadas na Área de Estudo	Nomenclatura no Mapa	Grau de Vulnerabilidade
Latossolo Amarelo	LA	1,0
Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico	PVAd	2,0
Areias Quartzosas	AQ	2,5
Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico	PVAe	2,5
Solos Aluviais	A	2,5
Solos Indiscriminados de Mangue	SM	3,0
Areias Quartzosas Marinhas	AQm	3,0

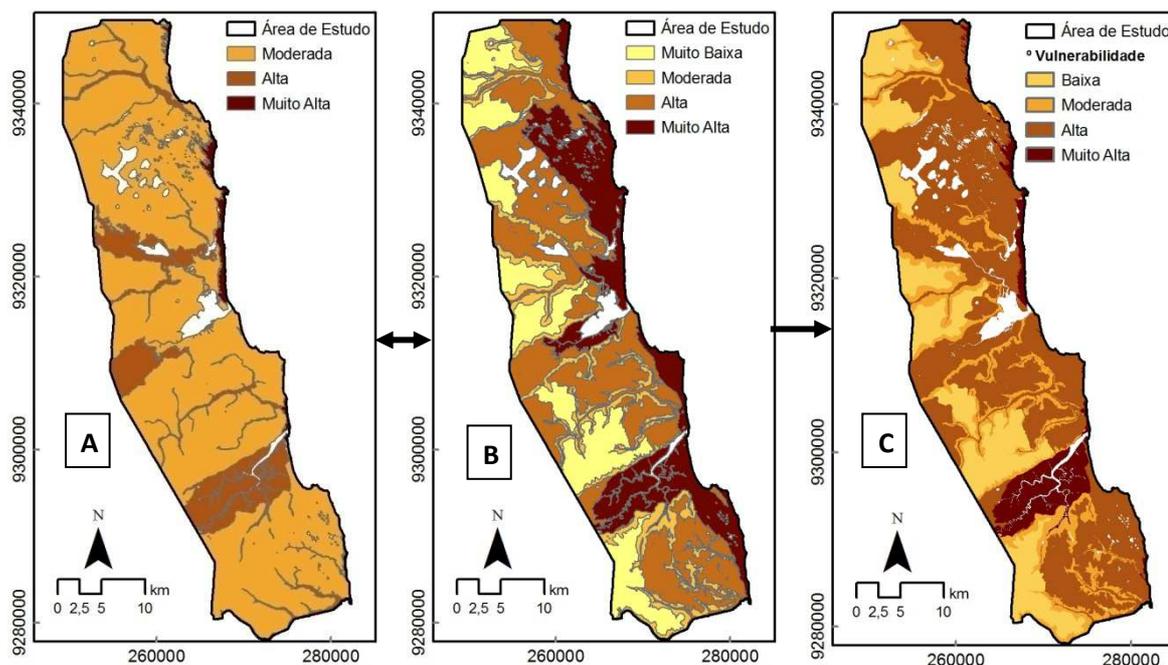


Figura 70 – Distribuição espacial dos graus de vulnerabilidade para Geologia (A) e Pedologia (B). O cruzamento dos dois mapas gerou o Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar (C).

Tabela 20 – Total de área para cada tema e para o Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar, segundo seus graus de vulnerabilidade.

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²) para Geologia	Área (km²) para Pedologia	Área (km²) para Vulnerabilidade de Cobertura Sedimentar
Muito Baixa	Sem ocorrência	213,81	Sem ocorrência
Baixa	Sem ocorrência	Sem ocorrência	213,81
Moderada	851,8	158	158
Alta	151,61	412,07	572,65
Muito Alta	21,02	240,56	79,98
Total	1.024,44	1.024,44	1.024,44

- Geomorfologia:

A ponderação dos graus de vulnerabilidade para a geomorfologia (tabela 21) também foi estabelecido por Crepani et al. (2001). Apesar da indicação de que pode-se inferir os diferentes graus de vulnerabilidade no relevo por índices morfométricos, não foi utilizada essa técnica no trabalho, em função dos objetivos do mapeamento geomorfológico. Assim, consideraram-se análises empíricas baseadas em interpretações lógicas para a determinação dos graus de vulnerabilidade. De forma geral, Crepani et al. (op cit.) sugere que para as formas de origem estrutural e denudacional caracterizadas por relevos fortemente ondulados a escarpados,

dissecados em cristas, ravinhas e pontões, o mais provável é que os valores de vulnerabilidade variem de 2,4 a 3,0. Quanto às formas de acumulação, como as planícies e os terraços, de origem fluvial, marinha ou lacustre, atribuiu-se o valor 1,0 para os terraços, áreas de relevo plano e estáveis, e o valor 3,0 para as planícies, áreas sujeitas à inundação e de intensa morfodinâmica, nas quais os processos de morfogênese predominam sobre a pedogênese e portanto, apesar do relevo plano, são muito instáveis. Quanto às vulnerabilidades, 6,55 km² são muito baixas, 474,46 km² são baixas, 6,87 km² são moderadas, 361,17 km² são altas e 177,17 km² são muito altas. (Tabela 23).

Tabela 21 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Geomorfologia.

Unidades Geomorfológicas Mapeadas na Área de Estudo	Nomenclatura no Mapa	Grau de Vulnerabilidade
Planície e Terraço Fluviais	Aptf	1,0
Tabuleiro com Dissecação Homogênea Menos Intensa	Dh1	1,5
Planície Flúvio-Lacustre	Apfl	2,0
Dunas Inativas	Adi	2,5
Planície Fluvial	Apf	2,5
Planície Flúvio-Marinha	Apfm	2,5
Planície Lacustre	Apl	2,5
Planície Lagunar	Aplg	2,5
Planície Marinha	Apm	3,0
Dunas Ativas	Ada	3,0
Tabuleiro com Dissecação Homogênea Mais Intensa	Dh2	3,0

- Declividade:

O mapa das classes de declividade foi elaborado considerando a classificação das declividades de Crepani (op cit.) em tabela 22. O total de áreas com muito baixa vulnerabilidade é 859,34 km², moderada vulnerabilidade 205,09 km² e muito alta vulnerabilidade 5,51 km². As vulnerabilidades com grau baixa e alta não ocorrem não área.

Tabela 22 – Classes de declividade com seus respectivos graus de vulnerabilidade.

Declividade em °	Declividade em %	Grau de Vulnerabilidade
<0,7°	<2%	1,0
0,7 – 3,4°	2 – 6%	1,5
3,4 – 11,31°	6 – 20%	2,0
11,31 – 26,57°	20 – 50%	2,5
>26,57°	>50%	3,0

Fonte: Alterado de Crepani (2001).

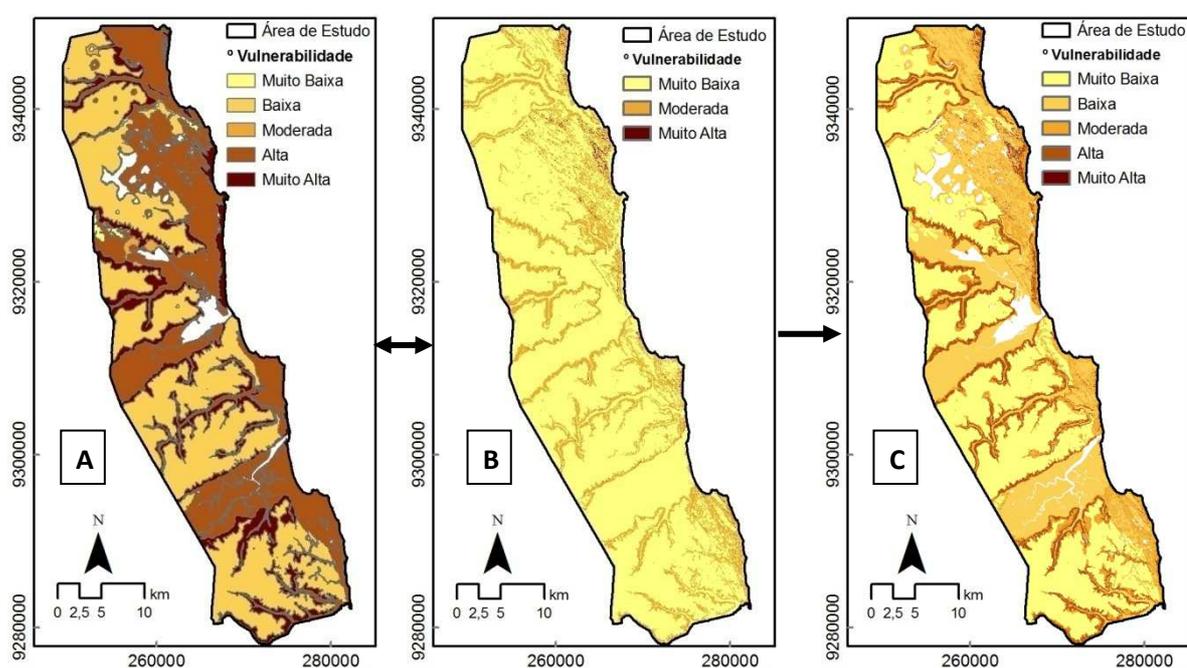


Figura 71 – Distribuição espacial dos graus de vulnerabilidade para Geomorfologia (A) e Declividade (B). O cruzamento dos dois mapas gerou o Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica (C).

Tabela 23 – Total de área para cada tema e para o Mapa Básico de Vulnerabilidade Morfodinâmica, segundo seus graus de vulnerabilidade.

Grau de Vulnerabilidade	Área (km ²) para Geomorfologia	Área (km ²) para Declividade	Área (km ²) para Vulnerabilidade Morfodinâmica
Muito Baixa	6,55	859,34	455,60
Baixa	472,68	Sem ocorrência	290,42
Moderada	6,87	205,09	167,04
Alta	361,17	Sem ocorrência	105,91
Muito Alta	177,17	5,51	5,47
Total	1.024,44	1.069,94	1.024,44

- Intensidade Pluviométrica:

A ponderação dos graus de vulnerabilidade para a intensidade pluviométrica considerou a razão existente entre a pluviosidade média anual (em mm) pela duração do período chuvoso (em meses). Em função da escala de análise dessa pesquisa, não foi possível determinar uma alteração ou mudança da duração dos períodos chuvosos, pois a região está submetida ao mesmo regime climático, mascarando, de certa forma, os resultados aqui obtidos. O que se diferencia são seus índices médios de pluviosidade, espacializados por isoietas no Cap. 3 do trabalho. Assim, o denominador da razão se manteve constante, considerando que a maior intensidade de chuvas concentra-se em 4 meses do ano, como já discutido. Contudo, foi acrescentado um mês chuvoso antes e um, depois desse período de maior concentração, pois estes já apresentam regimes consideráveis de chuvas.

Crepani (op cit.) ressalta que a maior importância da intensidade pluviométrica é facilmente verificada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição ao longo de todo período, tem um poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida que se despeja torrencialmente num período determinado do ano. Assim, quanto maior o valor da pluviosidade média anual e da intensidade pluviométrica, maior é a erosividade da chuva e maior a vulnerabilidade. Os valores determinados foram agrupados em cinco classes, dispostas a seguir.

Tabela 24 – Classes de Intensidade Pluviométrica.

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Grau de Vulnerabilidade
205 – 215	1,0
216 – 230	1,5
231 – 245	2,0
246 – 260	2,5
261 – 280	3,0

Fonte: O autor.

Dessa forma, as relações algébricas efetuadas a partir da ponderação dos graus de vulnerabilidade dos temas até aqui expostos permitiram a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica. (Figura 72 e tabela 25).

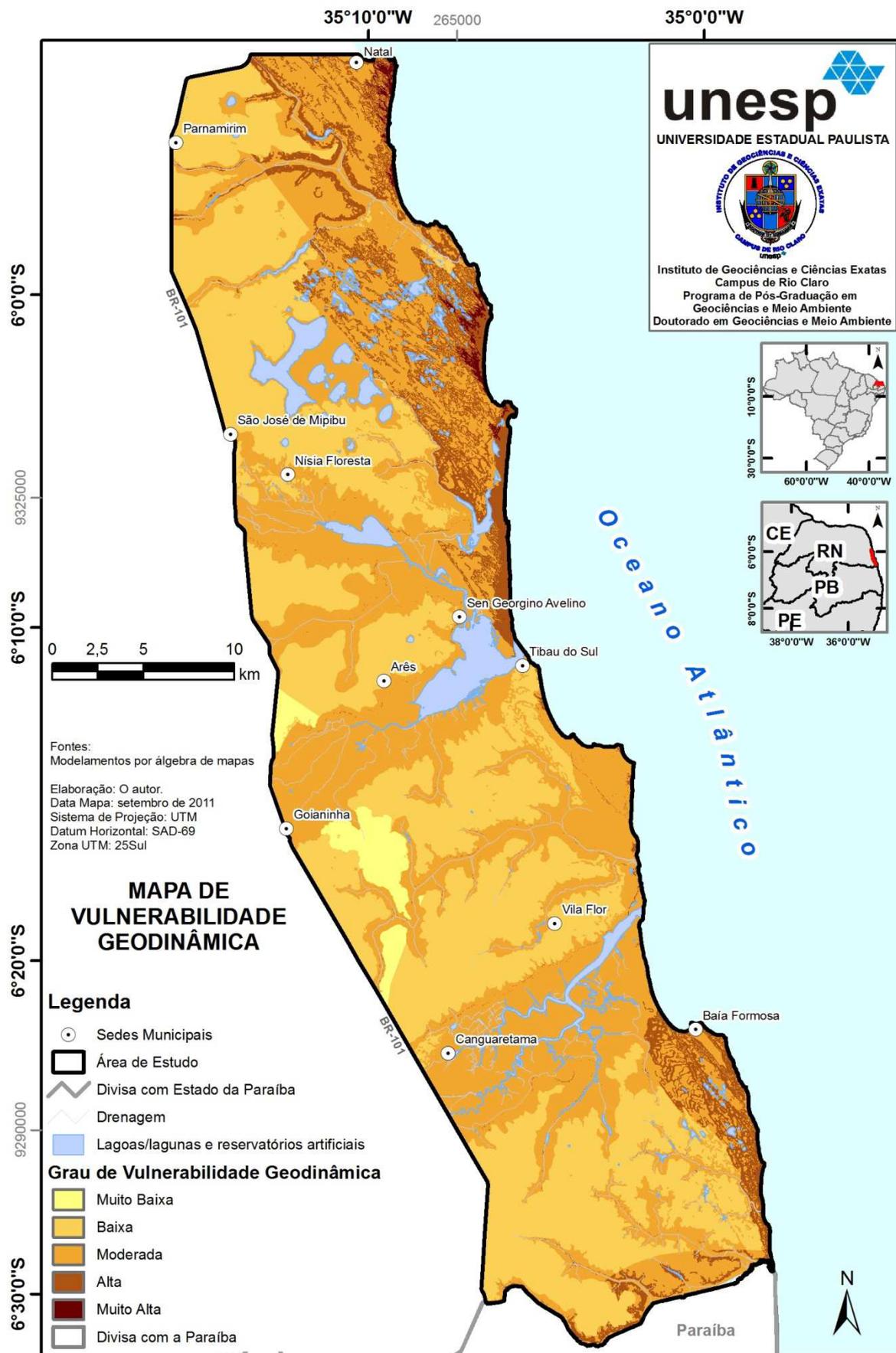


Figura 72 – Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica.

O Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica considera a relação existente entre os elementos do meio físico da área de estudo, representados aqui como geologia, pedologia, geomorfologia, declividade e intensidade pluviométrica. Seu resultado foi cruzado com o Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura e Uso da Terra, conforme discussão a seguir.

Tabela 25 – Valores totais de área mensuradas no Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica, segundo seus graus de vulnerabilidade.

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²) para Vulnerabilidade Geodinâmica
Muito Baixa	20,62
Baixa	424,43
Moderada	481,5
Alta	93,12
Muito Alta	4,77
Total	1.024,44

- Cobertura e Uso da Terra/Vegetação:

As diversas formas de cobertura e uso da terra e a distribuição vegetal classificam-se como parâmetros fundamentais para a consecução de modelamentos com vistas à identificação de áreas vulneráveis. A ação humana invariavelmente altera as relações de equilíbrio natural de um sistema ambiental, diminuindo ainda mais a resiliência de um ambiente identificado, por exemplo, como de muito alta vulnerabilidade ambiental. A ação antrópica na natureza é um fator de destaque na ponderação dos graus de vulnerabilidade de uma determinada área, pois pode ser um agente que favorece a morfogênese, indicando dessa forma uma maior instabilidade de uma área e, por conseguinte, uma maior vulnerabilidade ambiental. Dessa forma, o homem como agente dinâmico e indutor da condição ambiental de um sistema, tem grande relevância nos modelamentos com vistas à identificação de áreas vulneráveis, sensíveis ou de risco.

A área em análise possui poucos trechos em que a ação humana não é preponderante, condicionando uma incidência contínua de suas ações em quase a totalidade da área. Dessa forma, a atuação antrópica na paisagem merece destaque quanto ao estabelecimento de sua importância no cruzamento com o Mapa de

Vulnerabilidade Geodinâmica, ponderando um peso adequado ao papel que desenvolve na dinâmica ambiental da área de estudo.

Do ponto de vista da estabilidade da superfície, a cobertura vegetal desempenha um importante papel porque promove uma proteção morfogenética contra eventos de dissecação acelerados, movimentos de massa e processos erosivos de grande intensidade como voçorocamentos. Sua presença é um indicativo de um maior controle ecológico na área, sugerindo um controle pedogenético da área, propiciando uma menor vulnerabilidade ambiental. O mapa de cobertura e uso da terra indica exatamente onde estão as áreas florestadas, independente de sua densidade. Dessa forma, a vegetação caracteriza-se como uma cobertura da terra, sendo, portanto agrupadas nesse tema.

Com a identificação e mapeamento das diversas classes de cobertura e uso da terra, foi modelado um mapa (figura 73), considerando o estabelecimento de pesos relacionados aos graus de vulnerabilidade descritos em seguida.

Tabela 26 – Graus de vulnerabilidade da classe temática Cobertura e Uso da Terra/Vegetação.

Unidade de Cobertura e Uso da Terra/Vegetação Mapeadas na Área de Estudo	Grau de Vulnerabilidade
Florestal	1,0
Campestre	1,5
Cultura permanente	2,0
Cultura temporária	2,5
Pastagem-Pecuária	2,5
Aquicultura intensiva	2,5
Áreas Urbanizadas	3,0

Tabela 27 – Valores totais de área no Mapa de Vulnerabilidade de Cobertura e Uso da Terra/Vegetação segundo seus graus de vulnerabilidade.

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²) para Vulnerabilidade de Cobertura e Uso da Terra/Vegetação
Muito Baixa	260,52
Baixa	198,51
Moderada	77,52
Alta	412,43
Muito Alta	75,46
Total	1.024,44

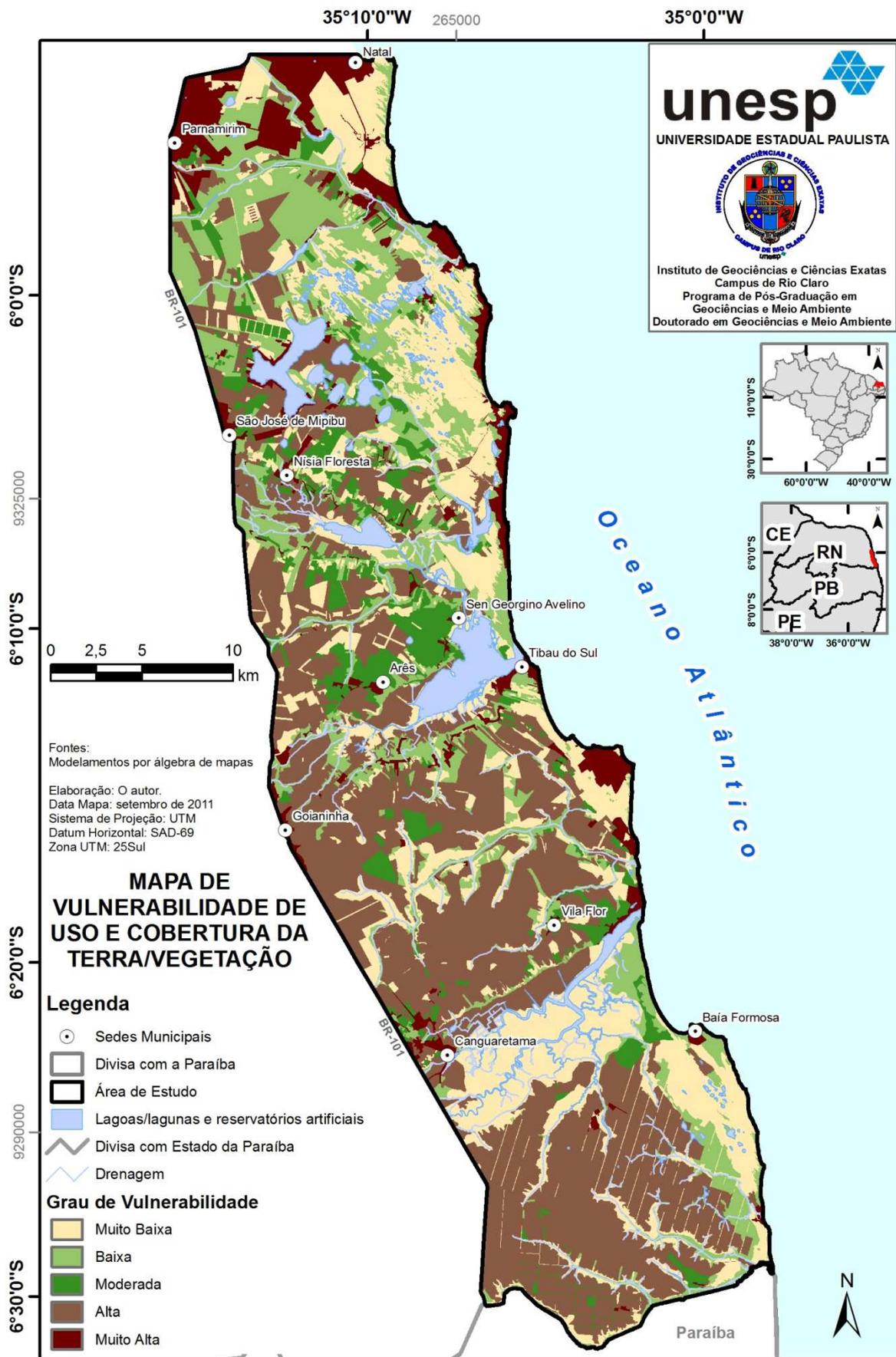


Figura 73 – Mapa de Vulnerabilidade de Uso e Cobertura da Terra/Vegetação.

5.2.1 Discussão da Vulnerabilidade Ambiental

A vulnerabilidade ambiental é definida aqui como a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer (TAGLIANI, 2003) ou a susceptibilidade de um meio ao impacto negativo com relação a determinado risco (NOAA, apud NASCIMENTO; DOMINGUEZ, 2009).

A integração das informações temáticas feitas a partir de cálculos algébricos entre os diversos mapas possibilitou estabelecer os parâmetros para a criação do mapa final de Vulnerabilidade Ambiental da área de estudo, avaliando a ponderação de pesos que tentassem indicar de forma mais fiel possível, os graus de fragilidade dos ambientes analisados, considerando suas influências antrópicas, que podem distinguir ou influenciar a maior ou menor vulnerabilidade da área.

O estabelecimento do peso de 50% para o tema Uso e Cobertura da Terra/Vegetação e 50% para o Mapa de Vulnerabilidade Geodinâmica, considerou o fato de que este é o resultado de diversos outros cruzamentos de temas relacionados aos fatores físicos da área, como geologia, geomorfologia, precipitação e pedologia, fatores estes, responsáveis pela morfoestruturação e morfoesculturação da área. Da mesma forma, em função de a área de estudo ser um palco de atividades sócio-econômicas centenárias, estabeleceu-se uma parametrização baseada na idéia de que essas atividades são capazes de determinar sobremaneira a qualidade ambiental da área de estudo e conseqüentemente distinguir os graus de vulnerabilidade.

De posse dessas informações, foi possível estabelecer uma visão integrada de toda a área, mas ao mesmo tempo individualizada para cada grau de vulnerabilidade (tabela 28), conforme discussão e mapa a seguir.

- Grau de Vulnerabilidade Muito Alta:

Apesar de ser a classe de maior vulnerabilidade ambiental, é a que possui menor área, perfazendo 11,3 km² (1.130 ha) ou 1,1% da área total (com exceção dos corpos d'água). Ficam localizadas na faixa costeira da área de estudo, concentrando-se nas áreas de contato entre a planície de maré e as dunas ativas das praias de Barreta, Camurupim e Búzios e em alguns trechos nas praias de Pirangi e Cotovelo. Na praia de Barra de Tabatinga ficam em um trecho próximo a

quebra de uma falésia em um promontório, na área denominada Ponta de Tabatinga. Na praia de Búzios se localizam no trecho urbanizado entre as planícies de deflação e encostas e as segundas residências. Predominam as areias quartzosas marinhas em morfologias de encostas de dunas ou planícies de deflação com acentuada declividade e ativa urbanização. Esse trecho se caracteriza por ser francamente povoado por segundas residências ou casas de veraneio que acaba condicionando, além de outros fatores, uma maior vulnerabilidade ao trecho. Algumas cristas e encostas de dunas parabólicas também estão inseridas nesse grau de vulnerabilidade, principalmente as associadas ao bairro de Ponta Negra em Natal, em uma área legalmente protegida pelo Plano Diretor da Cidade que são as dunas denominadas como dunas de Lagoinha. Também existem pequenos trechos próximos as praias de Sagi e Sibaúma, basicamente em função do condicionamento dado pela urbanização presente nessas áreas.

- Grau de Vulnerabilidade Alta:

Totalizam 107,94 km² (10.794 ha) ou 10,54% da área de estudo. Em alguns casos, estão adjacentes ou associadas às áreas de muito alta vulnerabilidade, diferenciando destas por ter uma topografia menos acentuada, principalmente das que se localizam nas planícies de maré. Também sofrem contínuos impactos promovidos pela atividade imobiliária e pelo turismo de massa. Geralmente estão nas circunvizinhanças das sedes municipais ou de distritos urbanizados sobre dunas com coberturas campestres, topografias mais acidentadas e em áreas de produção intensiva de camarão, nos estuários de grande e pequeno porte, como do rio Canguaretama e do rio Pirangi. Sua vulnerabilidade se dá pela concentração de trechos urbanos intercalados a dunas parabólicas e a atividades econômicas intensivas. No território do município de Baía Formosa está associado a áreas acidentadas com presença da atividade sucroalcooleira nos interflúvios do rio Pau-Brasil e riacho Calvaçu. Concentra grande ocorrência na área de expansão imobiliária de Pipa, limitando-se com o Parque Estadual da Mata de Pipa (PEMP), Baía Formosa e Tibau do Sul, entre outros. Bordeja áreas com presença de balneários turísticos ou de residências para veraneio, como as praias de Pirangi do Norte, Barra do Cunhaú, Sagi, Barreta, Camurupim e margens (APPs) da lagoa do Bonfim.

- Grau de Vulnerabilidade Moderada:

É maior área em extensão, perfazendo 525,57 km² (52.557 ha) o que equivale a um pouco mais da metade da área de estudo totalizando 51,3%. Morfologicamente está associada aos tabuleiros costeiros planos com dissecação menos intensa e a dunas protegidas em *blowout* nas praias de Malembá, Búzios e Barreira do Inferno. Também representas vales fluviais de fundo chato, como nos rios da bacia dos rios Guaju e Taborda. Sua descontinuidade se dá em função da presença de áreas mais protegidas relacionadas aos remanescentes vegetais de formações Pioneiras como restingas e mangues, zonas de Contato e remanescentes de Mata Atlântica de Floresta Estacional Semidecidual. Também está associada às áreas de pasto com topografia plana, de origem litológica da Formação Barreiras e Latossolos. As atividades econômicas principais são a pecuária e principalmente culturas de ciclo curto e temporárias como a cana-de-açúcar e a carcinicultura que avança sobre as florestas de manguezais às margens da laguna Guaraíras, trazendo uma maior vulnerabilidade a essas áreas. De forma geral por se tratar de uma área consolidada quanto às intervenções humanas, tem uma vegetação de porte mais arbustivo, principalmente, próximos às áreas de resurgência do aquífero adjacente às lagoas do Bomfim, Carcará e Boágua. Além disso, em trechos menos proeminentes, tem cobertura de solos expostos e recentemente suprimidos denotando uma formação campestre. Também estão em algumas áreas culturas permanentes como coqueirais, próximo, por exemplo, à sede municipal de Sen. Georgino Avelino.

- Grau de Vulnerabilidade Baixa:

Segunda área em extensão com 351,8 km² (35.518 ha) ou 34,34%. As áreas compreendidas no grau de vulnerabilidade baixa têm por característica possuírem feições vegetais associadas a vegetações de Floresta Estacional Semidecidual, Formações Pioneiras com mangues e restingas e áreas de contato. Estão assentadas tanto em litologias da Formação Barreiras (tabuleiros costeiros), como por areias quartzosas (dunas inativas). Ocupam da mesma forma áreas com grande amplitude altimétrica como em campo de dunas de Pipa e a Mata Estrela em Baía Formosa. Estão associados aos solos aluviais, planícies lacustres e planícies flúvio-marinhas do estuário do Curimataú e de parte do complexo estuarino lagunar Nísia-Papeba-Guaraíras. Também estão em áreas com plantações permanentes com

cajeiros e coqueirais. Ocupa três grandes campos de dunas parabólicas e paralelas como na Mata Estrela, Nísia Floresta e Barreira do Inferno. Tem uma grande relação com cobertura campestre.

- Grau de Vulnerabilidade Muito Baixa:

Suas características assemelham-se com as de grau de vulnerabilidade baixa, mas com diferença entre a presença de uma formação florestal bem marcada, com intercalamento de áreas campestres. Ou seja, essas áreas têm um grau de proteção florestal bem mais desenvolvido. Geralmente são matas com características de Floresta Estacional Semidecidual, caracterizando-as como remanescentes de Mata Atlântica. Em alguns trechos se localizam em tabuleiros com forte grau de dissecamento, mas com presença vegetal que indica que existe uma melhor proteção aos agentes naturais de dissecação. Ocupa uma área de 27,83 km² (2.783 ha) ou 2,72% da área de estudo. Estão muitas vezes associados a formações florestais inseridas em áreas com baixo grau de vulnerabilidade, devendo, nesse caso, dar prioridade a um manejo adequado que vise controlar ambientalmente as suas áreas florestais.

Tabela 28 – Valores totais de área no Mapa de Vulnerabilidade Ambiental segundo seus graus de vulnerabilidade.

Grau de Vulnerabilidade	Área (km²) para Vulnerabilidade Ambiental	Área (ha) para Vulnerabilidade Ambiental	% da Área Total *
Muito Baixa	27,83	2.783	2,72
Baixa	351,8	35.518	34,34
Moderada	525,57	52.557	51,3
Alta	107,94	10.794	10,54
Muito Alta	11,3	1.130	1,1
Total	1.024,44	1.024,94	100,0

* Excetuando-se os corpos d'água.



Figura 74 – Mapa de vulnerabilidade ambiental da área de estudo.

Obs. Mapa original em tamanho A3.

6 CONCLUSÕES

As metodologias empregadas na análise dos impactos ambientais se mostraram eficientes, na medida em que os resultados pretendidos, para cada ambiente, foram alcançados. Contudo, em alguns casos, como na análise dos remanescentes de Mata Atlântica, necessitam passar por aperfeiçoamentos quanto a adequações às características florestais regionais.

A relação direta existente entre os usos da terra e a magnitude dos impactos ambientais em campos dunares se mostra como um bom indicativo para o diagnóstico ambiental dessas áreas, pois forneceu subsídios de sua qualidade ambiental.

Mesmo indicando que 48,24% da área mapeada de dunas têm uma magnitude de impacto classificada como muito baixa, a presença de ocupação das dunas é preocupante, principalmente em função do contínuo avanço da infraestrutura urbana e do turismo sobre áreas até então livres de ocupação. O que mais preocupa é que os locais onde a magnitude do impacto é muito forte são

exatamente as áreas com maior vulnerabilidade ambiental da área de estudo, conforme pôde-se observar nas discussões sobre as vulnerabilidades.

A especulação imobiliária está promovendo uma franca expansão sobre os campos dunares, desrespeitando dispositivos legais que disciplinam seu uso. A Zona de Campo de Dunas 03 é a que mais preocupa, pois é a que tem mais contrastes entre áreas livres de ocupação e áreas com intensa ocupação, como na praia de Malembá e na praia de Búzios, respectivamente. Deve se dar especial atenção à praia de Malembá, pois esta, é o último remanescente de dunas ativas livres de estruturas urbanas no litoral sul do estado. Dessa forma, as discussões levantadas por parte do IBAMA e ICMBio em volta da criação de uma Unidade de Conservação Federal, denominada Monumento Natural de Pipa (MONA de Pipa) devem considerar necessariamente a inclusão desse trecho de dunas como uma tentativa de preservar esse importante patrimônio geomorfológico do estado. Outros trechos de dunas como os inseridos nas adjacências da praia de Pipa e a Mata Estrela, em Baía Formosa, também merecem destaque quanto à sua preservação e conservação.

O avanço da carcinicultura sobre os manguezais no litoral sul está mais estabilizado ou ocorrendo com menor incidência e frequência, principalmente quanto à dimensão da intervenção ou à supressão do mangue. Contudo, ainda existe uma ampliação da área ocupada pelos viveiros em áreas que não são de mangues, em sistemas ambientais associados, como planícies de maré abandonadas, lençóis de areia, além de terrenos argilosos associados a planícies aluviais. Isso é grave, pois são esses sistemas que alimentam o estuário com nutrientes e sedimentos. Essa ação desequilibra a delicada relação existente entre os diversos sistemas costeiros. Vislumbra-se em um curto espaço de tempo, um agravamento da pressão sobre os manguezais, pois tramita no Congresso Nacional uma reforma do Código Florestal (Lei 4.771/65) em que se propõe uma anistia aos desmatadores dos manguezais no país e uma liberação à ocupação de subsistemas de manguezal como apicuns e salgados, sob o argumento destas serem consideradas com áreas de “interesse social”.

Quanto às faixas de praia, pode-se inferir que quase metade do litoral sul potiguar está envolvida por algum tipo de ocupação, o que pode indicar um possível comprometimento do equilíbrio de suas funções ambientais e de sua capacidade de resiliência.

Faixas de praia que apresentam o mesmo grau de ocupação, também podem se diferenciar quanto ao seu comprometimento ambiental, pois existem variadas características de ocupação, com diferentes usos e cobertura da terra, que condicionam a intensidade dos impactos ambientais aos quais estão submetidas. Aliado a isso, a capacidade de suporte aos impactos desses ambientes, varia em função de suas características geoambientais, como litologia, morfologia, estruturação pedológica, uso e ocupação e em escala reduzida, regimes climáticos diferenciados, como intensidade e direção de vento.

Apesar de os fragmentos florestais de Mata Atlântica apresentarem predominância de áreas muito irregulares (60,39%), muito pequenas (64,08%), proporção de borda de 54,34%, má distribuição de sua densidade (setor sul) e estarem circundados por cana-de-açúcar e áreas campestres (72,04%), eles ainda podem ser responsáveis pelo controle geossistêmico e ecológico da área, pois atuam como refúgios de fauna, habitat de grande biodiversidade, cobertura de áreas instáveis (relevos fortemente dissecados) e, em algumas áreas, como corredores ecológicos para o fluxo gênico regional.

Dessa forma, os fragmentos florestais de Mata Atlântica no RN, devem ser considerados como áreas prioritárias para políticas públicas que visem sua conservação e preservação a fim de manter sua integridade ambiental.

Quanto à validação da metodologia empregada na determinação da vulnerabilidade ambiental, pôde-se verificar que é adequada e que atende às demandas requeridas. Contudo, alguns ajustes são necessários, pois se percebe que em áreas com características geodinâmicas semelhantes, há a necessidade de uma maior distribuição de graus ou classes de vulnerabilidade para se poder distinguir melhor os diferentes resultados, pois os mesmos podem se homogeneizar, considerando as semelhanças naturais da área. A álgebra de mapas, como técnica

empregada no cruzamento dos mapas temáticos, mostrou-se eficiente e confiável, determinando com segurança o modelamento e espacialização dos graus de vulnerabilidade.

Mais de 80% da área está classificada como de baixa a moderada vulnerabilidade. Isso mostra que, de acordo com o método aplicado e com os resultados alcançados, a maioria da área pode estar estável. Contudo as áreas com grau de vulnerabilidade muito alta são áreas de dunas ativas em sua predominância, indicando que devem ser prioritariamente protegidas.

A abordagem sistêmica se mostrou como um método conceitual eficiente para análise ambiental de espaços costeiros. Além disso, o uso de técnicas de geoprocessamento ofereceu mais rapidez e precisão ao agrupamento, cruzamento, simulação e modelagem de dados, permitindo atingir os objetivos do trabalho.

Dessa forma, a hipótese do trabalho foi confirmada quando a análise dos impactos ambientais e a determinação dos graus de vulnerabilidade ambiental presentes no litoral sul do Rio Grande do Norte permitiram concluir que as áreas de dunas, manguezais, faixas de praia e remanescentes de Mata Atlântica, estão sendo alteradas e impactadas negativamente pela ação humana, provocando assim uma alteração da dinâmica natural na área e um conseqüente aumento na vulnerabilidade ambiental.

Algumas questões persistem e apontam para futuras pesquisas: qual o estágio sucessional dos remanescentes de Mata Atlântica no litoral sul potiguar? É possível conectá-los para a criação de corredores ecológicos? Como a biodiversidade regional é afetada pela grande fragmentação florestal na área? O abastecimento sedimentar das dunas é afetado de que forma com a urbanização das planícies de deflação? Qual o efeito na biodiversidade dos manguezais do litoral sul potiguar com o crescimento da carcinicultura nestas áreas? A ocupação intensiva das faixas de praia do litoral sul potiguar é a causa do aumento da incidência dos processos erosivos no litoral do estado?

Considerando a análise dos impactos ambientais e a determinação dos graus de vulnerabilidade ambiental no litoral sul potiguar, concluímos que a área de estudo é dotada de um tênue equilíbrio ambiental que pode ser rompido com a intensificação das atividades econômicas existentes. Dessa forma, é necessário que a ação humana sobre os manguezais, dunas, fragmentos florestais e faixas de praia seja cessada ou minimamente ordenada, a fim de que as presentes e futuras gerações possam usufruir ambientalmente desta área.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. Fundamentos da geomorfologia costeira do Brasil atlântico inter e subtropical. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Uberlândia, v.1, n.1, p. 27-43, 2000.

ABNT NBR ISO 14001 – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001: Sistemas de Gestão Ambiental - Especificação e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

AGAREZ, Fernando Vieira et al. Utilização de índice de vegetação na classificação integrada de fragmentos florestais em Mata Atlântica de tabuleiros no município de Sooretama, ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 1499-1507.

ALHEIROS, M. M. et al. Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35. Belém. **Anais...** Belém. SBG. 1988. v.2. p. 753-760

ALMEIDA, André Quintão de et al. Estudos sobre a vulnerabilidade dos fragmentos de Mata Atlântica na região do entorno do Parque Nacional do Caparaó – MG. In: SEMINÁRIO EM ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 7. Curitiba. **Anais...** Curitiba. 2006, p. 318-325.

ALMEIDA, Flávio Gomes de Almeida; GUERRA, Antonio José Teixeira. Erosão dos solos e impactos ambientais na cidade de Sorriso (Mato Grosso). In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 253-274.

ALMEIDA, Luciano de; SANTOS, Leonardo José Cordeiro; MARTINS, Guilherme Gandara. Contribuição metodológica para a análise da fragilidade emergente: estudo de caso no município de Colombo/PR. **RAÍZES**, Curitiba, n. 17, p. 113-127, 2009.

ALVES, Adriano de Lima. **Cartografia temporal e análise geoambiental da dinâmica da foz do Rio Piranhas-Açu, região de Macau-RN, com base em imagens Landsat 5-TM**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2001.

AMARAL, Rosângela do; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 26, p. 59-78, 2009.

AMARAL, Cláudio; FEIJÓ, Rogério Luiz. Aspectos ambientais dos escorregamentos em área urbanas. In: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.193-223.

ANDERSON, Paul Simon. **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. 139p.

ANDRADE, G. O. Gênese do relevo nordestino: estado atual dos conhecimentos. **Estudos Universitários**. Recife, n. 2-3, p. 1-13, 1968.

ANDRADE, Ana Cláudia da Silva; DOMINGUEZ, José Maria Landim. Informações geológico-geomorfológicas como subsídios à análise ambiental: o exemplo da planície costeira de Caravelas – Bahia. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba, n. 51, p. 9-17, 2002.

ANGELIM, Luiz Alberto de Aquino et al. Programa Geologia do Brasil – PGB. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte**. Escala. 1:500.000. Recife: CPRM/FAPERN, 2007. 1mapa color.

ANTUNES, Paulo Bessa. **Curso de direito ambiental**: doutrina, legislação e jurisprudência. 2 ed. Rio de Janeiro: Renovar, 1992.

_____. **Direito ambiental**. 11 ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2008. 940p.

ARAI, Mitsuru. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, out. 2006.

ARAÚJO, Lílian Alves de. Danos ambientais na cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 347-403.

ARAÚJO, Armando Bezerra de. **Análise caracterização da dinâmica da foz do rio Apodi, região de Areia Branca/RN, com base na cartografia temática multitemporal de produtos de sensores remotos**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - UFRN, Natal, 2006.

ARAÚJO, Maria Christina B. et al. Análise da ocupação urbana das praias de Pernambuco, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 97-104, 2007.

ARAÚJO, Maria Valdirene et al. Análise geoambiental da área de proteção ambiental (APA) do estuário do Rio Ceará – Ceará – Brasil. **Geografia**, Londrina, v. 17, n. 2, p. 25-36, jul./dez. 2008.

ARAÚJO, Verônica Dantas de et al. Fácies e sistema deposicional da Formação Barreiras na região da Barreira do Inferno, Litoral Oriental do Rio Grande do Norte. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 43-49, out. 2006.

ARAÚJO, Verônica Dantas de. **Caracterização geológica tridimensional e monitoramento de dunas no litoral oriental do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2006.

ART, Henry W. **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. Tradução de Mary Amazonas Leite de Barros. São Paulo: Melhoramentos, 1998. 583 p. Título original: The dictionary of ecology and environmental science.

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. 2 ed., rev. e ampl. Brasília: Embrapa-SPI, 1998.

BAPTISTA NETO, José Antônio; PONZI, Vera Regina; SICHEL, Susanna Eleonora (Orgs.). **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

BARBOSA, Liana Maria. Métodos de abordagem sobre sistemas eólicos em ambientes do Brasil. In: NUNES, João Osvaldo Rodrigues; ROCHA, Paulo César. (orgs.) **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 57-76.

BARBOSA, José Antonio et al. Estratigrafia da faixa costeira Recife-Natal (bacia da Paraíba e plataforma de Natal), NE Brasil. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 17, n. 2, p. 3-30, 2007.

BARBOSA, Liana Maria; DOMINGUEZ, José Maria Landim. Coastal dune fields at the São Francisco river strandplain, northeastern Brazil: morphology and environmental controls. **Earth Surface Processes and Landforms**, [S.l.], n. 29, p. 443-456, 2004.

BARRETO, Alcina Magnólia Franca et al. Geologia e geomorfologia do quaternário costeiro do estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 4, n. 2, p.1-12, out. 2004.

BARRETO, Alcina Magnólia Franca et al. Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level change and tectonic implications. **Palaeo**, [S.l.], n. 179, p. 57-69, 2002.

BARROS, Henrique Monteiro de et al. **Gerenciamento participativo de estuários e manguezais**. Recife: UFPE, 2000.

BARTLETT, Darius J; SMITH, Jennifer L. (Ed.). **GIS for coastal zone management**. Boca Raton: CRC Press, 2005.

BERTALANFFY, Ludwig Von. Teoria geral dos sistemas. : aplicação à psicologia. In: ANOHIN, P. K. Teoria dos sistemas. 3 ed. Rio de Janeiro: FGU, p. 1-20. 1976.

BEZERRA, Francisco Hilário Rego. et al. Pliocene-quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. South Carolina, n. 14, p. 61-75, 2001.

BEZERRA, Francisco Hilário Rego; BARRETO, Alcina Magnólia Franca; SUGUIO, Kenitiro. Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte State coast, Brazil. **Marine Geology**, 196, p. 73–89. 2003.

BIGARELLA, João José; BECKER, Rosemari Dora; PASSOS, Everton. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais: intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concentração de bens materiais**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2007.

BITAR, Omar Yazbek (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE/IPT/Digeo, 1995. (Série Meio Ambiente).

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; COELHO JÚNIOR, L. M. Aspectos técnicos e legais que fundamentam o estabelecimento das APP nas zonas costeiras – restingas, dunas e manguezais. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. [S.l.], v. 9, n. 1, 2009. p.39-56.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nº. 1/92 a 45/2004 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº. 1 a 6/94. Brasília: Senado Federal, 2004.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 15. set. 1965.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 2.set. 1981.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria – Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe / Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1981.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment.** Oxford: Claredon Press, 1986. 320p.

CALIJURI, Maria Lúcia. **Sistemas de informações geográficas II.** Viçosa: UFV-Imprensa Universitária, 1995.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão de (Orgs.). **Geoprocessamento para projetos ambientais.** 2. ed. rev. ampl. São José dos Campos (SP): INPE, 1998.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. Introdução. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1-5.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 7-41.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; MEDEIROS, José Simeão de. Fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 125-140.

CAMARGO, Eduardo Celso Gerbi; FUCKS, Suzana Druck; CÂMARA, Gilberto. Análise espacial de superfícies. In: DRUCK, Suzana; CARVALHO, Marília Sá; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Análise espacial de dados geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004.

CAMPANILI, Maura; PROCHNOW, Miriam. (Orgs./Ed.). **Mata Atlântica: uma rede pela floresta.** Brasília: RMA, 2006.

CAMPOS, Milton César Costa; CARDOZO, Nilceu Piffer; MARQUES JÚNIOR, José. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra.** v. 6, n. 1, p. 104-114. 2006.

CAMPOS E SILVA, A. **Considerações sobre o Quaternário do Rio Grande do Norte.** Natal: UFRN - Arquivos do Instituto de Antropologia “Câmara Cascudo”. v. 2, p. 275-301, 1966.

_____. **Contribuição ao estudo do Grupo Barreiras no Rio Grande do Norte.** Natal: UFRN - Imprensa Universitária, 1969. (Arquivos do Instituto de Antropologia “Câmara Cascudo”).

CAMPOS, M.C.C. et al. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **R. Bio. Ci. Terra**, 6(1):104-114, 2006.

CARVALHO, Elisângela Martins de; PINTO, André Luiz. Riscos ambientais em bacias hidrográficas: um estudo de caso da bacia do Córrego Fundo, Aquidauana/MS. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro. v. 4, n. 1, jul.-dez., 2009. p.53-78.

CASTELLANOS-SOLÁ, Maria Elisa; SOARES FILHO, Britaldo. Avaliação da estrutura de paisagem de remanescentes florestais de uma região de Mata Atlântica mineira quanto adequação à legislação florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 927-930.

CAVALCANTI, Agostinho Paula Brito; CAMARGO, José Carlos Godoy. Impactos e condições ambientais da zona costeira do Estado do Piauí. In: GERARDI, Lucia Helena de Oliveira; MENDES, Iandara Alves. (Orgs.). **Do Natural, do Social e de suas Interações: visões geográficas**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia UNESP/Associação de Geografia Teorética AGETEO, 2002. p. 59-78.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque et al. (Orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CERRI NETO, Mauro. **Impacto ambiental, degradação ambiental, poluição, contaminação e dano ambiental: comparação entre conceitos legal e técnico**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

CESTARO, Luiz Antonio. **Fragmentos de florestas atlânticas no Rio Grande do Norte: relações estruturais, florísticas e fitogeográficas**. 2002. 149 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

CHORLEY, Richard J. A geomorfologia e a teoria dos sistemas gerais. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22. jun. 1971.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

_____. Significância da teoria de sistemas em Geografia física. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, n. 16-17, p. 119-128, 1986-1987.

COLL, Enrique Matarredona Coll. **Aplicación de La fotografía aérea em La cartografía de suelos**. Anales de La Universidad de Alicante. Instituto Universitario de Geografia. 1985.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 1 de janeiro de 1986. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 12 fev. 1986.

_____. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Resolução n. 303 de março de 2002. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 13 mai. 2002.

_____. Dispõe sobre o licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura na zona costeira. Resolução n. 312 de outubro de 2002. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 18 out. 2002.

CORREIA, Monica Dorigo; SOVIERZOSKI, Hilda Helena. Situação atual do ecossistema Manguezal da costa do Estado de Alagoas, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. No prelo. (Número Especial 2, Manguezais do Brasil). 2010.

COPQUE, Augusto César da Silva Machado; CUNHA, Rita Dione Araujo. Uso do território X sustentabilidade ambiental em ecossistemas costeiros: o caso do manguezal do Município de Salinas da Margarida-Bahia. In: ENCONTRO NACIONAL, 5; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., 2009, Recife. **Anais...** Recife: ANTAC, 2009. Não paginado.

COSTA, W. D. **Estudos Hidrogeológicos de Natal, RN**. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. Natal, 1971. 224p.

COSTA, Correa e Castro da et al. Um indicador de vulnerabilidade para sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. **Geografia**. Londrina, v. 17, n.2, p. 5-23, jul./dez. 2008.

COSTA, Aline Nogueira; POLIVANOV, Helena; ALVES, Maria da Glória. Mapeamento geológico-geotécnico preliminar, utilizando geoprocessamento, no município de Campos de Goytacazes, estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 50-64, 2008.

COSTA, Fabiane Hilario dos Santos et al. Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.l.], v.58, n. 2, p.119-127, ago. 2006.

COSTA, Maria Tereza Souza Pereira da; OLIVEIRA, Niédja Maria Galvão Araújo e. Avaliação geoambiental da zona costeira do bairro de Candeias, Pernambuco. **Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, ano 8, n. 17, p. 163-179, 2009.

COSTA, Thomaz Corrêa e Castro da; SOUZA, Marília Gonçalves de; BRITES, Ricardo Seixas. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 121-127.

COSTA, M. I. P.; PERRIN, P. Os sistemas de dunas litorâneas da região de Natal: granulometria e morfoscopia dos grãos de quartzo. **Boletim do Departamento de Geologia**. Natal, n.1, p.1-5. 1981.

CPTEC/INPE. CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Banco de Dados**. Cachoeira Paulista, 2010. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 06 jul. 2010.

CREPANI, Edison et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CREPANI, Edison et al. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 129-135.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão de. **Imagens fotográficas derivadas de MNT do Projeto SRTM para fotointerpretação na geologia, geomorfologia e pedologia**. São José dos Campos: INPE, 2004. 39p.

CRUZ, Carla Bernadete Madureira et al. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 5691-5698.

CRUZ, Carla Bernadete Madureira; VICENS, Raúl Sanches. **Levantamento da cobertura vegetal nativa do bioma Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: IESB/UFRJ/UFF, 2007. Relatório Final.

CRUZ, Igor Silva. **Mapeamento geoambiental do campo de dunas Pirangi-Potengi com ênfase a San Vale e Lagoinha – Natal/RN**: um instrumento de apoio ao planejamento ambiental. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – UFRN, Natal, 2007.

CRUZ, Olga. A Geografia física, o geossistema, a paisagem e os estudos dos processos geomórficos. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, v. 15, p. 53-62, 1985.

CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da; PINTON, Leandro de Godoi. A cartografia das restrições legais ao uso da terra, a partir de parâmetros da legislação ambiental. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro, v. 4, n. 1, p. 29-52, jul./dez. 2009.

CUNHA, Pedro et al. Superfícies geomórficas e atributos de latossolos em uma sequência arenítico-basáltico da região de Jabotical (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 81-90, 2005.

CUNHA, Sandra Baptista da. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). **A questão ambiental**: diferentes abordagens. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 219-238.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JUNIOR, Salvador. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 50-87, jul./dez. 2007.

DAHDOUH-GUEBAS, Farid. The use of remote sensing and GIS in the sustainable management of tropical coastal ecosystems. **Environment, Development and Sustainability**, n.4: 93-112. 2002.

DCA – DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS. **Precipitação mensal – Estado da Paraíba**. Campina Grande. UFCG, 2010. Disponível em: <<http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/chuvapb.htm>>. Acesso em: 01 jul. 2010.

DEAN, Warren. **A ferro e fogo**: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileiras. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DEMATTÊ, José Alexandre Melo et al. Aerofotos convencionais e imagens orbitais TM/Landsat no mapeamento morfopedológico em Santa Bárbara D'Oeste (SP). **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 50, n. 3, p. 372-382, out.-dez., 1993.

DEMATTÊ, José Alexandre Melo et al. Fotopedologia e pedologia spectral orbital associadas no estudo de solos desenvolvidos de basalto. **Bragantia**. Campinas, v. 70, n. 1, p. 122-131, 2011.

DGE/UFRN/INMET. ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL. DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – CCHLA. **Estação Natal – UFRN – Instituto Nacional de Meteorologia**. 2010. (Arquivo digital em formato de tabela).

DNPEA/SUDENE. DIVISÃO DE PESQUISA PEDOLÓGICA. SUDENE. SUPERINTENDÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife: DNPEA/SUDENE, 1971.

DUARTE, M. I. M. **Mapeamento geológico e geofísico do Litoral Leste do Rio Grande do Norte**: grande Natal (Área I). Departamento de Geologia, CCE/UFRN, Natal, Relatório de Graduação. 1995. 55p.

DUARTE, Paulo Araújo. **Fundamentos de cartografia**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2002.

EGLER, Claudio Antônio G. Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira. **Território**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 31-41, 1996.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. **Dados chuva Natal e Litoral Sul**. Natal: EMPARN, 2010. (Arquivo digital em formato de tabela).

FERNANDES, Rodrigo Cysneiros et al. Mapeamento geoambiental com uso de imagens de alta resolução espacial do sistema lagunar-estuarino Nísia Floresta-Papeba-Guaráiras no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 523-530.

FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo et al. Comparação de duas metodologias multivariadas no estudo de similaridade entre fragmentos de floresta atlântica. **Árvore**. Viçosa, v. 32, n. 3, p. 511-521, 2008.

FERREIRA JÚNIOR, Antônio Vicente. **Mapeamento da zona costeira protegida por arenitos de praia (beachrocks) em Nísia Floresta – RN**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2005.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 15-28, dez., 2008.

FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. **Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata atlântica no estado de São Paulo, a partir de imagens TM-Landsat**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos, 1995.

FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso et al. Remanescentes de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro: distribuição dos fragmentos e possibilidades de conexão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 3885-3892.

FIERZ, Marisa de Souto Matos. **As abordagens sistêmica e do equilíbrio dinâmico na análise da fragilidade do litoral do estado de São Paulo**: contribuição à geomorfologia das planícies costeiras. Tese (Doutorado). USP. Departamento de Geografia. São Paulo-SP. 2008.

FLORENZANO, Teresa Galloti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FLORES, Carlos Alberto et al. **Levantamento semidetalhado de solos: região da campanha – Folha PALOMAS, Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

FOGLIATTI, Maria Cristina; FILIPPO, Sandro; GOUDARD, Beatriz. **Avaliação de Impactos Ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

FONSECA, Frederico Torres. Onde estamos, para onde vamos? In: TOMMASELLI, Antônio Maria Garcia, et al. **Geoinformação: passado, presente e futuro**. Curitiba: EspaçoGEO, 2001. p. 43-48.

FRANCO, José Gustavo de Oliveira. **Direito ambiental matas ciliares: conteúdo jurídico e biodiversidade**. São Paulo: Juruá, 2008.

FRANÇA, G. V. De; DEMATTÊ, J. A. M. Levantamento de solos e interpretação fotográfica dos padrões desenvolvidos em solos originados do Arenito de Bauru. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 77-86, fev.-mai., 1993.

FREITAS, Simone Rodrigues; CRUZ, Carla Bernadete Madureira. Índices de vegetação na caracterização de fragmentos de Mata Atlântica no estado do RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2737-2744.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE-INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica – Período 2005-2008. (Relatório Parcial)**. São Paulo. 2009.

_____. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica – Período 2008-2010**. São Paulo. 2011.

FUJIMOTO, Nina Simone Vilaverde Moura. Alterações ambientais na região metropolitana de Porto Alegre – RS: um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana. In: NUNES, João Osvaldo Rodrigues; ROCHA, Paulo César. (Orgs). **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 95-115.

GALINDO-LEAL, Carlos; CÂMARA, Ibsen de Gusmão (Eds.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica – Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.

GARLIPP, Adriana Baggio. **Varição espacial e sazonal de elementos maiores e traços no estuário do rio Curimataú (RN), através de dados geoquímicos e de sensoriamento remoto**. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2006.

GERDENITS, Adriana; AFFONSO, Adriana; STECH, José Luiz. Cenários de ocupação do solo fundamentados no Código Florestal Brasileiro em um fragmento contínuo de Mata Atlântica localizado na divisa estadual de Minas Gerais e São Paulo mediante aplicação de técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 2673-2680.

GOMES, Alessandra Rodrigues; PONZONI, Flávio Jorge. Utilização de dados multitemporais para o projeto Atlas de Remanescentes Florestais de Mata Atlântica como subsídio ao mapeamento de florestas estacionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 1549-1554.

GONÇALVES, Geula Graciela Gomes et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas: o caso da bacia do Rio Dourados-MS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p. 422-432.

GONÇALVES, Luiz Fernando Hansen; GUERRA, Antonio José Teixeira. Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos do Brasil**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, p. 189-252.

GOOSEN, D. Lang. Aerial photo interpretation in soil survey: Interpretacion de fotos aereas y su importancia en levantamiento de suelos. FAO: **Soils Bulletin**, n. 6. 1967. 124p.

GRIGIO, Alfredo Marcelo. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN):** simulação de risco às atividades da indústria petrolífera. Dissertação (Mestrado). UFRN. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Natal/RN. 2003.

GUASSELLI, Laurindo Antonio et al. Identificação de remanescentes do bioma Mata Atlântica e análise temporal a partir de imagens SPOT, município de Gramado – Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 2745-2751.

GUERRA, Antonio José Teixeira. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 191-218.

_____. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 149-209.

GUERRA, Antonio José Teixeira; MENDONÇA, Jane Karina Silva. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.225-256.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HENKELS, Carina. **Identificação de aspectos e impactos ambientais:** proposta de método de aplicação. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. 2002.

HIROTA, Márcia Makiko. Monitoramento da cobertura da Mata Atlântica brasileira. In: GALINDO-LEAL, Carlos; CÂMARA, Ibsen de Gusmão. **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica/Conservação Internacional, 2005.

IBGE. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de 1960:** Rio Grande do Norte e Paraíba. Rio de Janeiro: IBGE (Departamento de Estatísticas de População). Série Regional, v. 1, tomo 5. 1960.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Introdução ao processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. (Manuais técnicos em geociências – número 9).

_____. **Banco de dados agregados**: censo demográfico e contagem da população. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=cd&o=4&i=P&c=202>>. Acesso em: 30 jun. 2010.

_____. **Banco de dados agregados**: censo demográfico e contagem da população. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=cd&o=4&i=P&c=202>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

_____. **Manual técnico de geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. (Manuais Técnicos em Geociências, n.5).

_____. **Manual técnico de pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. (Manuais Técnicos em Geociências, n.4).

_____. **Manual técnico de uso da terra**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7).

JENSEN, John R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. Tradução de José Carlos N. Epiphanyo (Coord.). São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p. Título original: Remote sensing of the environment: an earth resource perspective.

JIMÉNEZ-RUEDA, Jairo Roberto; NUNES, Elias; MATTOS, Juécio Tavares de. Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da Folha São José do Mipibu-RN. **Geociências**. São Paulo, v. 12, n. 2, p. 481-491. 1993.

KAWAKUBO, Fernando Shinji et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 2203-2210.

KOFFLER, Natalio Felipe. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao mapeamento de solos. **Geografia**. Rio Claro, v. 18, n.2, p. 1-51, out., 1993.

KÖPPEN, Wladimir. Das geographische System der Klimate, in: **Handbuch der Klimatologie**, edited by: Köppen, W. and Geiger, G., 1. C. Gebr, Borntraeger, 1–44, 1936.

KRUG, Lilian Anne; LEÃO, Caroline; AMARAL, Silvana. Dinâmica espaço-temporal de manguezais no complexo estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados sócio-econômicos da região urbana do município de Paranaguá – Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 2753-2760.

KUX, Hermann Johann Heinrich; PINHEIRO, Eduardo da Silva. Dados do satélite QuickBird para o mapeamento do uso e cobertura da terra numa seção da Mata Atlântica no Estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 4509-4516.

LANDIM, Paulo Milton Barbosa. **Análise estatística de dados geológicos**. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2003.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da paisagem**. Tradução de Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos. 2009.

LARDOSA, Eduardo Ildfonso; SANTOS, Ubiratan Porto dos; MEIRELLES, Margareth Simões Penello. Metodologia para a detecção de mudanças nos remanescentes de Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro, a partir de imagens do satélite Landsat7, sensor ETM+. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3527-3534.

LEMONS, Raimundo Costa de; SANTOS, Raphael David dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.

LEUZINGER, Márcia Dieguez. Recursos hídricos. In: RIOS, Aurélio Virgílio Veiga; IRIGARAY, Teodoro Huguene (Orgs.). **O direito e o desenvolvimento sustentável**: curso de direito ambiental. São Paulo: Peirópolis, 2005. p. 245-272.

LIGNON, Marília Cunha. **Ecologia de manguezais**: desenvolvimento espaço-temporal no sistema costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil. Tese (Doutorado). USP/Instituto Oceanográfico, São Paulo-SP. 2005.

LIGNON, Marília Cunha et al. Estudos de caso nos manguezais do estado de São Paulo (Brasil): aplicação de ferramentas com diferentes escalas espaço-temporais. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 79-91, 2009.

LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 83-90, 2005.

LIU, William Tse Horng. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2007.

LOCH, Carlos; LAPOLLI, Édis Mafra. **Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização prática**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 1998. (Série Didática).

MABESOONE, J. M. Relief of nothestern Brazil and its correlated sediments. **Zeitschrift für Geomorphologie**, Berlin, N. F. Bd. 10, Heft 4, 1966.

MABESOONE, J. M.; CAMPOS E SILVA, A.; BEURLIN, K. Estratigrafia e origem do grupo de barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 2, p. 173-188, 1972.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Evolution of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte Basin and the problem of the South Atlantic connection. **Geologie en Mijnbouw**, v. 71, p. 351-362, 1993.

MABESSONE, J. M.; ROLIM, José Lins. Quaternário do Nordeste Oriental Brasileiro. **Estudos Sedimentológicos**. Natal, v. 3/4, p. 89-130, jan./jun, 1973/74.

MABESSONE; J. M. et al. Late cretaceous and cenozoic history of northeastern Brazil. **Geologie Mijnbouw**, p. 129-139, 1977.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 10 ed. São Paulo: Malheiros, 2002. 1038p.

MACIEL, Luiz Vicente Burle. **Análise dos remanescentes de floresta atlântica no Estado do Rio Grande do Norte**: uma perspectiva em alta resolução. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – UFRN, Natal, 2011.

MAIA, Janaina Sant'ana; VALERIANO, Dalton de Morisson. Transgressão do Código Florestal no município de Piquete – SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2001. p. 611-616.

MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v. 7, n. 2, p. 95-109, jul./dez., 2004.

_____. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**. São Paulo, v. 22. n. 1, p. 29-53, jan./jun., 2005.

MARTINS, L. R.; TABAJARA, L. L.; FERREIRA, E. R. Linha de costa: problemas e estudos. **Gravel**. Porto Alegre, n. 2, p. 40-56, out., 2004.

MEDEIROS, Cleyber Nascimento de; PETTA, Reinaldo Antonio; DUARTE, Cynthia Romariz. Estudo do meio físico para avaliação da vulnerabilidade à ocupação humana do município de Parnamirim (RN), utilizando técnicas de geoprocessamento. **Geociências – UNESP**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 239-253, 2005.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. **Riscos sócio-ambientais ao longo da zona costeira**. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/57ra/programas/CONF_SIMP/textos/antoniomeireles.htm>. Acesso em: 17 ago. 2010.

_____. Falésias do litoral leste do estado do Ceará: análise dos processos morfogenéticos e impactos ambientais. **Revista GeoNotas**, Maringá, v. 3, p. [?], n. 2, abr./jun. 1999.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade; SILVA, Edson Vicente da. THIERS, Paulo Roberto Lopes. Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 20, p. 101-119. 2006.

MEIRELLES, Margareth Simões Penello; CAMARA, Gilberto; ALMEIDA, Cláudia Maria de (Eds.). **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Brasília: Embrapa, 2007.

MELO, Flávia Taone Lira de. **Aspectos morfo-dinâmicos do complexo lagunar Nísia Floresta – Papeba – Guarairas, região costeira sul oriental do RN**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2000.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENEGUZZO, Isonel Sandino; CHAICOUSKI, Adeline. Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza. **Geografia**, Londrina, v. 19, n. 1, p. 181-185, 2010.

MENESES, Paulo Roberto; MADEIRA NETTO, José da Silva. (Orgs.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UNB/EMBRAPA, 2001.

MENEZES, Jéssica Bezerra et al. Índice de vulnerabilidade à erosão para uma bacia na mesorregião do São Francisco Pernambucano, a partir das relações entre morfogênese e pedogênese. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 8, n. 2, p. 45-56, 2007.

MENEZES, Maria Rosilene Ferreira et al. Discordâncias e inundações no Grupo Barreiras, litoral leste do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 50., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1998. p. 75.

MENGHINI, Ricardo Palamar. **Dinâmica da recomposição natural em bosques de mangue impactados**: Ilha Barnabé (Baixada Santista), SP, Brasil. Tese (Doutorado). USP/Instituto Oceanográfico, São Paulo-SP. 2008.

METZGER, J. P. **Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas**. In: JUNIOR, L. C., PÁDUA, C. V. & RUDRAN, R. Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba, PR. Ed. da UFPR. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. 667p.

MEUNIER, I. Conservação da Reserva Ecológica de Dois Irmãos – Potencial e carências para a condução de um plano de manejo de área silvestre. In: MACHADO, I. C., LOPES, A. V., PÔRTO, K. C. (org.). **Reserva ecológica de Dois Irmãos**: estudos de um remanescente de Mata Atlântica em área urbana. Recife: Imprensa Universitária – UFPE, 1998, p.291-307.

MILARÉ, Édís. **Direito do ambiente**: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossária. 6. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009.

MILARÉ, Édís; BENJAMIN, Antonio Herman V. **Estudo prévio de impacto ambiental**: teoria, prática e legislação. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1993.

MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. 2. ed. (rev. e amp.). Brasília: Embrapa, 2010. 425p.

MIRRA, Álvaro Luiz Valery. **Impacto ambiental**: aspectos da Legislação Brasileira. São Paulo: Oliveira Mendes, 1998.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Fragmentação de ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA/SBF, 2003. 510p.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS**: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: UNESP, 2000.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000. 127 p.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil**: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. 2 ed. São Paulo: Annablume, 2007. 232p.

MOREIRA, Iara Verocai Dias. **Avaliação de impacto ambiental - AIA**. Rio de Janeiro, abril de 1985. Disponível em: <<http://www.uff.br/estudosociaisambientais/Avadeimpactoambiental.doc>>. Acesso em: 26 ago. 2010.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.

MUEHE, Dieter. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.l.], v. 2, n. 1, p.35-44, 2001.

_____. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 253-308.

NAKAZAWA, Valdir Akihiko; PRANDINI, Fernando Luiz; DINIZ, Nóris Costa. Subsídências colapsos de solo em áreas urbanas. In: BITAR, Omar Yazbek. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995, p.101-133.

NASCIMENTO, Dária Maria Cardoso; DOMINGUEZ, José Maria Landim. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 395-408, set., 2009.

NAZARÉ JUNIOR, D. **Mapeamento geológico e gravimétrico da região de Natal**. Relatório de Graduação, Depto de Geologia, CCE/UFRN, 1993.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOGUEIRA, A. M. B. **O Cenozóico continental da região de Natal**. Dissertação (Mestrado). UFPE, Recife, 1981a.

_____. O Cenozóico continental da região de Natal. **Boletim do Departamento de Geologia**, Natal, v. 3, p. 15-24, 1981b.

_____. O Cenozóico Continental da Região de Natal. **Coleção Textos Acadêmicos**, v. 284, n. 2, Natal, CCE/UFRN, 1982, 119p.

NOGUEIRA, A. M. B. et al. Geologia da faixa oriental entre Natal e Graçandu-RN. **Boletim do Departamento de Geologia**, Natal, v. 8, p. 40-48. 1984.

NOGUEIRA, Francisco César Costa. **Estruturas tectônicas cenozóicas na porção leste da Bacia Potiguar**. Tese (Doutorado). UFRN/PPGG, Natal-RN, 2008.

NOGUEIRA, Francisco César Costa; BEZERRA, Francisco Hilário Rego; CASTRO, David Lopes de. Deformação rúptil em depósitos da Formação Barreiras na porção leste da bacia potiguar. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 51-59, out. 2006.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

NORDSTROM, Karl F. **Recuperação de praias e dunas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. Tradução de Silvia Helena Gonçalves.

NUNES, Elias. **Aspectos morfo-estruturais, fisiográficos e de coberturas de alterações intempéricas da Grande Natal (RN), como base para o macrozoneamento geo-ambiental**. Tese (Doutorado). UNESP, Departamento de Geociências, Rio Claro, 1996.

_____. **Geografia Física do Rio Grande do Norte**. Natal: Imagem Gráfica, 2006. 114p.

NUNES, Elias et al. Levantamento ambiental preliminar da Folha São José de Mipibu-RN. **Caderno Norte-Rio-Grandense de Temas Geográficos**. Natal. v. 4, n. 5, p. 39-52, jul./dez., 1988.

OKA-FIORI, Chisato et al. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**: escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Curitiba: MINEROPAR, 2006. 59 p.

OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches de et al. Processo analítico hierárquico aplicado a vulnerabilidade natural a erosão. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 417-424, 2009.

OLIVEIRA, Anízia Conceição de Assunção; SOUZA, Rosemeri Melo e. Geindicadores socioambientais para monitoramento de dunas costeiras em Sergipe. **RA'E GA**, Curitiba, n. 14, p. 149-163, 2007.

OLIVEIRA, Frederico Fonseca Galvão de. **Caracterização e diagnóstico de impactos ambientais em Natal/RN com apoio de geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFRN, Natal, 2003.

OLIVEIRA, Frederico Fonseca Galvão de; MEDEIROS, Wendson Dantas de Araújo. Bases teórico-conceituais de métodos para avaliação de impactos ambientais em EIA/RIMA. **Mercator**, v. 6, n. 11, p. 79-92, 2007.

OLIVEIRA, Paula Cristina Almeida de; RODRIGUES, Sílvio Carlos. Cartografia do relevo: um estudo aplicado na região oeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.l.], v. 8, n. 2, p.37-44, 2007.

OLIVEIRA, Niédja Maria Galvão Araújo e; CARVALHO, João Allyson Ribeiro de; SANTANA, Paulo Henrique de. Caracterização geomorfológica e avaliação ambiental da fragilidade das vertentes no bairro de Tabatinga, município de Camaragibe – PE. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 19, p. 92-103, 2006.

OLIVEIRA, Marcelo Accioly Teixeira de; HERRMANN, Maria Lúcia de Paula. Ocupação do solo e riscos ambientais na área conurbada de Florianópolis. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 147-188.

PALMEIRA, Alessandro Ferraz; CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão de. Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na proposta de um mapa de ordenamento territorial do Município de Paragominas (Estado do Pará). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3207-3214.

PALMIERI, Francesco; LARACH, Jorge Olmos Iturri. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 59-122.

PANIZZA, Andrea de Castro; ROCHA, Yuri Tavares; DANTAS, Aldo. O litoral brasileiro: exploração, ocupação e preservação – um estudo comparativo entre regiões litorâneas dos estados de São Paulo e Rio Grande do Norte. **RA'E GA**, Curitiba, n. 17, p. 7-16, 2009.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of th Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**. [S.l.], n. 11, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, Rivaldo Fernandes. **Gerenciamento ambiental das fazendas de camarão do Estado do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geografia. UFRN. Natal, 2008.

PESSOTI, J. E. S. et al. Relação entre fisiografia e solos desenvolvidos de material cenozóico da região do rio Jequitaiá, MG. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. Piracicaba, v. 46, n. 2, p. 495-518, 1989.

PETTA, Reinaldo Antônio; FERNANDES, Rodrigo Cysneiros; NASCIMENTO, Paulo Sérgio de Rezende. Detecção automática da dinâmica da cobertura da terra por sensoriamento remoto. **Geografia**, Londrina, v. 17, n.1, jan./jun., 2008.

PIÉRRRI, Oc. Guilherme Cherem Schwarz. **Análise de risco à erosão Costeira na região de Tibau do Sul/RN através de mapeamento geoambiental e análise morfodinâmica**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2008.

PINHEIRO, Eduardo da Silva. **Avaliação de imagens Quickbird na análise geográfica de um setor da Mata Atlântica do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos, 2003.

PINHEIRO, Eduardo da Silva; KUX, Hermann Johann Heinrich. Leis ambientais e imagens de alta resolução do satélite Quickbird aplicadas à análise de uma área da Mata Atlântica, RS. **Geografia**, Rio Claro, v. 29, n. 3, p. 431-451, set./dez. 2004.

PIRES, Ivan de Oliveira. Manguezais da região do recôncavo da Baía de Guanabara: revisita através dos mapas. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, [S.l.], n. especial 2, p.1-9, 2010.

PONZONI, Flávio Jorge. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica**. São José dos Campos: INPE, 2002.

POPP, José Henrique. **Geologia geral**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1987.

PRADA-GAMERO, R. M.; VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T. O. Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do rio Iriri no canal de Bertioaga (Santos, SP). **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. [S.l.], n. 28, p. 233-243, 2004.

PRATES, Margarete; GATTO, Luiz Carlos Soares; COSTA, Maria Iranice Passos. Geomorfologia. BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria – Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe / Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1981.

PRATES, V.; SOUZA, L. C. P.; BRISKI, S. J.; OLIVEIRA JUNIOR, J. C. Utilização de índices para a representação da paisagem como apoio para levantamento pedológico em ambiente de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 4885-4892. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A36D6H>>. Acesso em: 01 out. 2011.

PRUSKI, Fernando Falco. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.** Viçosa: UFV, 2006.

PRUSKI, Fernando Falco; BRANDÃO, Viviane dos Santos; SILVA, Demetrius David da. **Escoamento superficial.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 87p.

RESENDE, Mauro et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 5. ed. rev. Lavras: UFLA, 2007.

REZENDE, Alba Valéria. **Importância das matas de galeria: manutenção e recuperação.** In: RIBEIRO, José Felipe. (Ed.). Cerrado: matas de galeria. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 3-16.

RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares et al. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005.

RIBEIRO, Fernanda L.; CAMPOS, Sérgio. Vulnerabilidade à erosão do solo da região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 628-636, 2007.

ROCHA, Geraldo César. **Riscos ambientais: análise e mapeamento em Minas Gerais.** Juiz de Fora: UFJF, 2005.

RODRÍGUEZ, Ana Cristina Machado. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião (SP).** Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – USP, São Paulo, 2005.

ROHDE, Geraldo Mário. **Estudos de Impacto Ambiental: a situação brasileira em 2000.** In: VERDUM, Roberto; MEDEIROS, Rosa Maria Vieira.(Orgs). RIMA, Relatório de Impacto Ambiental: legislação, elaboração e resultados. 4 ed. (ver. ampl). Porto Alegre: UFRGS, 2002. p. 41-65.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 16, p. 81-90, 2005.

_____. **Introdução ao sensoriamento remoto.** 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.

_____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** 4. ed. São Paulo: Contexto, 1997.

_____. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992.

ROSSITER, David G. **Metologias para el levantamiento del recurso suelo.** (Tradução de Ronaldo Vargas Rojas). 2 ed. ITC: Cochabamba, 2004.

RUDORFF, Bernardo F. T.; SHIMABUKURO, Yosio E.; CEBALLOS, Juan C. (Orgs.). **O sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil.** São José dos Campos: Parêntese, 2007.

SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares. Controle e prevenção de processos erosivos. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosângela

Garrido Machado. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-267.

SAMPAIO, Elsa. **Noções básicas de detecção remota fotogrametria e foto- interpretação em pedologia**. Departamento de Geocências. Universidade de Évora. 2007.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, Leonardo José Cordeiro et al. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 812-820, dez. 2007.

SANTOS, Paula de Freitas et al. Estudo de depósitos da Formação Barreiras com base em reflexão por ondas de radar. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 31-42, out. 2006.

SANTOS, Clibson Alves dos, SOBREIRA, Frederico Garcia. Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do alto Rio das Velhas-MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 65-73, 2008.

SCARIOT, Aldicir et al. Vegetação e flora. In: RAMBALDI, Denise Marçal; OLIVEIRA, Daniela América Suárez de. (Orgs.) **Fragmentação de ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA/SBF, 2003. 510p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara. **Manguezais brasileiros**. Tese (Livre Docência) – USP, São Paulo, 1991.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara et al. A conceptual hierarchical framework for marine coastal management and conservation: a Janus-like approach. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, n. 42, p. 1-7. 2005.

SCHULER, Carlos Alberto Borba; ANDRADE, Valmar Corrêa de; SANTOS, Deoclecio Santana dos. **O manguezal**: composição e estrutura. In: BARROS, Henrique Monteiro de et al. Gerenciamento participativo de estuários e manguezais. Recife: UFPE, p. 27-38, 2000.

SEMARH – SECRETARIA DE ESTADO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Sistema de informações – Bacias hidrográficas do RN**. Disponível em: < <http://www.semarh.rn.gov.br/consulta/cBacia.asp>>. Acesso em: 30 ago. 2010.

SETUR/SIN/IDEMA. SECRETARIA DE ESTADO DO TURISMO DO RIO GRANDE DO NORTE. SECRETARIA DE ESTADO DE INFRA-ESTRUTURA.PRODETUR/IDEMA. **Polo Costa das Dunas**. Brasília: Topocart Topografia, Engenharia e Aerolevantamentos Ltda. Arquivos em formato digital (vetorial e matricial). Escala 1:25.000. 2006.

SILVA, Cleverson Guizan et al. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: BATISTA NETO, José Antônio; PONZI, Vera Regina Abelin; SICHEL, Susana Eleonora. (Orgs.). **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 175-218.

SILVA, Alexandre Marco da; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa de. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003.

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: UNICAMP, 1999.

SILVA, Dalton Rosemberg Valentim da Silva; AMARO, Venerando Eustáquio. Integração entre dados ópticos e radar (SRTM) para a caracterização geoambiental da costa setentrional do Rio Grande do Norte. **Revista Geográfica Acadêmica**, [S.l.], v. 2, n. 2, p.111-123, ago. 2008.

SILVA, Edson Vicente da; SOUZA, Marta Maria de Almeida. Principais formas de uso e ocupação dos manguezais do Estado do Ceará. **Cadernos de Cultura e Ciência**, Crato, v. 1, n. 1, p. 12-20, 2006.

SILVA, Elisangela Alves de Jesus. **As dunas eólicas de Natal/RN: datação e evolução**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2002.

SILVA, Jorge Xavier; ZAIDAN, Ricardo Tavares (Orgs.). **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

SILVA, José Afonso. **Direito ambiental constitucional**. 6. ed. São Paulo: Malheiros, 2007.

SILVA, Apolino José Nogueira da; CABEDA, Mário Sérgio Vaz; LIMA, José Fernando Wanderley Fernandes. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 29, n. 6, nov./dez., p. 833-842, 2005.

SILVEIRA, Iracema Miranda da. **Estudo evolutivo das condições ambientais das região costeira do Município de Guimarães – RN**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2002.

SIMON, Adriano Luís Heck; CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da. Alterações geomorfológicas derivadas da intervenção de atividades antrópicas: análise temporal na Bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 29-38, 2008.

SOTCHAVA, V.B. **O estudo de geossistemas**. São Paulo: USP - Instituto de Geografia. 1977.

SOUTO, Michael Vandesteen da Silva; AMARO, Venerando Eustáquio. Aplicação das técnicas de geoprocessamento para o mapeamento da vulnerabilidade natural para a região da Ponta do Tubarão, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, município de Macau. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 2773-2778.

SOUTO, Michael Vandesteen Silva. **Análise multitemporal dos elementos geoambientais da região da Ponta do Tubarão, área de influência dos campos petrolíferos de Macau e Serra, município de Macau/RN**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2004.

SOUZA, Celia Regina de Gouveia. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 17-37, 2009.

SOUZA, Celia Regina de Gouveia et al. **Restinga: conceitos e empregos do termo no Brasil e implicações na legislação ambiental**. São Paulo: Instituto Geológico, 2008.

SOUZA, Celia Regina de Gouveia et al. Praias arenosas e erosão costeira. In: SOUZA, Celia Regina de Gouveia et al. (Eds.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, p.130-152, 2005.

SOUZA FILHO, Pedro Walfir Martins. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, [S.l.], v.23, n. 4, p. 427-435, 2005.

SOUZA, Flavo Elano Soares de. **Evolução morfodinâmica da região de influência estuarina do rio Curimataú/RN, com ênfase nas alterações do ambiente deposicional de manguezal e a integração de geodados em SIG**. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – UFRN, Natal, 2004.

SPÖRL, Christiane. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. Tese (Doutorado em Geografia) – USP, São Paulo, 2007.

SPÖRL, Christiane; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOSP – Espaço e Tempo**. São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes (Org.). **Terra: feições ilustradas**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

SUGUIO, Kenitiro et al. Barra de Tabatinga and Touros formations: evidence for pleistocene high sea-level stillstands of the Rio Grande do Norte coast. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 5-12, 2001.

SUGUIO, Kenitiro et al. Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.15, n. 4, p. 273-286, ago. 1985.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?** São Paulo: Paulo's, 2001.

_____. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgar Blücher, 2003.

SUGUIO, Kenitiro; NOGUEIRA, Afonso César Rodrigues. Revisão Crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. **Geociências**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 461-479, 1999.

TABOSA, Werner Farkatt; AMARO, Venerando Eustáquio; VITAL, Helenice. Análise do ambiente costeiro e marinho, a partir de produtos de sensoriamento remoto na região de São Bento do Norte, NE Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, [S.l.], v. 25, p. 37-48, 2007. Supplementum 1.

TAGLIANI, Carlos Roney Armanini. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1657-1664.

TEIXEIRA, Amandio Luis de Almeida; GRAY, Nelly Amalia de Cerdán. **Geo-info+map: aplicación de la tecnología SIG al desarrollo de las regiones de tamaño medio**. Rio Claro, [s. n.], [ca. 1989].

TESSLER, Moysés Gonzalez; GOYA, Samara Cazzoli y. Processos Costeiros condicionantes do litoral brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, [S.l.], n. 17, p. 11-23, 2005.

THOMAZ, Edvaldo Lopes. Geomorfologia e agrossistemas: indicadores de degradação do solo. In: NUNES, João Osvaldo Rodrigues; ROCHA, Paulo César. (Orgs.). **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 33-56.

TIVIROLI, Valter Alexandre et al. Análise da vulnerabilidade natural da bacia do Rio Negro – MS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p. 659-665.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TRINDADE, Michelle Bandeira et al. A fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco: uma análise da estrutura da paisagem. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE, 4., 2004, Recife. **Anais...** Recife: Imprensa Universitária, 2004.

TRINDADE, Michelle Bandeira et al. Uso de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 705-712.

TRINDADE, Michelle Bandeira et al. Utilização de sensoriamento remoto na análise da fragmentação da Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1907-1914.

VÁZQUEZ, Xesús Pablo Gonzáles; PÉREZ, Manuel Francisco Marey. **Fotointerpretación de los usos del suelo**. Disponível em: <http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotointerpretacion/articulo_fotointerpretacion_metacortex.pdf>. Acesso em 10 jun. 2011.

VEYRET, Yvette (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Tradução de Dilson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007. 320 p. Título original: Les risques.

VIEIRA, Marcela Marques; DE ROS, Luiz Fernando. Cementation patterns and genetic implications of Holocene beachrocks from northeastern Brazil. **Sedimentary Geology**, [S.l.], v. 192, p. 207-230, 2006.

VIEIRA, Tatiana Grossi Chquiloff et al. **Emprego de fotografias aéreas verticais na diferenciação de solos da região de Lavras-MG**. Disponível em: <http://www.epamig.br/geosolos/MaterialSite/Informes%20e%20Revistas/Ciencia_Pratica/Emprego_fotografias_aereas.pdf>. Acesso em 10 jun. 2011.

VILAÇA, José Gilson et al. Geologia Ambiental na área Costeira de Búzios a Barra de Maxaranguape/RN. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12., 1995. **Anais...** Boletim 10. 1985. p. 220-227.

VILAS BÔAS, Geraldo S.; SAMPAIO, Flávio J.; PEREIRA, Antonio M. S. The Barreiras Group in the Northeastern coast of the State of Bahia, Brazil: depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 73, n. 3, p. 417-427, 2001.

VITAL, Helenice. Rio Grande do Norte. In: MUEHE, Dieter. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006. p. 155-172.

WEBER, Eliseu, HASENACK, Heinrich, FLORES, Carlos Alberto. Geoprocessamento no apoio ao mapeamento de solos. In: FLORES, Carlos Alberto et al. **Levantamento semidetalhado de solos**: região da campanha – Folha PALOMAS, Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2007. p. 21-28.

WIEGAND, Mário Cesar et al. Utilização do SIG na avaliação da fragilidade potencial da bacia experimental de Aiuaba – BEA/CE. **Revista de Geologia - UFC**, v. 22, n. 2, p. 186-196, 2009.