

# ESTUDO DO MEIO FÍSICO PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE À OCUPAÇÃO HUMANA DO MUNICÍPIO DE PARNAMIRIM (RN), UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Cleyber Nascimento de MEDEIROS, Reinaldo Antonio PETTA, Cynthia Romariz DUARTE

Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geociências, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário. CEP 59072-970. Natal, RN. Endereços eletrônicos: cleybermedeiros@yahoo.com.br; petta@geologia.ufrn.br; cynthia@geologia.ufrn.br.

Introdução  
Materiais, Métodos e Técnicas  
Resultados e Discussões  
Clima  
Hidrografia  
Vegetação  
Geologia  
Geomorfologia  
Solos  
Determinação da Vulnerabilidade à Ocupação Humana  
Considerações Finais  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – A área de estudo corresponde ao Município de Parnamirim, Estado do Rio Grande do Norte, região Nordeste do Brasil. Este município vem passando por um elevado aumento populacional nos últimos anos, tendo como conseqüências graves impactos ao seu meio ambiente. A finalidade deste trabalho foi elaborar um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que permitisse mapear aspectos do meio físico do município, 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. Procura-se mostrar que a ocupação, sem diretrizes apoiadas no conhecimento do meio físico, pode acarretar conseqüências danosas com graves impactos ao meio ambiente, e conseqüentemente na qualidade de vida da população local.

**Palavras-chave:** Meio físico, vulnerabilidade, geoprocessamento, Parnamirim.

**ABSTRACT** – *C.N. de Medeiros, R.A. Petta, C.R. Duarte – Study of the environment for evaluation of the vulnerability to the occupation human being of the Parnamirim city (RN) using geoprocessing techniques.* The area of the Parnamirim city, Rio Grande do Norte State, Northeast region of Brazil, is passing by a high population increase in this last years, and a serious consequence is the impact to the environment. This paper presents a Geographic Information System (GIS) to map the environment aspects of the area. Some thematic maps were generated (hydric resources, vegetation, geology, geomorphology and soils), which allow to generate the vulnerability map to the human occupation. This study verified that more than 10% of the area, mainly composed by native vegetation in mobile dunes and fluvial plains, have high or very high vulnerability. The objective of the vulnerability map is to contribute for the planning an orderly occupation of the areas to be populated. The occupation, without guidelines supported by the knowledge of the environment, can cause harmful consequences with serious impacts to the environment, and consequently in the life quality of the local population.

**Keywords:** Environment, vulnerability, geoprocessing, Parnamirim.

## INTRODUÇÃO

A área do Município de Parnamirim, localizado no litoral leste do Estado do Rio Grande do Norte, mais precisamente entre os paralelos 5°50' e 5°59' de latitude Sul e os meridianos 35°06' e 35°18' de longitude Oeste (Figura 1) foi objeto deste estudo. Parnamirim é o terceiro município do estado em termos de população absoluta, ficando atrás apenas dos municípios de Natal (712.317 habitantes) e Mossoró (213.841 habitantes). O município possui uma área de 120,2 km<sup>2</sup>, tendo uma

população de 124.690 habitantes e uma densidade demográfica de 1.037,35 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2000).

Parnamirim é o município que apresenta as maiores taxas de crescimento geométrico médio de população do estado com um valor de 7,90% entre os anos de 1991 e 2000, saindo de 62.870 em 1991 para 124.690 habitantes em 2000. Desta forma, percebe-se que o dinamismo demográfico do município, expresso por essa elevada taxa, consiste em um grande desafio

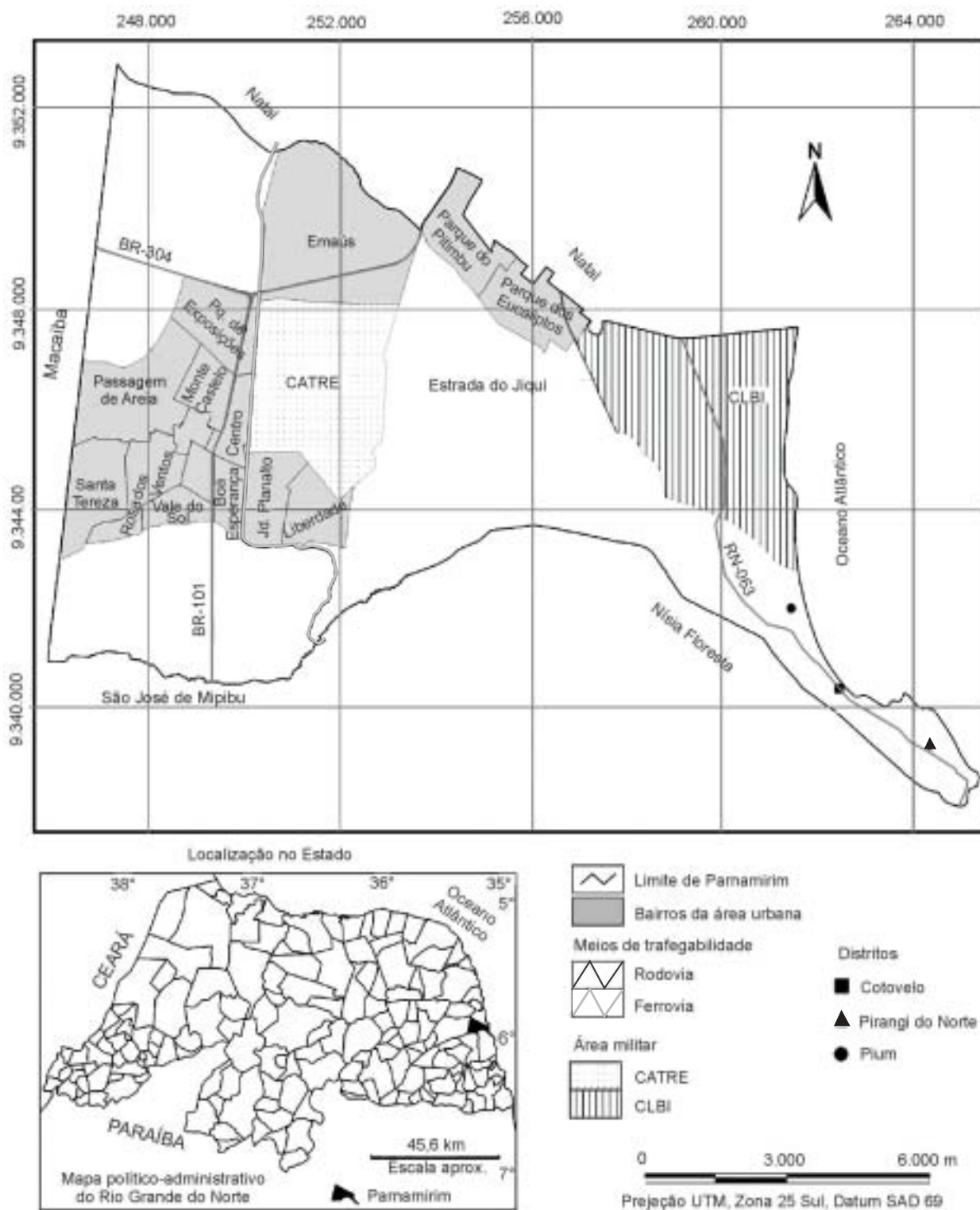


FIGURA 1. Localização da área de estudo.

quanto à provisão de infra-estrutura e serviços urbanos, bem como de conservação ambiental e qualidade de vida da população local.

Este estudo teve por objetivo estudar os aspectos referentes ao meio físico do município e elaborar um Sistema de Informações Geográficas (SIG), gerando um inventário digital que permite visualizar um banco

de dados focado nos recursos naturais de Parnamirim, de modo que se possa realizar consultas e apresentar dados geográficos sobre o meio físico de diversas formas e aspectos.

Assim, 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 os subsídios mínimos necessários à compreensão geral do meio físico e à confecção de mapas temáticos. Estes são os mapas geológico, geomorfológico, hidrográfico, de vegetação e de solos, no formato vetorial.

A partir do SIG elaborado foi possível, mediante cruzamento dos mapas temáticos, gerar o mapa de vulnerabilidade à ocupação humana do Município de

Parnamirim. Ele indica as áreas mais vulneráveis ao adensamento populacional, devido às restrições ambientais ligadas a geologia, geomorfologia, solos e vegetação, e, desse modo, é uma ferramenta que fornece informações dos aspectos físicos necessárias para o planejamento de políticas voltadas para uma ocupação ordenada, ao desenvolvimento local e à melhora da qualidade de vida da população local.

## MATERIAL, MÉTODOS E TÉCNICAS

Para a elaboração dos mapas temáticos, os quais compõem o SIG, foi realizada inicialmente uma pesquisa bibliográfica para aquisição de material cartográfico, obtendo-se mapas relacionados à geologia, geomorfologia, solos, hidrografia e vegetação da área de estudo. Também foi obtido o mapa municipal estatístico que contém a descrição do limite municipal de Parnamirim, elaborado pelo IBGE (2001). Os materiais cartográficos pesquisados foram:

- Carta topográfica Folha SB-25-V-C-V – Natal, na escala 1:100.000, projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum Córrego Alegre, cobertura aérea em 1969, etapas de campo em 1970 e impressão em 1983, elaborada em parceria entre a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e o Departamento de Engenharia e Comunicações do Exército.
- Mapa Municipal Estatístico, contendo a descrição do limite do Município de Parnamirim, na escala 1:100.000, projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum SAD 69, elaborado pelo IBGE entre os anos de 1998 e 2000, e impresso em 2001.
- Carta de Solos da Grande Natal, escala 1:100.000, elaborada por Nunes (2000).
- Mapa Geológico Preliminar da Costa Leste do RN/PB, na escala 1:100.000, projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum Córrego Alegre, elaborado por Bezerra e Amaro (1994).
- Carta Fisiográfica da Grande Natal, escala 1:100.000, elaborada por Nunes (2000).
- Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte, na escala 1:500.000, em projeção policônica, elaborado por DNPM (1998).
- Mapas de solos, geomorfológico, vegetação, geológico e uso potencial da terra do Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1981), Folhas SB.24/25 – Jaguaribe/Natal, na escala 1:1.000.000, em projeção cônica conforme de Lambert, em meio analógico, ano de 1981.

Após a aquisição, o material cartográfico foi digitalizado e posteriormente georreferenciado preservando

a projeção, sistema de coordenadas e datum informados nos mapas, quando em meio analógico.

As imagens de satélite utilizadas foram cedidas pelo Laboratório de Geomática do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geociências da UFRN, sendo utilizado um conjunto de oito imagens orbitais do satélite IKONOS II (Figura 2), cobrindo toda a área de estudo, cada imagem com quatro bandas multi-espectrais com resolução espacial de 1 metro, após fusão com a banda pancromática. As imagens IKONOS II são datadas de Janeiro de 2003, possuindo projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum WGS 84.

Dado que os mapas georreferenciados, assim como as imagens de satélite, possuíam diferentes sistemas de projeção, como também diferentes sistemas de coordenadas e data, houve a necessidade de converter os mapas para um único sistema de projeção e coordenadas, além de um mesmo datum. O sistema de projeção e coordenadas adotado foi o UTM, Zona 25 Sul, datum SAD 69.

As imagens IKONOS II foram tratadas utilizando técnicas de processamento digital de imagens, melhorando a qualidade visual para a extração de informações no intuito de se elaborar os mapas de vegetação e hidrografia da área na escala 1:10.000, assim como atualizações necessárias nos outros mapas temáticos gerados.

Para tanto, foram empregadas técnicas de realce por contraste, métodos de índices, razão entre bandas e composições coloridas.

Os dados de satélite podem conter um contraste espectral de baixa qualidade visual; deste modo, o realce de imagem consiste no conjunto de procedimentos aplicado para melhorar a qualidade visual dos mesmos (Grigio, 2003). A escolha do tipo de realce a ser aplicado, tais como realce linear, mínimo-máximo, gaussiano, de decorrelação, entre outros, é em geral subjetiva. Entretanto, um exame prévio do histograma da imagem é útil na escolha do melhor contraste. O histograma de uma imagem descreve a distribuição estatística dos níveis de cinza em termos do número de pixels em cada nível na imagem.



**FIGURA 2.** Parte da imagem IKONOS II, banda 1, área do Município de Parnamirim.

As técnicas de razão entre bandas e métodos de índice, são as operações aritméticas comuns em processamento de imagens e são utilizadas para realçar a diferença de resposta espectral de alvos em diferentes bandas (Guia do Envi, 2003). Um índice utilizado neste trabalho foi o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

A composição colorida consiste na combinação de três bandas espectrais no sistema de cores primárias aditivas (Red-Green-Blue), visando à obtenção de variações nas respostas espectrais dos materiais presentes na superfície em estudo, sendo as mesmas evidenciadas por diferenças e contraste entre suas cores e suas combinações. As principais composições utilizadas foram a R3-G2-B1, R4-G3-B2 e R4-G2-B1.

Realizaram-se, ainda, trabalhos de campo, em que foram feitos levantamentos para identificação, descrição e documentação dos problemas existentes na área do município, coleta de fotografias e coordenadas UTM de pontos registrados através de GPS

(Modelo Garmin E-TREX), com o intuito de auxiliar no processo de interpretação das imagens, procurando identificar feições não compreendidas nas imagens IKONOS II, tais como diferenças entre tipos de vegetação, entre outras feições. As referidas coordenadas (ajustadas para a projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum SAD 69) obtidas por GPS foram posteriormente descarregadas no programa TrackMaker Professional 3.4 e exportadas no formato *shape file* (\*.shp) para o programa Arc View GIS 3.2, sendo em seguida plotadas (dentro do ambiente do programa Arc View GIS 3.2) sobre as imagens IKONOS II, o que ajudou consideravelmente no processo de interpretação das imagens e, conseqüentemente, na elaboração dos mapas temáticos.

A alimentação dos dados em ambiente SIG iniciou-se após a conversão do material cartográfico e das imagens de satélite para o sistema de projeção UTM, Zona 25 Sul, datum SAD 69. Esses dados foram inseridos no programa Arc View GIS 3.2, onde se

realizou o processo de vetorização via tela, com o intuito de se obter uma base vetorial digital de dados e posterior criação dos mapas temáticos, os quais vieram a compor o SIG.

Depois de elaborados os mapas temáticos de geologia, geomorfologia, solos e vegetação, os mesmos foram utilizados na geração do mapa de vulnerabilidade de Parnamirim, o qual visou identificar quais são as áreas do município mais vulneráveis à ocupação humana.

Para a elaboração do citado mapa de vulnerabilidade, foi utilizado o método multicriterial. Araújo et al. (1999) citam que, no método multicriterial, cada classe dos mapas temáticos entra no processo, recebendo um peso, assim como os próprios mapas temáticos. Esses pesos são definidos em uma tabela de atributos para cada mapa. Cada mapa temático é associado com uma lista de pesos, um por classe do mapa. A tabela de atributos pode ser modificada a qualquer tempo, bastando que depois de cada modificação o modelo seja executado novamente.

O método multicriterial é de uso bastante difundido em aplicações utilizando SIG. Guerra & Zuquette (1999) elaboraram uma carta de predisposição à erosão na área do Projeto Industrial e Portuário de Suape, localizado na porção central do litoral Pernambucano. Para confecção desta carta foram analisados, processados e interpretados produtos cartográficos que caracterizassem o meio físico da área estudada (mapa geológico, pedológico, fitológico e carta de declividade), utilizando para tanto o método multicriterial implementado em um SIG. Bertagna & Riedel (1999) utilizaram o método multicriterial na geração de uma carta de susceptibilidade ao escorregamento para a média-baixa bacia do Rio Perequê, município de Cubatão (SP). Tagliani (2002) realizou um trabalho em que emprega o método multicriterial para avaliação da vulnerabilidade ambiental de uma região do Estado do Rio Grande do Sul, através da utilização do SIG IDRISI 32. Após a definição dos critérios e fatores de vulnerabilidade ambiental, foram aplicadas rotinas de apoio à decisão disponível no sistema de informação geográfica. Araújo et al. (1999) utilizaram recursos de SIG para analisar, manipular e produzir dados e informações geológico-geotécnicas, que se apliquem ao estudo de áreas para disposição de resíduos sólidos no Município de Americana (SP). Foi aplicado o método multicriterial a mapas temáticos que refletem as características do meio físico considerados relevantes.

O mapa de vulnerabilidade à ocupação humana de Parnamirim foi elaborado tendo como base metodológica os trabalhos realizados por Grigio (2003) e Nóbrega (2003), os quais realizaram estudos semelhantes em municípios litorâneos do Estado do Rio

Grande do Norte. Assim, depois de reunidos os mapas georreferenciados, no formato vetorial, foram realizados os cruzamentos entre os mesmos. Inicialmente atribuiu-se pesos a cada classe temática discriminada nos mapas, utilizando o método multicriterial. Desta forma, cada classe temática presente nos mapas recebeu valores numéricos, sendo estes valores numéricos distribuídos entre um intervalo de 1,0 a 3,0. Para a atribuição dos valores de cada classe temática, fez-se necessário estabelecer alguns critérios para definição de qual nota cada classe receberia, que foram:

- Geologia: para este tema foi avaliada a gênese e granulometria do material, composição de matriz, grau de consolidação e espessura da rocha ou sedimento.
- Geomorfologia: os pesos para este tema foram definidos a partir da análise da morfologia do terreno, que se subdivide em morfografia, aspectos descritivos do terreno, como sua aparência, e em morfometria, aspectos quantitativos do relevo como altitude, declividade e intensidade de dissecação pela drenagem.
- Solos: a resistência do solo aos processos antrópicos modificadores do ambiente é consequência do tipo de solo e suas características físico-hídricas, tais como textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, profundidade e pedregosidade.
- Cobertura vegetal: as áreas com maiores concentrações de cobertura vegetal são mais vulneráveis a sofrer um processo de ocupação humana do que aquelas com menos densidade de vegetação. Isso se deve à maior fragilidade das áreas com vegetação fechada diante dos impactos resultantes das ações antrópicas, ao contrário do que acontece com as áreas de vegetação aberta que apresentam uma menor vulnerabilidade.

Os pesos de vulnerabilidade à ocupação humana estipulados para cada classe foram distribuídos em um intervalo de 1,0 a 3,0 (Tabela 1), com espaçamento de 0,5. Desta forma, atribuiu-se o valor 1,0 para as classes temáticas com baixa vulnerabilidade à ocupação humana; 2,0 para as classes com grau de vulnerabilidade mediano e 3,0 para as classes temáticas consideradas mais frágeis à ocupação humana, como, por exemplo, a vegetação fechada (no mapa de vegetação) e as dunas móveis (no mapa de geomorfologia). A Tabela 1 apresenta os pesos de vulnerabilidade das classes temáticas dos mapas de geologia, geomorfologia, vegetação e solos do Município de Parnamirim.

Conforme citou Tagliani (2002), a atribuição de pesos a classes temáticas dos mapas envolve critérios subjetivos, baseados na percepção do ecossistema e nas informações disponíveis ou coletadas para este fim. Entretanto, o SIG possui a capacidade de atualização

**TABELA 1.** Pesos de vulnerabilidade das classes dos mapas temáticos do Município de Parnamirim.

MAPA TEMÁTICO / CLASSE	GRAU DE VULNERABILIDADE
<b>GEOLOGIA</b>	
Grupo Barreiras	2,0
Paleocascalheiras	2,0
Dunas fixas	2,0
Depósitos aluvionares	2,5
Depósitos de areias	3,0
Depósitos de mangue	3,0
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	
Tabuleiro Costeiro	1,0
Dunas móveis	3,0
Dunas fixas	2,0
Dunas longitudinais arrasadas	2,0
Planície fluvial	2,5
Faixa de praia	3,0
<b>SOLOS</b>	
Latossolo Vermelho Amarelo	1,5
Argissolo Vermelho Amarelo	1,5
Necossolo Quartzarênico	2,5
Gleissolo Háplico	2,0
Gleissolo Salico	3,0
<b>VEGETAÇÃO</b>	
Vegetação de mangue	3,0
Vegetação de mangue degradada	1,5
Mata de restinga aberta	2,0
Mata de restinga fechada	3,0
Mata de restinga degradada	1,5
Mata de restinga degradada / veg. rasteira	1,5
Mata Subcaducifólia Aberta	2,0
Mata Subcaducifólia Fechada	3,0
Mata Subcaducifólia Degradada	1,5
Mata Subcaducifólia Degradada / Veg. Rasteira	1,5
Vegetação rasteira	1,5
Cajueiro de Pirangi	3,0
Áreas agrícolas	1,5
Campos dunares	1,5
Áreas sem vegetação	1,0

de dados, podendo-se, assim, ter uma reavaliação dos pesos atribuídos por uma equipe técnica multidisciplinar, chegando-se a um consenso e à tomada de decisão.

Utilizando a extensão *Geoprocessing Wizard* do programa Arc View GIS 3.2, foi realizado o cruzamento das entidades gráficas (vetores) e não gráficas (atributos) dos mapas. A citada extensão permite o cruzamento de dois mapas e, desta forma, foi realizado inicialmente o cruzamento dos mapas de geomorfologia e geologia, chamado de Mapa 1, posteriormente entre os mapas de vegetação e solos, correspondendo ao Mapa 2. Na seqüência foram cruzados os Mapas 1 e 2 resultando em um terceiro mapa (Mapa 3). Como se inseriu os pesos de vulnerabilidade de cada classe dos mapas temáticos na tabela de atributos, ao final da união dos quatro mapas dispunham-se dos pesos de vulnerabilidade dos mapas de geologia, geomorfologia, solos e vegetação em apenas um mapa, no caso o Mapa 3. Desta forma, pode-se calcular a média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada classe, gerando o mapa de vulnerabilidade à ocupação humana do Município de Parnamirim.

O resultado da média aritmética foi distribuído em cinco classes de vulnerabilidade, as quais caracterizam maior ou menor vulnerabilidade ao adensamento populacional levando em consideração os fatores do meio físico relacionados à geologia, geomorfologia, vegetação e solos. As classes de vulnerabilidade à ocupação humana foram as seguintes: Muito Baixa (de 1,0 a 1,3); Baixa (de 1,4 a 1,7); Média (de 1,8 a 2,2); Alta (de 2,3 a 2,5) e Muito Alta (maior ou igual a 2,6).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre os aspectos físicos relativos ao Município de Parnamirim, foram avaliadas as principais características do clima, hidrografia, vegetação, geologia, geomorfologia e solos, tendo em vista a importância das mesmas para a elaboração do mapa de vulnerabilidade à ocupação humana, o qual permite orientar a ocupação ordenada e o processo de desenvolvimento sustentável.

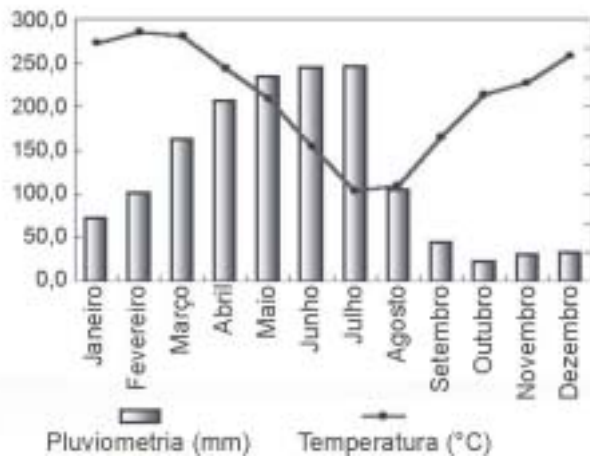
### CLIMA

Á área do Município de Parnamirim apresenta clima quente e úmido, segundo a classificação internacional de Köppen do tipo As' (Tropical Chuvoso), fato observado predominantemente no litoral leste do Rio Grande do Norte. Este tipo de clima caracteriza-se por apresentar um elevado nível de disparidade espacial e temporal no seu regime pluviométrico, característico do tipo climático As', resultando em períodos com excesso de precipitação, constando

também, períodos com altos índices de déficit. Na área estudada, os índices médios anuais pluviométricos variam em torno de 1.650 mm. O período de maior incidência de chuvas compreende os meses de fevereiro a julho, com uma temperatura média anual de 27,1°C e umidade relativa média anual em torno de 79%, de acordo com dados do IDEMA (1999).

A Figura 3 exibe a temperatura média (linha) e a pluviometria média (coluna) do município segundo meses, onde se percebe que os maiores índices de pluviometria ocorreram no período de março a julho com valores mensais superiores à 160 mm, enquanto que, em relação à temperatura média, foi verificado valor superior a 27°C no período de dezembro a abril.

Os ventos predominantes no município são os alísios com direção SE-NW, responsáveis pela estação chuvosa de março a julho, seguido dos ventos sul que proporcionam os meses estivais, compostos pelo período de setembro a dezembro (Nunes, 2000).



**FIGURA 3.** Valores mensais de pluviosidade e temperatura média de Parnamirim, 1990 a 2000. Fonte dos dados básicos: Estação Climatológica do Centro Aéreo de Treinamento (CATRE, 2001).

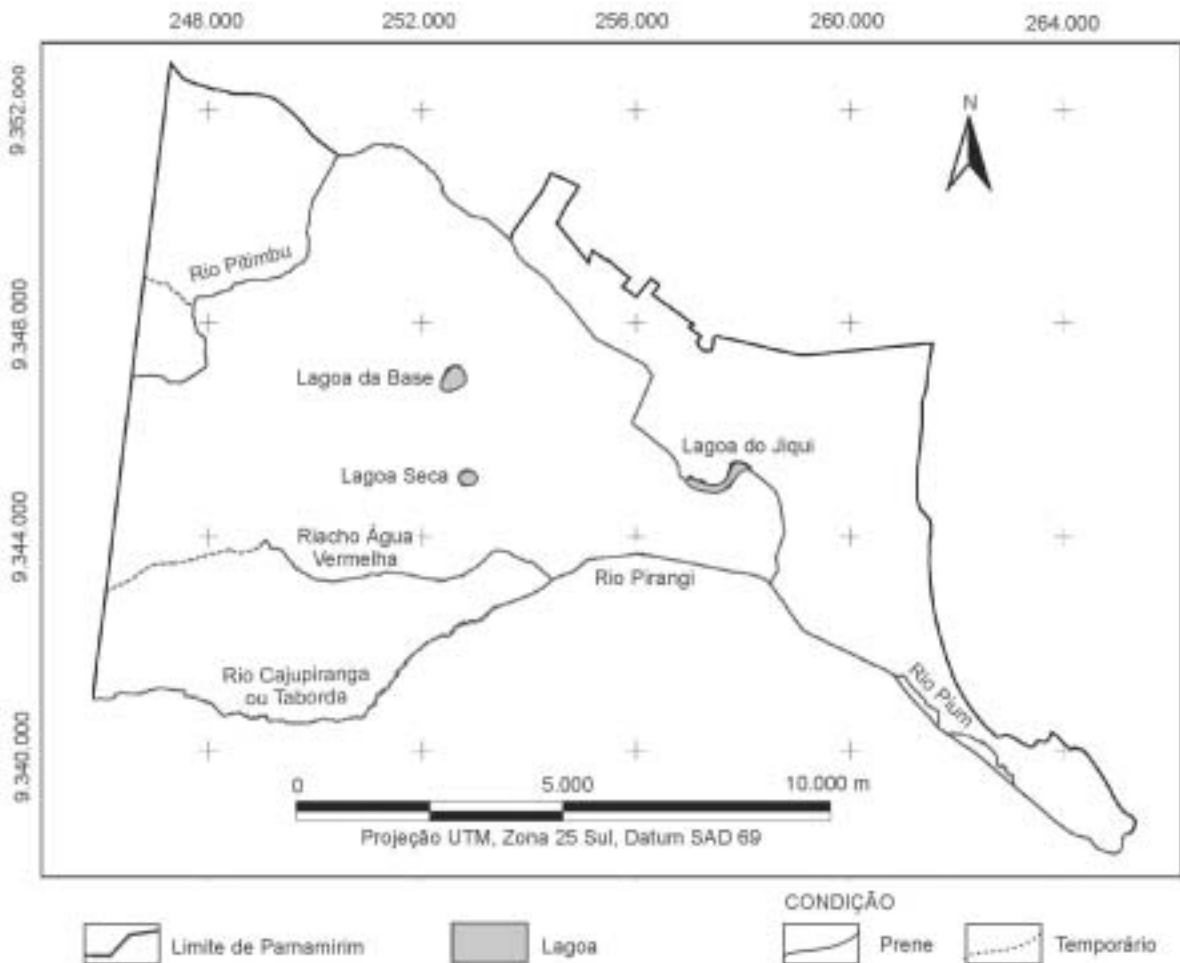
### HIDROGRAFIA

A rede hidrográfica do município de Parnamirim possui como rios principais o Pitimbu, Cajupiranga ou

Taborda e Pirangi ou Pium, além do Riacho Água Vermelha. Parnamirim conta ainda com as lagoas do Jiqui e da Base, além de outras menores. A Lagoa do Jiqui é a principal fonte de abastecimento de água da população da zona sul do Município de Natal, sendo responsável atualmente por cerca de 25% do abastecimento de água da capital do estado.

A Figura 4 exhibe o mapa hidrográfico de Parnamirim, o qual apresenta os rios e as principais lagoas existentes no município. Este mapa foi inicialmente elaborado a partir da vetorização dos rios e lagoas existentes na carta topográfica da SUDENE (1983), sendo posteriormente os vetores detalhados e atualizados pela imagem IKONOS II.

O comprimento dos rios (em km), assim como a área das principais lagoas foram calculados, tendo o Rio Pitimbu nos limites de Parnamirim uma extensão de aproximadamente 19 km, o Riacho Água vermelha tem 9,65 km de comprimento, enquanto que o rio Cajupiranga/Piringi/Pium alcança uma extensão próxima à 18 km. A Lagoa do Jiqui tem uma área de 17,71 ha, enquanto as lagoas da Base e Seca possuem aproximadamente 14,08 ha e 6,79 ha, respectivamente.



**FIGURA 4.** Mapa hidrográfico do Município de Parnamirim.

## VEGETAÇÃO

A vegetação encontrada no Município de Parnamirim é caracterizada principalmente pelas seguintes variedades: campos dunares, mata subcaducifólia, mata de restinga e mangues, com outros subtipos, totalizando 17 unidades. A Figura 5 exibe o mapa de vegetação do Município de Parnamirim, o qual foi elaborado a partir da vetorização (via tela) do conjunto de imagens IKONOS II, assim como trabalhos de campo. Foram levados em consideração no processo de vetorização os critérios de fotointerpretação relacionados em seus elementos fundamentais: textura de relevo e drenagem –

que se dispõem na superfície da imagem definindo estruturas e formas –, e matizes de cores, relacionados ao padrão de resposta espectral dos principais alvos da superfície terrestre. Ressalta-se, ainda que, devido à resolução espacial das imagens IKONOS II, que permite mapeamento de detalhe, foi possível identificar nas imagens áreas de agricultura, conjuntos de casas, áreas com vegetação fechada e aberta, solo descoberto etc.

Em relação à fisionomia da vegetação de Restinga e Mata Subcaducifólia, pode-se distinguir dois tipos: Mata de Restinga/Subcaducifólia Fechada e Mata de Restinga/Subcaducifólia Aberta. A Mata de Restinga/

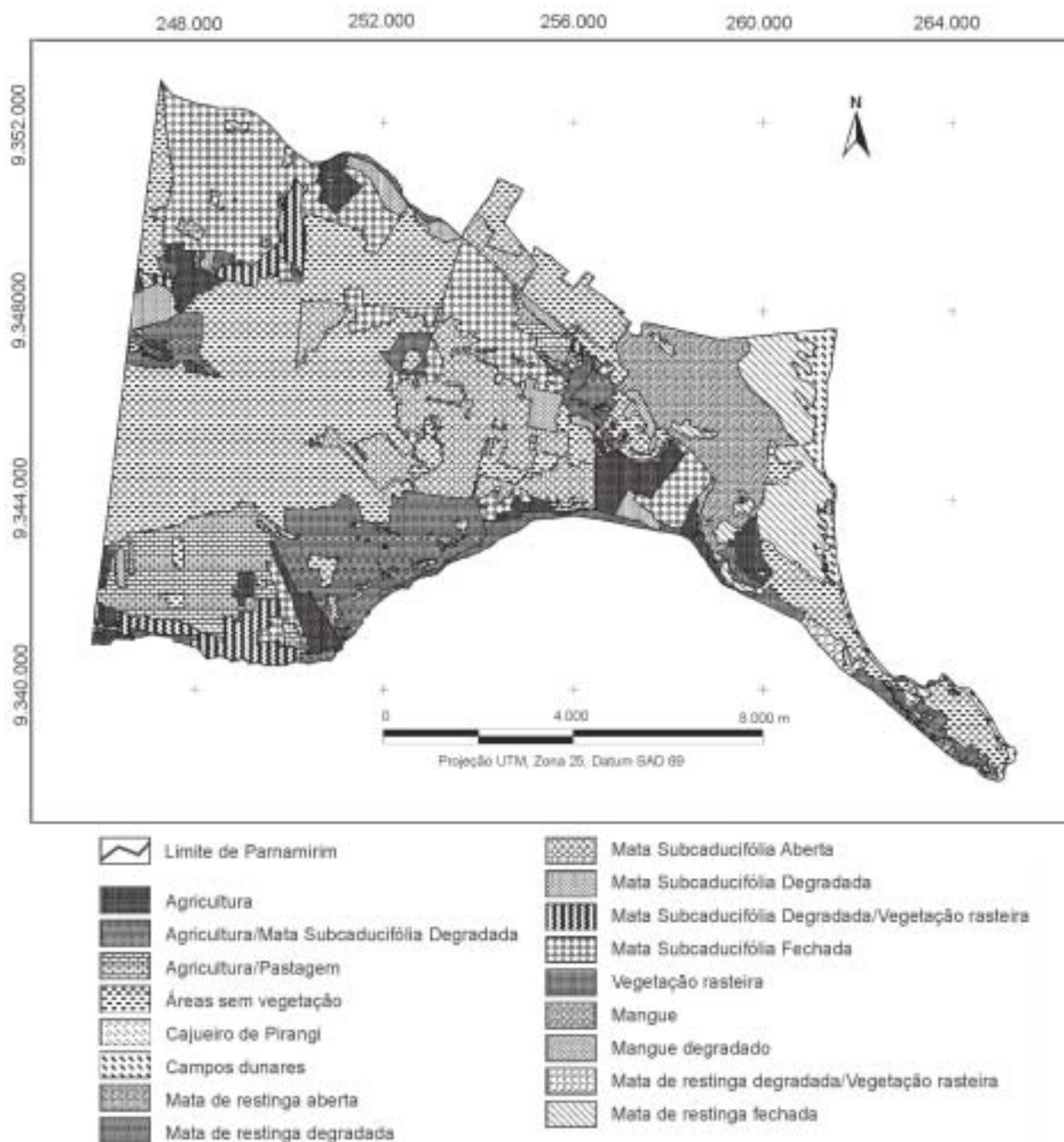


FIGURA 5. Mapa de vegetação do Município de Parnamirim.



Subcaducifólia Fechada representa a vegetação, de restinga ou subcaducifólia, sem áreas descobertas, ou seja, cobrindo toda a área de ocorrência de maneira ininterrupta (compacta) e sem clareiras. A Mata de Restinga/Subcaducifólia Aberta caracteriza a vegetação, de restinga ou subcaducifólia, com as espécies distanciadas entre si, isto é, com clareiras (espaçadas).

Segundo IBGE (1999), a vegetação degradada, de restinga, subcaducifólia ou de mangue, refere-se ao processo gradual de alteração vegetativa do ambiente resultante de atividades humanas, que podem causar desequilíbrio e destruição, parcial ou total, dos ecossistemas.

No caso de associações de tipos de vegetação, a classe de vegetação colocada em primeiro lugar na legenda representa o tipo mais representativo. Para determinar o critério de associação de classes de vegetação utilizou-se a metodologia do IBGE (1999), segundo a qual as associações de tipos de vegetação são empregadas quando diversos tipos são encontrados muito próximos uns dos outros em áreas limitadas para serem reconhecidos separadamente. Quando mais de 80% de uma área é ocupada por só uma classe de vegetação, está será mapeada como unidade simples. Se não existe uma classe dominante e duas classes diferentes de vegetação atingem 80% ou mais da área, então as duas deverão ser combinadas, e assim sucessivamente.

A Tabela 2 exibe o valor da área em hectares (e em percentual) das classes de vegetação presentes na Figura 5, onde se constata que aproximadamente 35% da extensão de Parnamirim está descoberta de vegetação, devido principalmente ao crescimento urbano que está ocorrendo no município. As áreas utilizadas na agricultura ou em pastagens representam mais de 11% da extensão total de Parnamirim. A vegetação nativa cobre cerca de 35% do município, sendo de 11,82% e 22,34% os percentuais de mata de restinga e subcaducifólia, respectivamente. Preocupa o valor superior a 15% de vegetação degradada, a qual está sendo modificada constantemente pela ação do homem. Outra informação que se pode observar na Figura 5 é que as áreas com vegetação degradada ocorrem em sua maioria nas margens dos rios do município.

## GEOLOGIA

O Município de Parnamirim está inserido principalmente na área de abrangência do Grupo Barreiras, do Terciário Superior, onde predominam argilas, arenitos conglomeráticos, siltitos e arenitos caulínicos, inconsolidados e mal selecionados. Os sedimentos quaternários predominantes na região cobrem o Grupo Barreiras e são representadas pelas paleocascalheiras, dunas (fixas ou móveis), depósitos aluvionares,

**TABELA 2.** Área das classes de vegetação mapeadas em Parnamirim, calculada dentro do ambiente do Arc View GIS 3.2.

Classes de Vegetação	Área (ha)	%
Agricultura	600,7	4,98
Agricultura Pastagem	749,1	6,21
Agricultura/Mata Subcaducifólia Degradada	891,9	7,39
Áreas sem vegetação	4 201,8	34,84
Cajueiro de Pirangi	0,8	0,01
Campos dunares	211,6	1,75
Mangue	17,6	0,15
Mangue degradado	5,6	0,05
Mata de restinga aberta	808,8	6,71
Mata de restinga fechada	616,0	5,11
Mata de restinga degradada	107,0	0,89
Mata de restinga degradada/Veg. rasteira	47,1	0,39
Mata Subcaducifólia Aberta	1 033,8	8,57
Mata Subcaducifólia Fechada	1 661,0	13,77
Mata Subcaducifólia Degradada	402,1	3,33
Mata Subcaducifólia Degradada/Veg. Rasteira	363,3	3,01
Vegetação rasteira	342,5	2,84
<b>Total</b>	<b>12 060,7</b>	<b>100,00</b>

depósitos de arenitos de praia (*beach rocks*), depósito de mangues e sedimentos de praia.

O mapa geológico da área em estudo, na escala 1:100.000, é apresentado na Figura 6, o qual foi elaborado tendo como base cartográfica principal o trabalho desenvolvido por Bezerra & Amaro (1994), o mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte (DNPM, 1998) e as imagens IKONOS II, assim como trabalhos de campo. Este mapa pode auxiliar no processo de seleção dos locais em que o solo oferece condições mais favoráveis e seguras para sofrer o processo de ocupação, tais como as regiões compreendidas pelas paleocascalheiras e o Grupo Barreiras. Outras áreas são mais frágeis ambientalmente para sofrer o processo de ocupação humana, tais como os depósitos de mangue e os depósitos de praias, este último pelo risco de contaminação do aquífero.

Quanto à litoestatigrafia e ambiente de deposição, o DNPM (1998) caracteriza os depósitos de praias como areias finas, com níveis de cascalho, associadas às praias atuais e dunas móveis, arenitos e *beach* conglomerados com cimento carbonático, definindo cordões de *beach rocks*. Os depósitos aluvionares são compostos por areias e cascalhos, com intercalações pelíticas, associados aos sistemas fluviais atuais. Os depósitos de Mangue são definidos como pelitos arenosos, carbonosos ou carbonáticos. As paleodunas possuem areias bem selecionadas, amareladas, inconsolidadas ou parcialmente consolidadas. Em relação às paleocascalheiras, as mesmas constituem paraconglomerados com seixos de quartzo, sílex e fragmentos líticos, matriz areno-argilosa avermelhada. Por sua vez, o Grupo Barreiras é composto de arenitos finos a médios, conglomeráticos de siltitos e argilitos, predominantemente associados a sistemas fluviais.

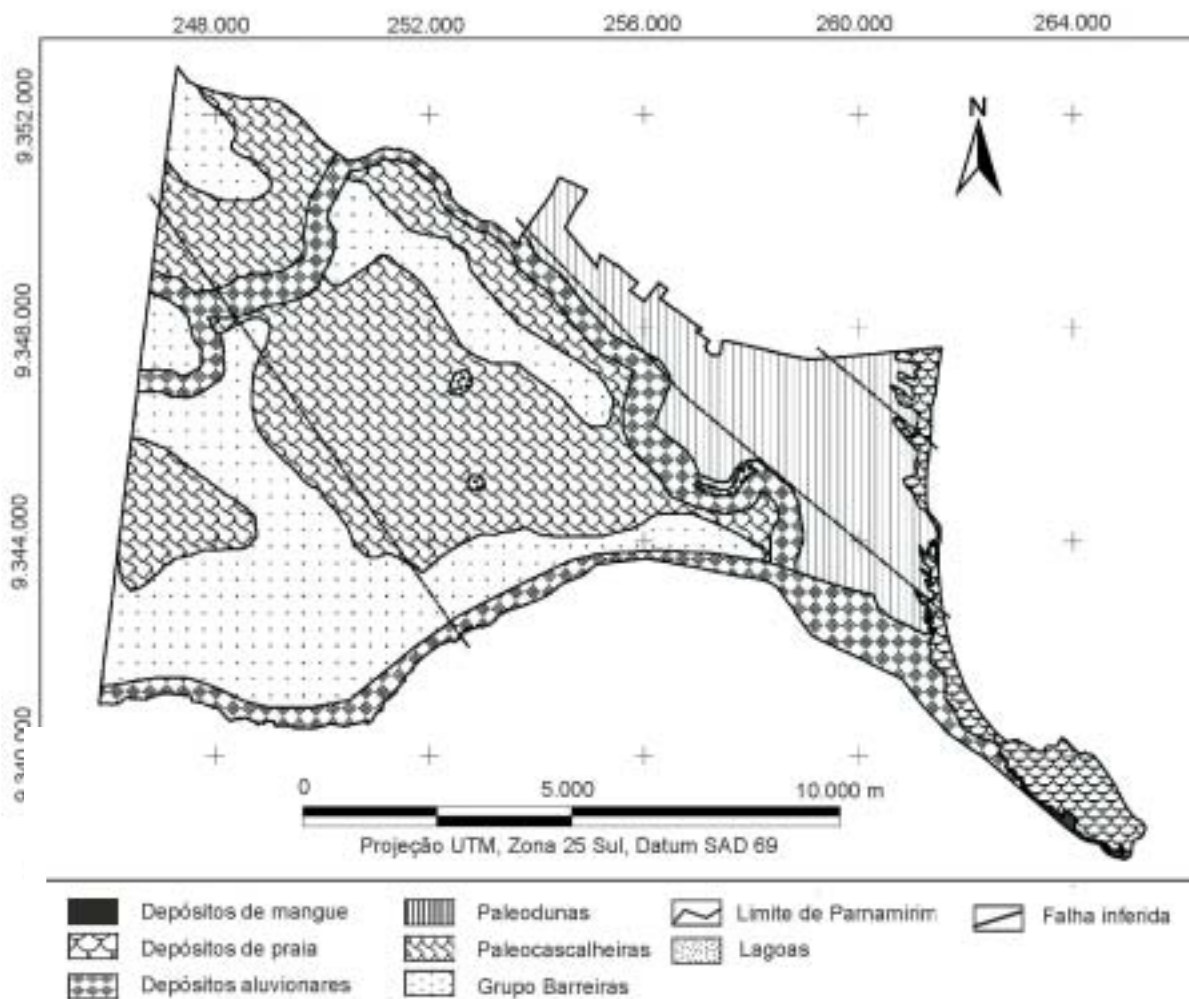


FIGURA 6. Mapa geológico do Município de Parnamirim.

A maior parte do município é compreendida pelas paleocascalheiras com cerca de 4.204,4 ha (34,9%), seguida do Grupo Barreiras (29,5%), paleodunas (16,0%), depósitos aluvionares (14,7%), depósitos de praia (4,4%) e depósitos de mangue (0,2%) com, respectivamente, 3.565,8 ha, 1.930,6 ha, 1.770,7 ha, 527,1 ha e 23,5 ha. A área das lagoas corresponde a 38,6 ha ou 0,3% da extensão do Município de Parnamirim.

### GEOMORFOLOGIA

Os aspectos geomorfológicos do Município de Parnamirim são caracterizados por um relevo de altitudes baixas, geralmente inferiores a 100 metros, com áreas planas predominantes ao longo de toda a sede municipal, com pouca ocorrência de declividades, as quais são observadas nas áreas praianas e em algumas áreas rurais, nas proximidades dos vales dos principais rios.

A Figura 7 apresenta o mapa Geomorfológico de Parnamirim na escala 1:100.000, que foi elaborado

tendo como fonte a carta fisiográfica da Grande Natal (Nunes, 2000) e o mapeamento geomorfológico do RADAMBRASIL (Brasil, 1981). Originalmente em formato analógico, os referidos mapas foram submetidos aos processos de digitalização, georreferenciamento e vetorização. Utilizaram-se também as imagens IKONOS II para realização de adaptações que se julgaram necessárias. Foram mapeadas 7 unidades geomorfológicas, mais precisamente: dunas longitudinais arrasadas com uma área de 1.710 ha ou 14,2%, dunas móveis (165,8 ha ou 1,4%), dunas fixas (515,2 ha ou 4,3%), faixa de praia (45,8 ha ou 0,4%), tabuleiro costeiro (7.010 ha ou 58,1%), planícies fluviais (2.573,8 ha ou 21,3%) e lagoas naturais (38,6 ha ou 0,3%).

A elaboração deste mapa torna-se importante, pois através dele pode-se saber qual a diretriz específica que deve ser tomada para a ocupação planejada sobre cada unidade geomorfológica existente no Município de Parnamirim, dependendo evidentemente do seu grau de suscetibilidade aos processos naturais e aos processos antrópicos, evitando que as mesmas sofram ações

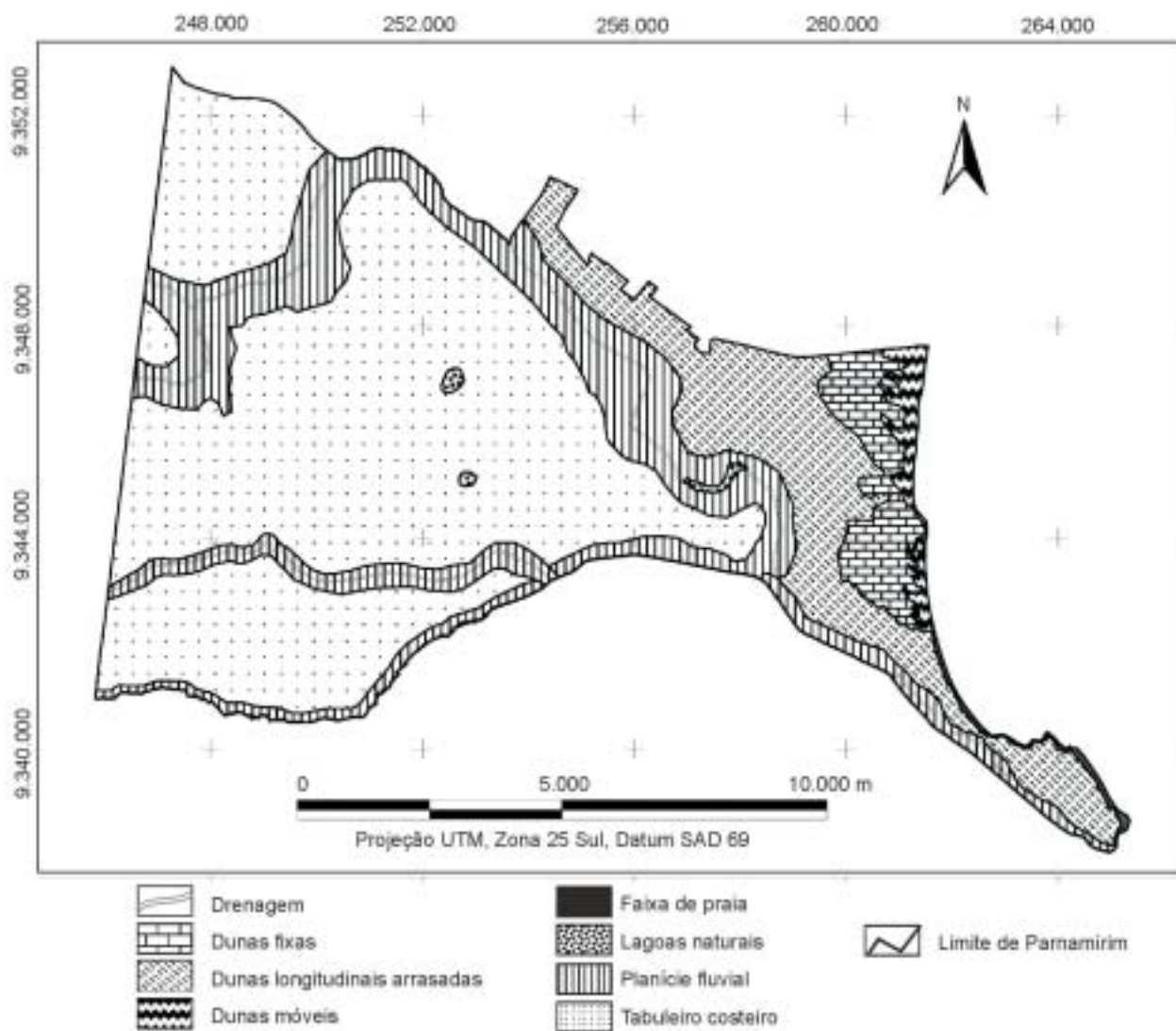


FIGURA 7. Mapa geomorfológico do Município de Parnamirim.

de erosão e assoreamentos, estes últimos comuns em regiões de rios e lagoas.

### SOLOS

O solo pode ser considerado resultado da adaptação das rochas às condições de equilíbrio do meio em que se encontram expostas, geralmente diferentes daquele que condicionou sua gênese (EMBRAPA, 1999). O mapa de solos de Parnamirim foi elaborado na escala 1:100.000 (Figura 8), a partir da carta de cobertura de Alteração Intempérica da Grande Natal na escala 1:100.000 (Nunes, 2000), utilizando-se também das imagens IKONOS II e de trabalhos de campo para realização dos ajustes que se julgou necessários.

No Município de Parnamirim foram identificadas cinco classes de solos. A classe de solo com maior ocorrência é a dos Latossolos Vermelho Amarelo com uma área de 7.010,6 ha ou 58,1% da extensão total do

município, seguido dos Neossolos Quartzarênicos (2.465,8 ha ou 20,4%), Argissolos Vermelho-Amarelo (2.353,6 ha ou 19,5%), Gleissolos Háplicos (168,6 ha ou 1,5%) e Gleissolos Sálícos (23,5 ha ou 0,2%).

A identificação e distribuição geográfica dos solos fornecem importantes elementos para estabelecer a aptidão agrícola das áreas do município e para orientar as obras de engenharia civil, a escolha de locais para disposição de rejeitos industriais e urbanos, sólidos e líquidos, e os trabalhos de controle a erosão.

### DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE À OCUPAÇÃO HUMANA

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade à ocupação humana do Município de Parnamirim utilizou-se dos mapas georreferenciados no formato vetorial de unidades de vegetação, geologia, geomorfologia e solos. Através do cruzamento destes mapas, procurou-se identificar as áreas mais frágeis à ocupação humana,

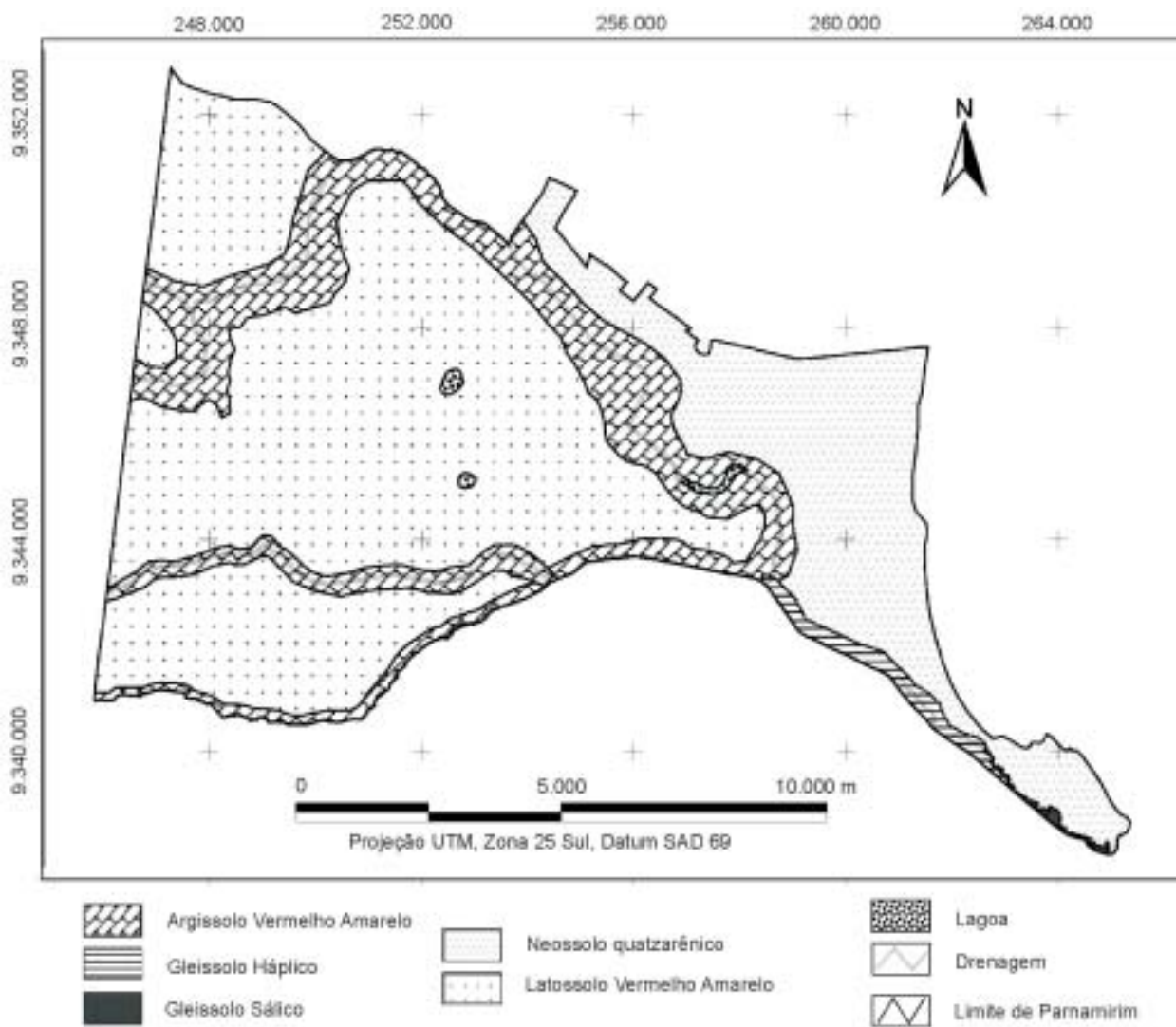


FIGURA 8. Mapa de solos do Município de Parnamirim.

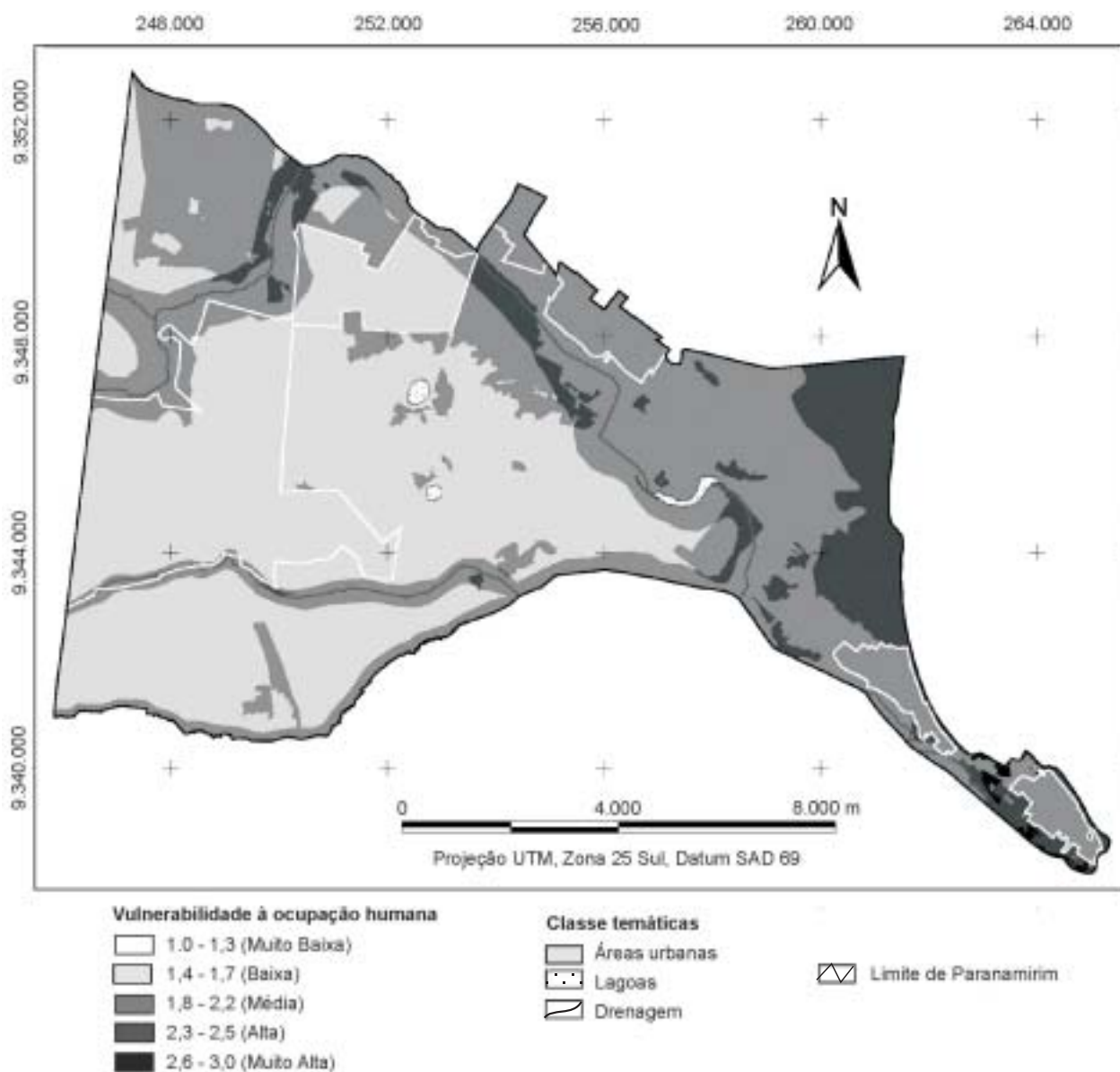
levando em conta suas restrições naturais relacionadas à geologia, geomorfologia, vegetação e solos. Assim, procura-se com o auxílio deste mapa, uma melhor orientação no uso e ocupação do solo do município frente ao crescente processo de urbanização que atualmente vem ocorrendo.

Segundo Grigio (2003), para se operacionalizar o uso e ocupação do solo de uma região é necessário o conhecimento da forma como o ambiente reage a pressões antrópicas impostas, assim como o grau de suporte a essas pressões. De acordo com Tagliani (2002), o conceito de vulnerabilidade significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Para Grigio (2003), o sentido dado ao termo susceptibilidade se refere à tendência (ser passível) de receber impressões, modificações ou adquirir qualidades diferentes das que já possuía.

O mapa de vulnerabilidade à ocupação humana é apresentado na Figura 9, na escala 1:100.000, mos-

trando a distribuição espacial das categorias de vulnerabilidade no Município de Parnamirim. Na Tabela 3 são indicadas as áreas correspondentes das classes de vulnerabilidade, em hectare (ha) e em percentual. A maior parte do município, de acordo com os critérios adotados, possui classificação, quanto à vulnerabilidade, Baixa (47,3%), seguida da classificação Média (41,8%), Alta (10,6%) e Muito Alta (0,3%).

Observando a Tabela 3, constata-se a inexistência da classe de vulnerabilidade Muita Baixa. A categoria de Vulnerabilidade Baixa ocorre principalmente nas áreas descobertas de vegetação (cidade e área militar), as quais estão localizadas sobre o tabuleiro costeiro, possuindo solos do tipo latossolo e geologicamente inseridas no Grupo Barreiras. Como se atribuiu pesos baixos para as áreas já ocupadas por contingente populacional (no mapa de vegetação), era de se esperar que as classes referentes às cidades possuíssem vulnerabilidade baixa à ocupação humana, por se tratar de locais com adensamento populacional já consolidado,



**FIGURA 9.** Mapa de vulnerabilidade à ocupação humana do Município de Parnamirim.

**TABELA 3.** Vulnerabilidade a ocupação humana, em hectare e percentual, do Município de Parnamirim.

Vulnerabilidade	Área (ha)	%
Muito Baixa	0,0	0,0
Baixa	5.700,6	47,3
Média	5.042,3	41,8
Alta	1.281,2	10,6
Muito Alta	36,6	0,3
<b>Total</b>	<b>12.060,7</b>	<b>100,00</b>

sendo, portanto áreas indicadas para expansão urbana.

Para as áreas de vulnerabilidade Alta ou Muito Alta, estão distribuídas em algumas áreas próximas ao Rio Pitimbu, onde ocorre a presença da mata Subcaducifólia Fechada, inserida no compartimento geomorfológico das

planícies fluviais. Outra área onde se tem a presença de vulnerabilidade Alta ou Muito Alta, é a parte litorânea do município, onde aparecem dunas móveis ou fixas, manguezais e matas de restinga fechada, sendo muito vulnerável à ocupação humana, aconselhando-se a sua conservação no intuito de preservar o equilíbrio do meio ambiente, principalmente as áreas de dunas e manguezais, estas protegidas por lei.

Dessa maneira, espera-se ter gerado subsídios para um adensamento urbano mais racional, através do mapa apresentado na Figura 9, que indica as áreas mais favoráveis e as mais frágeis a sofrer um processo de ocupação urbana, no intuito de se evitar uma ocupação do solo de forma desordenada, o que pode levar ao desequilíbrio ambiental, resultando na maioria das vezes em impactos provocados pela ação do homem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento horizontal e populacional das cidades tem sido em muitos casos inevitável, trazendo conseqüências que vão desde a má qualidade das moradias, geração de demanda por empregos e serviços tais como água, saneamento, saúde, educação, comunicações, transporte, energia etc. até a ameaça a frágeis, mas importantes ecossistemas, como os manguezais. Os problemas ambientais verificados no município de Parnamirim são quase sempre frutos de uma expansão urbana sem planejamento, alterando, desta forma, a paisagem natural.

Em face deste crescimento acelerado, diversos impactos ambientais puderam ser observados em Parnamirim, tais como desmatamento da vegetação nativa para ocupação desordenada de loteamentos, deposição de lixo urbano em locais impróprios, contaminação do aquífero, exploração de areias para construção civil, contaminação orgânica dos rios e riachos do município, entre outros, afetando, inclusive, as áreas de preservação permanente do município.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) elaborado é passível de consultas, cruzamentos, entre outras ações voltadas para a obtenção da informação e posterior tomada de decisão.

Foi verificado no mapa de vulnerabilidade, elaborado através do cruzamento dos mapas de geologia, geomorfologia, solos e vegetação, que os locais próximos no litoral do município possuem vulnerabilidade alta

à ocupação humana por serem compostos de campos de dunas, vegetação de restinga e de mangue. 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. Ressalta-se que as áreas de dunas e mangues são protegidas por lei, sendo aconselhado à preservação das mesmas.

O objetivo deste mapa foi contribuir para a ocupação ordenada de áreas ainda passíveis de planejamento, de ocupação rarefeita. Não se trata de orientar e acompanhar o crescimento paulatino e buscar melhorias para áreas já urbanizadas, cuja ocupação apresenta caráter de continuidade. Procurou-se identificar as áreas mais vulneráveis para sofrer um processo de adensamento populacional devido às restrições ambientais ligadas a geologia, geomorfologia, solos e vegetação, podendo acarretar conseqüências severos impactos ao meio ambiente.

Espera-se que os resultados e informações apresentados ao longo deste trabalho possam ser utilizados pelas autoridades competentes para planejar a ocupação mais racional do espaço geográfico de Parnamirim, possibilitando, assim, realização de um planejamento estratégico que possa minimizar os danos ou alterações graves ao meio ambiente que o processo de urbanização possa provocar no município, gerando melhora na qualidade de vida da população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, P.C.; RIEDEL, P.S.; BROLLO, M.J.; VEDOVELLO, R. Aplicação do método multicritério em sistemas de informação geográfica na escolha de locais para a disposição de resíduos sólidos no Município de Americana – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 9, 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Artigo 30, CD-ROM.
2. BERTAGNA, S.M.A. & RIEDEL, P.S. Elaboração de carta de susceptibilidade ao escorregamento através de Sistema de Informação Geográfica: média-baixa bacia do Rio Perequê (Serra do Mar – SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 9, 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Artigo 31, CD-ROM.
3. BEZERRA, F.H.R. & AMARO, V.E. **Mapa geológico preliminar da região leste do RN/PB, escala 1:100.000, Ano de 1994.** Natal, 2002. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
4. BRASIL, Ministério das Minas e Energia. **Folhas 24/25 Jaguaribe/Natal. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso do solo.** Rio de Janeiro, Projeto RADAMBRASIL, 1981, p. 353-360 e 489-493.
5. CATRE – COMANDO AÉREO DE TREINAMENTO. **Dados meteorológicos do Comando Aéreo de Treinamento – CATRE.** Parnamirim, Estação Climatológica do CATRE, 2001, 4 p.
6. DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PESQUISA MINERAL. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte, Escala 1:500.000.** Natal: Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1998.
7. EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, 1999, 412 p.
8. GRIGIO, A.M. **Aplicação do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guimarães – RN: simulação de risco às atividades da indústria petrolífera.** Natal, 2003. 232 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG), Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
9. GUERRA, S.M.S. & ZUQUETTE, L.V. **Carta de predisposição à erosão de Suape – PE.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 9, 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Artigo 14, CD-ROM.

10. GUIA DO ENVI. **Guia do software Envi 3.5**. 2003. Disponível em: [http://www.envi.com.br/guidoenvi/index\\_guia.html](http://www.envi.com.br/guidoenvi/index_guia.html). Acessado em 18 de março de 2003.
11. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico de 2000**. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br). Acessado em: 20 de maio de 2002.
12. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro, Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 7, 1999, 58 p.
13. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa municipal estatístico. Descrição dos setores censitários, Escala 1:100.000**. Rio Grande do Norte, 2001. CD-ROM.
14. IDEMA – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Informativo Municipal de Parnamirim**, Natal, 1999, 14 p.
15. NÓBREGA, L.C. **Estudo multitemporal dos aspectos geoambientais na região do Complexo Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairas, Municípios de Ares, Senador Georgino Avelino e Tibau do Sul / RN, com vista à elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental**. Natal, 2003. 115 p. Relatório de Graduação – Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
16. NUNES, E.L. **O meio ambiente da Grande Natal**. Natal, Imagem Gráfica e Editora, 2000, 120 p.
17. SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Folha Natal. Articulação SB-25-V-C-V - Escala 1:100.000**. Recife, Diretoria de Geodésia e Cartografia, Superintendência de Cartografia, 1983.
18. TAGLIANI, C.R.A. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informação - 2002**. Galeria de artigos acadêmicos, 8 p. Disponível em: [www.fatorgis.com.br](http://www.fatorgis.com.br). Acessado em 11 de maio de 2003.

