II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
Recife - PE, 8-11 de setembro de 2008
p.000-000

GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE FÍSICO-AMBIENTAL URBANA DA E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA PAISAGEM MUNICIPAL DE PARNAMIRIM (RN)

REINALDO ANTONIO PETTA [1],
CLEYBER NASCIMENTO DE MEDEIROS [1],
PAULO SÉRGIO R .NASCIMENTO[1],
STEFAN ERASMI [2]

[1] Departamento de Geologia – UFRN - petta@geologia.ufrn.br, cleybernm@bol.com.br.
[2] Georg-August-Universität (GAUG) Dept. of Cartography, GIS & Remote Sensing Gottingen (Germany

Resumo: O presente estudo foi desenvolvido no município de Parnamirim (RN) e teve como objetivo a elaboração de um sistema de gestão municipal para aplicação na análise temporal e ambiental focadas na evolução municipal. A caracterização do meio físico, os seus usos e recursos naturais, foi realizada a partir de produtos orbitais e técnicas de sensoriamento remoto associados a bando de dados e Sistemas de Informações Georeferenciadas. Para o cruzamento de dados ambientais, aspectos físicos, e de legislação municipal utilizou-se o software ArcView. Os resultados obtidos foram mapeamentos temáticos (geologia, geomorfologia, solos, declividade e MDT, hidrologia, uso da terra, hipsometria, etc.), mapas síntese da evolução do uso da terra e recursos naturais em função da legislação e aspectos fisiográficos e feições socioeconômicas.
Palavras Chaves: Gestão Municipal, Análise Ambiental, GIS, Sensoriamento Remoto.

Abstract: The present study was developed in the municipal district of Parnamirim (RN) and it had as objective the elaboration of a system of municipal administration for application in the temporary and environmental analysis focused in the municipal evolution. The characterization of the physical environment, their uses and natural resources, it was accomplished from orbital products and techniques of remote sensing associates to group of data and Georeferenciated Information Systems (GIS). For the crossing of environmental data, physical aspects, and of municipal legislation the software ArcView was used. The obtained results were thematic maps (geology, geomorphology, soils, steepness and MDT, hydrology, land use, hypsometry, etc.), maps synthesis of the evolution of the land use and natural resources in function of the legislation and physiographic aspects and socioeconomic features.
Key words: Municipal administration, Environmental Analysis, GIS, Remote Sensing.

1. Introdução

O administrador público municipal depende do conhecimento de seu município para uma administração eficiente, afinal, as ações de gestão acontecem em lugares especificos, os problemas a serem resolvidos possuem uma determinada localização, e o conhecimento do território permite um maior número de acertos na tomada correta de decisões.

O planejamento urbano deve norteado através de um conjunto de decisões baseadas em características técnicas do meio ambiente, necessidades da sociedade e nos fatores operacionais de cada região, e as ações municipais devem ser orientadas às necessidades da comunidade e compatíveis com a realidade dos municípios. Para tanto se torna necessário conhecê-los segundo as suas potencialidades físicas, sociais e econômicas, principalmente em virtude dos diferentes cenários existentes.

Neste cenário, a utilização de mapas temáticos (características físicas, sociais e econômicas) que possam contemplar e nortear o gerenciamento de seus recursos naturais e humanos, demanda uma base mínima de dados e informações geo-referenciadas além da geração e sistematização de dados e informações espacializadas sobre as características físico-ambientais do território, do uso e ocupação do solo e dos aspectos socioeconômicos correlacionados, permitem a análise e manipulação em sistemas informatizados que possibilitam a geração de informações para subsidiar a tomada correta de decisão, e consequentemente uma melhor gestão municipal. Utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG) os dados constantes da base de informações geo-referenciadas sobre o município podem ser transformados em informações visuais e espacializadas, facilitando o entendimento destes e auxiliando no processo cosntrutivo do ambiente urbano e na tomada de decisão e planejamento.

Parnamirim vem passando por um grande processo de aumento de população humana nos últimos anos, e em face de toda complexidade da relação *homem - meio ambiente* o objetivo deste estudo foi de construir uma base de dados em meio digital do meio físico e socioeconômico do Município de Parnamirim, através de técnicas de Geoprocessamento e Estatística Espacial, estudando os diversos indicadores demográficos, educacionais e socioeconômicos ao nível de bairros do município. A análise de indicadores é de fundamental

importância na tomada correta de decisões, nortear projetos, programas e ações, configurando-se assim como insumos indispensáveis ao monitoramento, avaliação e aperfeiçoamento das ações governamentais, auxiliando também no diagnóstico, formulação e implementação de políticas públicas voltadas para a melhora da qualidade de vida da população.

2. Localização da Área de Estudo

A área em estudo está situada entre os paralelos 5º 50' e 5º 59' de latitude Sul e os meridianos 35º 06' e 35º 18' de longitude Oeste, compreendida pelos limites do Município de Parnamirim (Figura 1). O Município possui aproximadamente 120,2 Km^2, equivalente a 0,23% da superfície estadual, estando localizado na Mesorregião Leste Potiguar e Microrregião de Natal, conforme a divisão territorial do Estado do Rio Grande do Norte, possuindo uma população de 124.690 habitantes e tendo, conseqüentemente, uma densidade demográfica de 1.037,35 hab/Km^2. (IBGE, 2000). Cita-se ainda que Parnamirim faz parte da Região Metropolitana de Natal, juntamente com os municípios de Macaíba, Natal, Ceará-Mirim, São Gonçalo do Amarante, Extremoz, Nísia Floresta e São José de Mipibú.

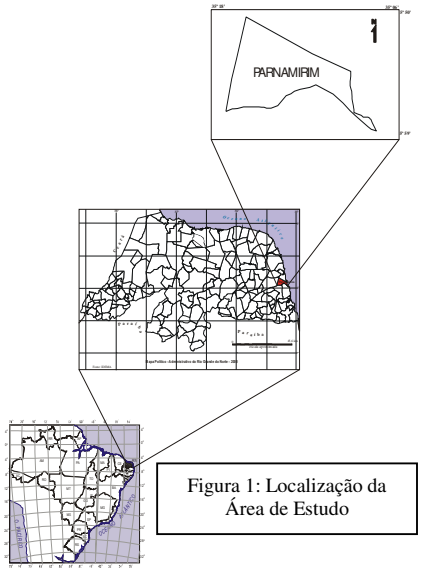


Figura 1: Localização da Área de Estudo

O IBGE (2000) subdividiu a área de Parnamirim em duas zonas (Urbana e Rural). A primeira compreende a zona urbana, sendo esta subdividida em 15 bairros (Figura 2), os quais estão regulamentados também pelo Plano Diretor em vigor no município desde o ano de 1999. Ressalta-se ainda, que a região conhecida como Nova Parnamirim, instituída pela lei municipal complementar nº 004/2001, compreende os bairros de Parque do Pitimbu e Parque dos Eucaliptos, enquanto que a área denominada de Parque Industrial pertence atualmente ao bairro de Emaús. O município conta ainda com as localidades de Pium, Cotovelo e Pirangi do Norte, localizados na zona litorânea de Parnamirim, sendo estes distritos pertencentes à zona rural do município.

Segundo IBGE (2000), a Zona Urbana corresponde à área interna ao perímetro urbano de um distrito, composta por setores nas seguintes situações: área urbanizada de vila ou cidade; área não urbanizada de vila ou cidade; área urbana isolada. Já a Zona Rural corresponde à área externa ao perímetro urbano de um distrito, composta por setores nas seguintes situações: rural, de extensão urbana; povoado; núcleo rural, outros aglomerados rurais.

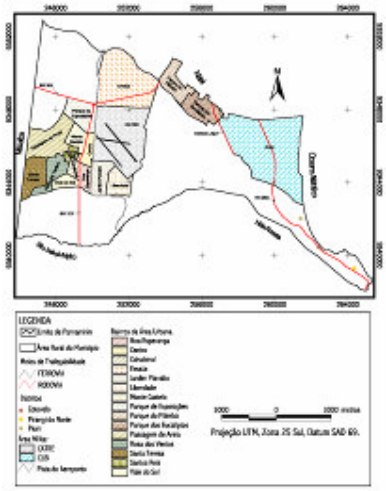


Figura 2-: Município de Parnamirim Subdividido por Bairros, Distritos Municipais e Principais Vias de Acesso. (Mapa Georeferenciado e integrado ao SIG deste projeto)

Há no Município de Parnamirim duas bases militares. A primeira refere-se ao CATRE (Comando Aéreo de Treinamento), sendo que esta área militar corresponde atualmente ao local onde durante o período da 2ª Guerra Mundial ficavam localizadas as bases aérea Brasileira e Americana. Nesta base militar encontra-se o Aeroporto Internacional Augusto Severo, sendo este o maior do Estado. A segunda base militar situada no município se refere ao Centro de Lançamentos Barreira do Inferno (CLBI). Foi na Barreira do Inferno que se instalou a primeira base de lançamentos de foguetes do Brasil, no ano de 1965.

3. Aspectos Físicos e Socioeconômicos

O clima de Parnamirim é quente e úmido, do tipo As', de acordo com a classificação internacional de Köppen, com uma temperatura média anual de 27,1ºC, precipitação pluviométrica anual de 1.650,0mm e umidade relativa média anual em torno de 79%. Geologicamente, o município está inserido principalmente na área de abrangência do Grupo Barreiras, com Idade do Terciário Superior, onde predominam argilas, arenitos conglomeráticos, siltitos, arenitos caulínicos, inconsolidados e mal selecionados. As rochas do Grupo Barreiras estão recobertas localmente por extensas coberturas arenosas coluviais e eluviais indiferenciadas, que formam solos altamente permeáveis e lixiviados. Próximo ao litoral e recobrindo toda a seqüência estão as Paleodunas ou Dunas Fixas com Idade do Quaternário, compostas por areias inconsolidadas e bem selecionadas de origem marinha,

que foram transportadas pela ação dos ventos (eólica), formando cordões, atualmente fixados por vegetação. Acompanhando a faixa litorânea estão dispostos os sedimentos areno-quartzosos também de origem marinha transportados pelos ventos que compõem as dunas móveis ou dunas recentes (IDEMA, 1999). Quanto a geomorfologia o Município de Parnamirim é marcado por um relevo de altitudes baixas, geralmente inferiores a 100 metros, sendo caracterizado principalmente por tabuleiros costeiros, planícies fluviais e dunas, móveis ou fixas.

A hidrogeologia é caracterizada pelos aqüíferos Barreiras e Aluvião. A água consumida pela população do município é totalmente oriunda desses aqüíferos. Os principais rios de Parnamirim são o Pium ou Pirangi e Pitimbu, sendo a principal lagoa a do Jiqui, a que se constitui em um dos principais reservatórios de água do Estado. Os principais tipos de vegetação encontrados no município são a mata atlântica, os campos dunares, a mata de restinga, a mata sub-caducifólia e os mangues, estes últimos ocorrendo na desembocadura do rio Pium no Oceano Atlântico. Os solos predominantes em Parnamirim são os Neossolos Quartezarênicos e os solos do tipo Latosolo Vermelho Amarelo Distrófico.

A população de Parnamirim praticamente dobrou a cada dez anos, de acordo com as estatísticas dos censos populacionais. O primeiro de que se tem registro, realizado em 1950, mostrou que o então Distrito de Parnamirim, contava com 4.986 habitantes. Dez anos depois, o censo de 1960 registrou uma população residente de 8.826 habitantes para o município, que em 1970, já era de 14.502 habitantes e saltou para 26.773 no ano de 1980. No final da década de 80, como efeito de um fluxo migratório maior devido aos sete anos intercalados de secas no período 1979/1987 e o impulso de atividades industriais na Região Metropolitana de Natal, o contingente populacional alcançou um valor de 63.312 habitantes no ano de 1991. A população total do município foi de 124.690 habitantes no ano 2000, sendo 48,5% de homens e 51,5% de mulheres. Cerca de 31,85% da população tinha menos de 14 anos de idade, 64,58% possuía entre 15 e 64 anos e 3,57% tinha mais de 64 anos de idade, de acordo com dados do IBGE (2000).

A taxa de urbanização de Parnamirim é de aproximadamente 88%, correspondendo à cerca de 110.000 moradores residindo na área urbana do município. A taxa de analfabetismo da população com 15 anos ou mais de idade situou-se num patamar de 13,80% no ano 2000, sendo de 12,29% e 25,54% os respectivos valores para a zona urbana e rural do município.

A renda per capita média da população de Parnamirim cresceu 78,12%, passando de R$ 147,66 em 1991 para R$ 263,01 em 2000. A pobreza, medida pela proporção de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R$ 75,50, equivalente à metade do salário mínimo vigente em agosto de 2000, diminuiu 26,68%, saindo de 43,5% em 1991 para 31,9% em 2000.

Mais de 90% dos domicílios são atendidos pelo serviço de coleta de lixo, sendo de 95% o percentual de domicílios ligados à rede geral de abastecimento de água. Em contra partida, apenas 0,94% dos domicílios estão ligados à rede geral de esgoto, tendo na fossa (séptica ou rudimentar) o seu principal tipo de esgotamento sanitário, com mais de 96% do total de domicílios.

No período 1991-2000, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de Parnamirim cresceu 18,75%, passando de 0,640 em 1991 para 0,760 em 2000. A dimensão que mais contribuiu para este crescimento foi a Educação, com 38,0%, seguida pela Longevidade, com 35,5% e pela Renda, com 26,6%. Segundo a classificação do PNUD (2003), o município está entre as regiões consideradas de médio desenvolvimento humano, ou seja, um IDH entre 0,5 e 0,8. Em relação aos outros municípios do Estado, Parnamirim apresenta uma situação boa, ocupando a 2ª posição, apenas atrás de Natal, capital do Estado.

De acordo com dados de Federativo (2004), o PIB (Produto Interno Bruto) do município foi de R$ 126,48 milhões, representando um PIB per capita de R$ 1.467,71. Por setores da economia, o PIB produzido pela Agropecuária foi de R$ 6,07 milhões (4,8%), Industria de R$ 56,03 milhões (44,3%) e pelo setor de Serviços R$ 64,38 milhões, correspondendo a 50,9% do total do PIB municipal.

4. Aspectos Metodológicos

Inicialmente foram feitos levantamentos sobre o meio físico do município relacionados ao clima, vegetação, geomorfologia, hidrografia, hidrogeologia, geologia, uso e ocupação do solo, assim como dados referentes ao meio socioeconômico ligados à demografia, educação, renda, saúde, suprimento de energia elétrica, abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e condições de moradia.

Esses dados foram pesquisados junto aos seguintes órgãos: Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte - IDEMA/RN; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte - FIERN; Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE/RN; Serviço de Apoio as Micros e Pequenas Empresas - SEBRAE/RN; Bibliotecas da UFRN, bem como as Secretarias Municipais de Administração, Educação, Assistência Social, Infra-Estrutura e Desenvolvimento, Urbanismo e Meio-Ambiente e Secretaria Municipal de Saúde. Foram também realizadas pesquisas em *sites* da internet, publicações e livros textos com o intuito de adquirir os conhecimentos necessários para a execução das etapas que envolveriam técnicas de geoprocessamento.

O material cartográfico utilizado foi: (i) Carta Topográfica Folha SB-25-V-C-V–Natal; escala 1:100.000, Projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum Córrego Alegre; elaborada em parceria entre a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e o

Departamento de Engenharia e Comunicações do Exército; (ii) Mapa Municipal Estatístico contendo a descrição do limite do Município de Parnamirim, escala 1:100.000, Projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum SAD 69, em meio digital (*.pdf), elaborado pelo IBGE entre os anos de 1998 e 2000; (iii) Mapa da Cidade de Parnamirim subdividida em bairros, em meio analógico, escala 1:100.000, elaborado pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio-Ambiente do Município, constante do plano diretor de Parnamirim; (iv) Mapa de Infra-Estrutura e Serviços de Parnamirim, escala 1:20.000; (v) Mapa de Localização de Equipamentos de Parnamirim, escala 1:20.000; (vi) Mapa de Limite de Gabarito do município, escala 1:30.000; (vii) Mapa de Macrozoneamento Ambiental e Áreas de Conservação Ambiental de Parnamirim, escala 1:30.000; (viii) Carta de Cobertura de Alteração Intempérica da Grande Natal, escala 1:100.000, em meio analógico, elaborado por Nunes (2000); (ix) Mapa Geológico Preliminar da Costa Leste do RN/PB, escala 1:100.000, projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum Córrego Alegre, em meio analógico, elaborado por Bezerra e Amaro (1994); (x) Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte, escala 1:500.000 DNPM, ano de 1998; (xi) Carta Fisiográfica da Grande Natal, escala 1:100.000, em meio analógico, elaborado por Nunes (2000); (xii) Mapa Geomorfológico do Projeto RADAM BRASIL, Folhas SB.24/25, Jaguaribe/Natal, escala 1:1.000.000 de 1981; (xiii) Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal, escala 1:100.000, projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum SAD 69, elaborado pelo IDEMA, ano de 1999.

As imagens de satélite foram (i) uma imagem orbital SPOT órbita 214-063 e 214-064, projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum WGS 84, de Agosto de 1994, (ii) conjunto de oito imagens orbitais do satélite IKONOS 2, cada imagem com quatro bandas espectrais com resolução de 1 metro, após fusão com a banda pancromática, sendo que o conjunto de imagens cobriu toda a extensão do município, obtidas no mês de Janeiro de 2003, possuindo projeção UTM, Zona 25 Sul, Datum WGS 84.

Geo-referenciamento do Material Cartográfico: Inicialmente digitalizou-se o material cartográfico que estava em meio analógico, transformando os materiais cartográficos **.JPG ou *.PDF* em arquivos **.TIF*. Em seguida esses arquivos no formato **.TIF* foram geo-referenciados no programa Envi 3.2®, preservando a projeção, sistema de coordenadas e datum informados nos mapas quando em meio analógico. Dado que os mapas geo-referenciados, assim como as imagens de satélite, possuíam diferentes sistemas de projeção, como também diferentes sistemas de coordenadas e datuns, utilizou-se novamente o programa Envi 3.2® para 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. Os mapas em formato **.DWG* foram geo-referenciados no software Auto Cad Map 2000®, sendo posteriormente exportados para o software Arc View GIS 3.2®, no formato shape file (**.SHP*).

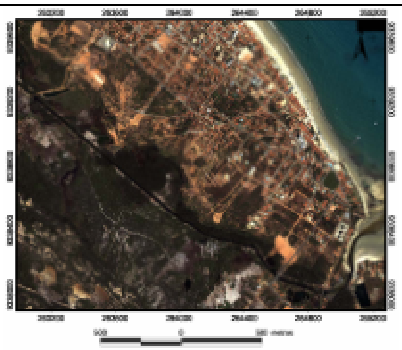
Processamento Digital das Imagens: As imagens orbitais foram tratadas digitalmente utilizando o software Envi 3.4®, melhorando-se a qualidade visual para a extração de informações utilizando técnicas de realce por contraste, métodos de índices, razão entre bandas e composições coloridas em RGB. Foram aplicadas técnicas de realce de imagem e realce de contraste, técnicas de razão entre bandas e métodos de índice. Um índice utilizado neste trabalho foi o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

A figura 3 a seguir exibe parte da imagem IKONOS 2, área do município de Parnamirim, com as composições RGB321, RGB432 e RGB321 aplicando-se realce linear Gaussiano. Também com o propósito de extrair informações, no intuito de elaborar o mapa de uso e ocupação do solo do Município de Parnamirim, do conjunto de imagens IKONOS 2 da área de estudo foram geradas imagens obtidas pela transformação por componentes principais a partir das quatro bandas espectrais (azul (1), verde (2), vermelho (3) e IVP (4) de cada imagem. Inicialmente gerou-se uma imagem contendo as informações de reflectância das quatro bandas em uma única imagem, processo este conhecido como "merge de bandas", sendo em seguida esta imagem processada pela análise por componentes principais (APC).

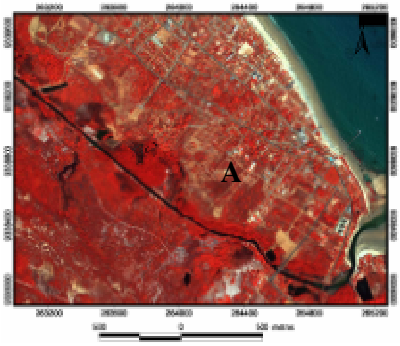
Por fim, foram feitas classificações supervisionadas, pelo método de máxima verossimilhança e do Paralelepípedo, a partir das APC geradas, no intuito de se identificar possíveis classes de uso e ocupação do solo.

A definição das classes ou amostras de treinamento foi realizada a partir de observações preliminares feitas em campo, como também de feições identificáveis na própria imagem. A seqüência de figuras a seguir (Fig. 3, 4, 5 e 6) mostram respectivamente as classificações supervisionadas realizadas sobre as imagens APC utilizando o método do Paralelepípedo, método de Máxima Verossimilhança com probabilidade de aceitação de 0,8 e o método de Máxima Verossimilhança com probabilidade de aceitação de 0,5.

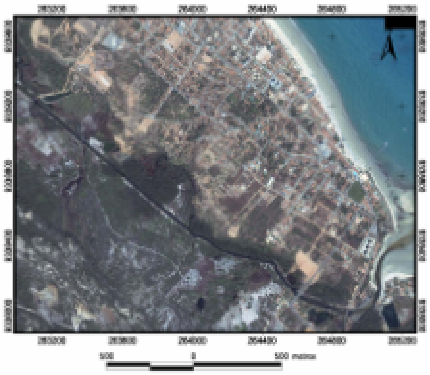
A melhor classificação obtida, para esta parte da imagem IKONOS 2, foi a de máxima verossimilhança utilizando uma probabilidade de aceitação igual a 0,5. Ressalta-se, todavia, que as classificações geradas não foram suficientes para elaborar o mapa de uso e ocupação do solo, devido ao fato de diferentes classes de ocupação do solo terem assinaturas espectrais semelhantes, porém, as mesmas ajudaram consideravelmente na diferenciação das classes de vegetação.



A



B



C

Figura 3 - Imagem IKONOS 2, área do Município de Parnamirim.
A - Composição Colorida RGB 321;
B - Composição Colorida RGB 432;
C - Composição Colorida RGB 321 com Realce Linear Gaussiano.

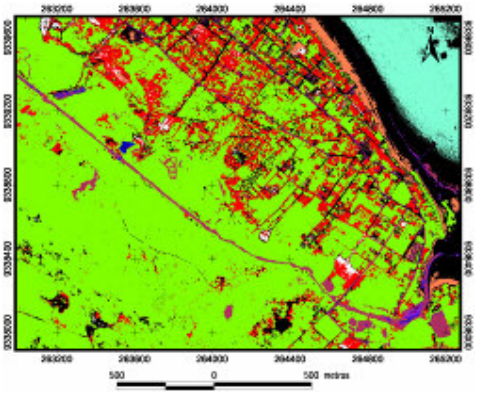


Figura 4: Classificação Supervisionada Utilizando o Método do Paralelepípedo de Parte da Imagem IKONOS 2, Transformada por uma APC

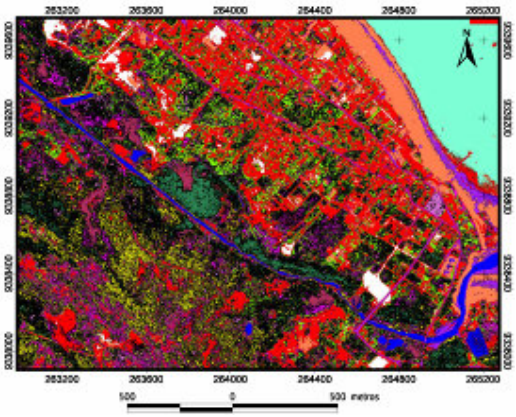


Figura 5: Classificação Supervisionada Utilizando o Método de Máxima Verossimilhança, (limiar de aceitação igual a 0,8) de Parte da Imagem IKONOS 2, Transformada por uma APC.

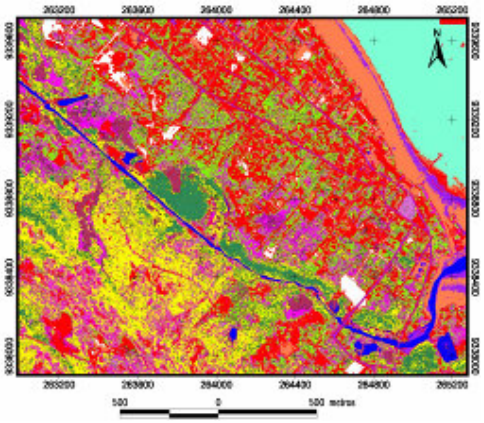


Figura 6: Classificação Supervisionada Utilizando o Método de Máxima Verossimilhança, (limiar de aceitação igual a 0,5) de Parte da Imagem IKONOS 2, Transformada por uma APC.

Foram realizadas etapas levantamentos de campo durante as quais foram feitos a identificação, descrição e documentação dos problemas existentes na área do município, coleta amostras e de fotografias e coordenadas UTM de pontos registrados através de GPS (Modelo Garmin E-TREX), no intuito de auxiliar no processo de interpretação das imagens procurando identificar feições não compreendidas nas imagens IKONOS 2, tais como diferenças entre tipos de vegetação, entre outras feições. As referidas coordenadas obtidas por GPS foram posteriormente descarregadas no software TrackMaker Professional 3.4® e exportadas no formato *shape file* (**.shp*) para o software Arc View GIS 3.2®, sendo plotadas sobre as imagens IKONOS 2, o que ajudou consideravelmente no processo de interpretação das imagens.

Alimentação dos Dados em Ambiente SIG: 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 software Arc View GIS 3.3®, onde se iniciou o processo de vetorização via-tela (heads-up digitinzing) no intuito de se obter uma base vetorial digital de dados.

Tabela 1: Temas Vetorizados e Mapas

Mapas Temáticos	Temas Criados *(*.shp)*	Material Cartográfico Utilizado
Limite Municipal	Limite de Parnamirim	Mapa Municipal Estatístico elaborado pelo IBGE.
Limite de Bairros e Áreas Militares	Limite de Bairros e Áreas Militares	Mapas do plano Diretor do Município de Parnamirim
Hidrográfico	Hidrografia e Lagoas	Carta Topográfica da SUDENE e imagens IKONOS 2.
Geologia	Geologia e Falhas	Mapa Geológico da Costa Leste do RN, Mapa Geológico do RN, Imagens IKONOS 2 e SPOT.
Solos	Solos	Carta de Cobertura de Alteração Intempérica da Grande Natal e Imagens IKONOS 2.
Topografia	Curvas de Nível e Pontos Cotados	Carta Topográfica da SUDENE.
Geomorfológico	Geomorfologia	Carta Fisiográfica da Grande Natal, Mapeamento Geomorfológico do Radam Brasil e Imagens IKONOS 2.
Vegetação	Vegetação	Mapa de Vegetação elaborado pelo IDEMA (Natrontec 1999) e imagens IKONOS 2.

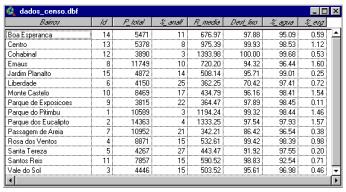
Tabela 3.2: Temas Vetorizados e Mapas Temáticos Elaborados (Continuação).

Mapas Temáticos	Temas Criados *(*.shp)*	Material Cartográfico Utilizado (Ver seção 3.1)
Uso e Ocupação do Solo	Uso e Ocupação do Solo	Mapa de Uso e Ocupação do Solo elaborado pelo IDEMA e imagens IKONOS 2.
Crescimento da Mancha Urbana	Mancha_1969, Mancha_1994 e Mancha_2003	Carta Topográfica da SUDENE, Imagens IKONOS 2 e SPOT.

Dados Socioeconômicos Pesquisados: Em relação aos dados socioeconômicos pesquisados, a principal fonte dos dados básicos foi o censo demográfico do IBGE, realizado durante o período de 01 de Agosto a 30 de Novembro do ano 2000. A base territorial utilizada para a análise foi a de nível municipal, entretanto, quando se dispunha de informações em nível de bairros utilizou-se esta base territorial. No Município de Parnamirim existem quinze bairros oficiais regulamentados pelo Plano Diretor, que está em vigor desde o ano de 1999. O IBGE realizou o Censo Demográfico de 2000 em Parnamirim subdividindo a área do município em urbana e rural, sendo a área urbana composta pelos quinze bairros, com os dados desagregados ao nível de bairros, e a área rural composta pelas demais áreas do município, sem desagregação dos dados.

Não obstante, a população dos quinze bairros da área urbana de Parnamirim atinge mais de 85% da população total do município, o que justifica estudar os indicadores desagregados ao nível de bairros, lembrando também Oliveira *et all* (1996), os quais citaram que o uso de dados desagregados facilita a análise de determinado local e produzem indicadores que direcionam o planejamento urbano para soluções administrativas inerentes às necessidades de uma área predeterminada, além do uso de dados censitários fornecerem parâmetros essenciais sobre a qualidade de vida dos cidadãos, disponibilizando assim informações sociais, econômicas, demográficas, entre outras.

A base de dados socioeconômicos foi digitada no software Arc View GIS 3.2®, como mostra a figura 7.



dados_censo.dbf

Bairro	Id	P. total	%_urbaf	P. urbaf	Dens_hab	%_agua	%_esgt
Boa Esperança	14	5471	11	676.97	97.88	95.09	0.59
Centro	13	5376	8	975.39	99.93	98.53	1.12
Cohabinal	12	3890	3	1393.98	100.00	99.68	0.53
Emaus	8	11749	10	720.20	94.32	96.44	1.60
Jardim Planalto	15	4972	14	508.14	95.71	99.01	0.25
Liberdade	6	4150	25	362.25	70.42	97.41	0.72
Monte Castelo	10	8469	17	434.79	96.16	98.41	1.54
Parque de Exposicoes	9	3815	22	364.47	97.89	98.45	0.11
Parque do Pitimbu	1	10569	3	1194.24	99.32	98.44	1.46
Parque dos Eucaliptos	2	14363	4	1333.25	97.54	97.93	1.57
Passagem de Areia	7	10952	21	342.21	86.42	96.54	0.39
Rosa dos Ventos	4	6871	15	532.61	99.42	98.39	0.98
Santa Teresa	5	4267	27	443.47	91.92	97.55	0.20
Santos Reis	11	7857	15	590.52	98.83	92.54	0.71
Vale do Sol	3	4446	15	503.52	95.61	96.98	0.46

Figura 7: Exemplo de Banco de Dados de Informações Socioeconômicas dos Bairros da Área Urbana de Parnamirim.

Como o programa Arc View liga uma determinada feição (neste caso polígonos representando os limites de bairros) a atributos (dados) contidos no banco de dados e, com base nesses atributos, foi feita a classificação das feições. Esta classificação foi realizada através da elaboração de mapas temáticos (apresentados a seguir) dos indicadores estudados, utilizando o método de quebras naturais. Esse método cria uma representação mais realística dos dados, demonstrando de forma clara os grupos existentes, evitando-se a inclusão de dados muito discrepantes em uma mesma classe.

5. Feições Territoriais

Recursos Hídricos: O Município de Parnamirim está sob o domínio da bacia hidrográfica do Pirangi. Tal bacia recebe essa denominação em decorrência do Rio Pirangi ser seu afluente principal. A rede hidrográfica do município possui como rios principais o Pitimbú, Cajupiranga ou Taborda, Rio Pirangi ou Pium, além do Riacho Água Vermelha. Parnamirim conta ainda com as

lagoas do Jiquí e da Base, além de outras menores. A Lagoa do Jiquí é a principal fonte de abastecimento d´água da população da zona sul do Município de Natal, sendo responsável atualmente por cerca de 25% do abastecimento d´água da capital do Estado. A figura 8 exibe o mapa hidrográfico de Parnamirim, o qual apresenta os rios e as principais lagoas existentes no município

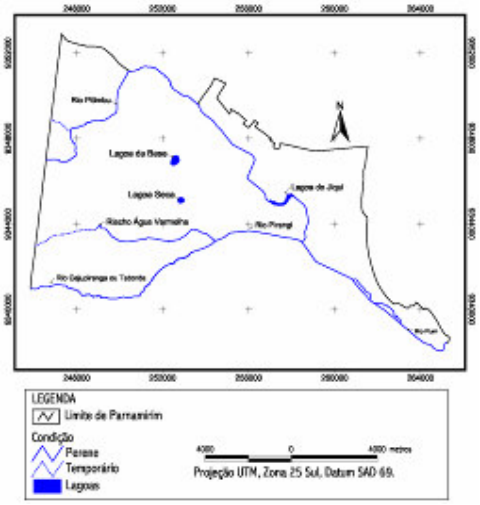


Figura 8: Mapa Hidrográfico do Município de Parnamirim.

Vegetação

A vegetação pode ser considerada como um dos indicadores mais importantes das condições ambientais do terreno e do nível de erosão do solo. A vegetação encontrada no município de Parnamirim é caracterizada principalmente pelas seguintes variedades: mata atlântica, campos dunares, mata de restinga, mata sub-caducifólia e mangues. 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). A tabela 2 exibe o valor da área em m^2 (e em percentual) das classes de vegetação presentes na figura 9, 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 pastagem representam mais de 11% da extensão total de Parnamirim. A vegetação nativa cobre cerca de 36% do município, sendo de 12% e 22% o percentual de mata de restinga e sub-caducifólia respectivamente. Preocupa o valor superior a 10% de vegetação degradada, a qual está sendo modificada constantemente pela ação do homem. A localização espacial das classes de vegetação pode ser visualizada no mapa presente na figura 4.5.

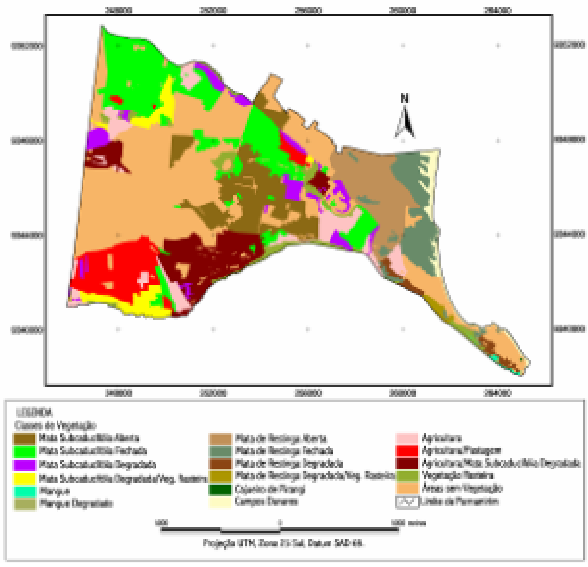


Figura 9: Mapa de Vegetação do Município de Parnamirim.

Tabela 2: Área (em m^2 e Percentual) das Classes de Vegetação Mapeadas no Município de Parnamirim.

Classes de Vegetação	Área (m^2)	%
Agricultura	6.007.372,21	4,98
Agricultura/Pastagem	7.491.222,13	6,21
Agricultura/Mata Sub-Caducifólia Degradada	8.919.220,20	7,40
Áreas sem Vegetação	42.017.805,25	34,84
Cajueiro de Pirangi	7.965,23	0,01
Campos Dunares	2.116.328,14	1,75
Mangue	175.887,69	0,15
Mangue Degradado	56.410,89	0,05
Mata de Restinga Aberta	8.087.518,55	6,71
Mata de Restinga Fechada	6.160.291,93	5,11
Mata de Restinga Degradada	1.070.290,20	0,89
Mata de Restinga Degradada/Veg. Rasteira	470.864,33	0,39
Mata Sub-caducifólia Aberta	10.338.498,51	8,57
Mata Sub-caducifólia Fechada	16.609.947,66	13,77
Mata Sub-caducifólia Degradada	4.020.868,39	3,33
Mata Sub-caducifólia /Veg. Rasteira	3.633.375,66	3,01
Vegetação Rasteira	3.422.954,50	2,84
Total	120.606.821,47	100,00

Nota: Área calculada dentro do Ambiente do Software Arc View GIS 3.2®.

Geologia: O Município de Parnamirim está inserido principalmente na área de abrangência do Grupo Barreiras, com idade do Terciário Superior, onde predominam argilas, arenitos conglomeráticos, siltitos, arenitos caulínicos, inconsolidados e mal selecionados. Os sedimentos Quaternários predominantes na região cobrem o Grupo Barreiras e são representados pelas paleocascalheiras, dunas (fixas ou móveis), depósitos aluvionares, depósitos de arenitos de praia (beachrocks), depósito de mangues e sedimentos de praia. (Fig. 10)

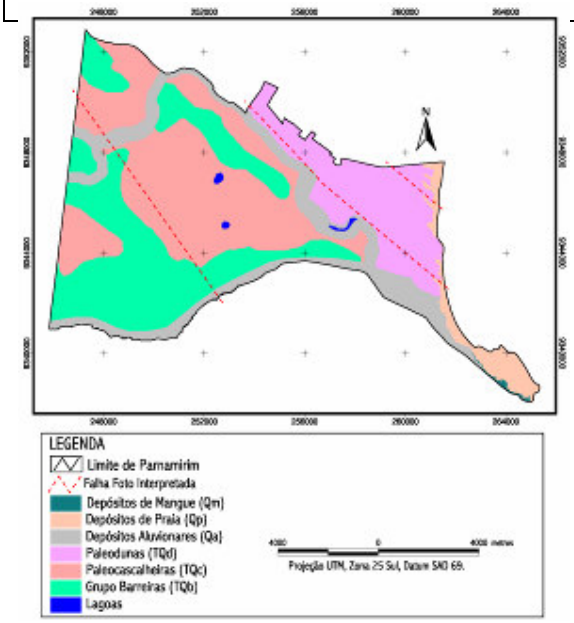


Figura 10: Mapa Geológico Simplificado do Município de Parnamirim.

Geomorfologia e Relevo: Os aspectos geomorfológicos do município de Parnamirim são marcados por um relevo de altitudes baixas, geralmente inferiores a 100 metros, com áreas planas predominantes ao longo de toda a sede municipal, com muitos poucos e suaves declividades, às quais são observadas nas áreas praianas e em algumas áreas rurais, nas proximidades dos vales dos principais rios. Este relevo apresenta-se como resultante da interação de fatores climáticos, litológicos e tectônicos, dos quais resultaram as seguintes formas: terrenos, chamados de tabuleiros, com suaves ondulações decorrentes da pediplanação sobre os sedimentos pilo-pleistocênicos do Grupo Barreiras, com altitudes acima de 40 metros no sentido do litoral para o interior, os quais em alguns locais são interrompidos abruptamente, formando falésias vivas e mortas ao longo da costa. Em outras áreas a continuidade desses terrenos é quebrada pelo aparecimento de dunas que cobrem grande parte da área do município, sendo que as mesmas formam verdadeiros cordões alongados paralelos dispostos segundo a orientação SE-NW conforme a direção predominante dos ventos atuais, e se elevam até 60 metros de altura, são fixas ou móveis, de constituição de areias quartzosas, de cores brancas, amareladas e avermelhadas, resultante de gerações diversas. Ainda ocorrem estuários, planícies de mangues, praias e planícies fluviais.

O mapa geomorfológico torna-se importante, pois, através dele pode-se saber qual a diretriz específica que se deve tomar 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 alterados, evitando que as mesmas sofram intensas ações erosivas, principalmente, os assoreamentos, comuns em regiões próximas a rios e lagoas.

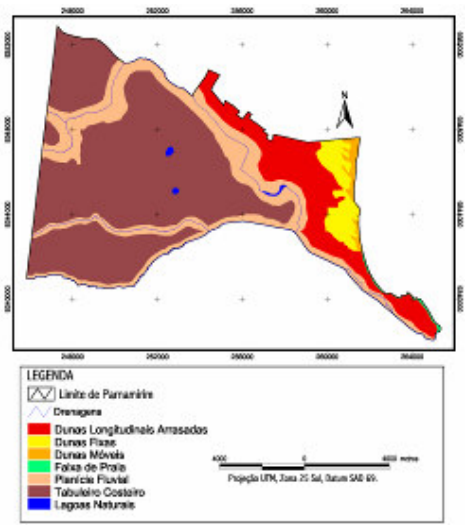


Figura 11: Mapa Geomorfológico Simplificado do Município de Parnamirim.

O relevo da área em estudo está bem caracterizado pelo mapa topográfico apresentado na figura 12, onde se pode observar a inexistência de curvas de nível superiores a 80 metros, retratando uma topografia plana. Este mapa temático foi elaborado a partir da digitalização, geo-referenciamento e posterior vetorização (método *heads up digitizing*) da carta topográfica da SUDENE, na escala 1:100.000. Uma vez em meio digital este mapa deu origem ao Modelo Digital de Terreno (MDT) do município de Parnamirim, que pode ser visualizado na figura 13.

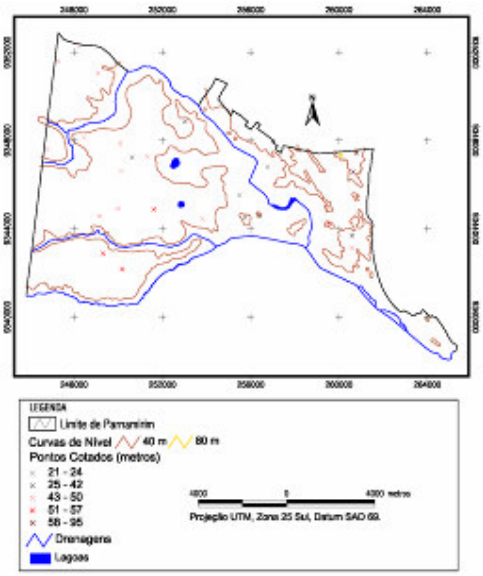


Figura 12: Mapa Topográfico do Município de Parnamirim com respectiva Hipsometria em Eqüidistância de 40 Metros.

Utilizando-se da Extensão 3D Analyst® do software Arc View GIS 3.2® gerou-se o MDT da área de estudo. O modelo de interpolação utilizado foi de grade irregular triangular (TIN). Ressalta-se que o MDT

apresentado na figura 13 foi gerado a partir da carta topográfica da SUDENE, que possui eqüidistância de curvas de nível de 40 metros na escala 1:100.000, logo o MDT elaborado também possui escala 1:100.000. Infelizmente não há informações mais detalhadas do que a carta topográfica da SUDENE para o município em estudo, sendo que a aquisição de dados topográficos novos envolve custos elevados, dependendo de iniciativas oficiais.

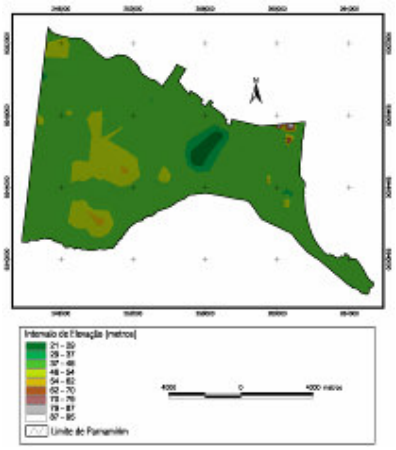


Figura 13: Mapa contendo o MDT da área de estudo gerado na Extensão 3-D Analyst® do software Arc View GIS 3.2®, com base nas curvas de nível e pontos cotados da Carta Topográfica da SUDENE.

Solos: No Município de Parnamirim, de acordo com observações de campo e classificações de imagens, foram identificados cinco classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho Amarelo, Neossolo Quartzarênico, Gleissolo Háplico, Neossolo Quartzarênico e Gleissolo Sálico (segundo nomenclatura da Embrapa, 1999)

O mapa de solos simplificado é apresentado na figura 14, o qual foi elaborado a partir da carta de cobertura de Alteração Intempérica da Grande Natal (Nunes, 2000), utilizando-se também das imagens IKONOS 2 para realização das atualizações que se julgou necessárias, além de trabalho de campo.

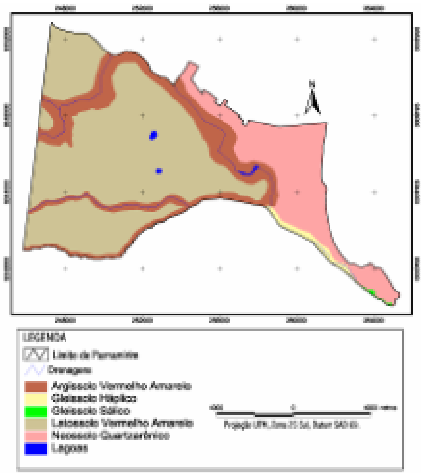


Figura 14: Mapa de Solos Simplificado do Município de Parnamirim.

6. Bibliografia

ALMEIDA, C. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G.; SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA. G. C.; BATTY, M. *Modelo espaço-temporal em planejamento urbano: desafios para a nova geração de SIG*. Disponível em: <www.fatorgis.com.br> Acesso em 11 de mar. 2008.

BEZERRA, F.H.R.; AMARO, V.E. *Mapa geológico preliminar da região leste do RN/PB*, escala 1:100.000. 1994.

CÂMARA, G. *Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos*. 1995. 259f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

CUNHA, J. A. *A gestão municipal através de tecnologia de geoprocessamento e cadastro urbano*: gerenciamento de dados físicos e sócio-econômicos do município de Serra Negra do Norte-RN. 2001. 101f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral. *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte*, escala 1:500.000. 1998.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico de 2000*. Disponível na internet em <www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em: 20 de mai. 2002.

NUNES, E. *Aspectos morfo-estruturais, fisiográficos e de coberturas de alterações intempéricas da Grande Natal (RN), como base para o macrozoneamento geo-ambiental*. 2000. 195f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

OLIVEIRA, S. M.; SOUZA, R. P.; DAVIS JR. C. A.; AMARAL, F. M. P. Adequação da delimitação dos setores censitários a outras unidades espaciais urbanas. In: ANAIS DO ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS DO IBGE, 1996. Rio de Janeiro. *Anais*... Rio de Janeiro: IBGE, 1996.

Projeto RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Folhas 24/25 Jaguaribe/Natal*. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso do Solo. Rio de Janeiro, p 353-360. 1981.

SANTOS, A. C. V. *Influência da expansão urbana na paisagem da sub-bacia do rio Pitimbu entre Natal e Parnamirim/RN*. 1999. 83f. Monografia (Especialização em Geografia do Nordeste) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.