



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PPGG- PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA,
(DES)CARACTERIZAÇÃO E FORMAS DE USO DAS
LAGOAS DA CIDADE DO NATAL-RN**

Autora

TÁSIA HORTÊNCIO DE LIMA MEDEIROS

Orientador:

Prof. Dr. RICARDO FARIAS DO AMARAL

Dissertação nº 23/PPGG

Natal-RN, março - 2001.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PPGG- PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA,
(DES)CARACTERIZAÇÃO E FORMAS DE USO DAS
LAGOAS DA CIDADE DO NATAL-RN**

**Autora:
TÁSIA HORTÊNCIO DE LIMA MEDEIROS**

**Dissertação de Mestrado apresentada
em 02 de março de 2001, para obtenção
do título de Mestre em Geodinâmica
pelo programa de Pesquisa e Pós-
Graduação em Geodinâmica e Geofísica
da UFRN.**

Comissão Examinadora:

**Prof. Dr. RICARDO FARIAS DO AMARAL
Prof.^a Dr.^a. HELENICE VITAL
Prof. Dr. GIOVANNI DE FARIAS SEABRA**

Natal-RN, março - 2001.

AGRADECIMENTOS

Com a conclusão desta etapa acadêmica, externo meus agradecimentos a todos que de uma forma ou de outra contribuíram voluntariamente na colaboração deste estudo. Assim sendo, ficam meus agradecimentos.

Ao, Prof. Dr. Ricardo Farias do Amaral, pela orientação e apoio em meu trabalho de Dissertação.

A todos os colegas e funcionários do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, que colaboraram para a realização deste trabalho.

Aos amigos Ademir, Anelino, Elias, Edílson, Rita de Cássia, Ronaldo, Valdenildo Pedro pelas valiosas críticas, incentivos, apoio e sugestões sempre bem vindas e aplicadas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica-UFRN e a minha turma (1999) em especial a Fátima Cavalcante e Adriano pelo companheirismo e solidariedade.

A Valdenides Cabral, mais que irmã, mais que amiga, o meu obrigada.

As bolsistas Fernanda e Liliane (alunas do curso de Geologia/UFRN) pelo apoio, demonstrados durante a elaboração desse trabalho.

Ao laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Civil da UFRN.

A memória do meu pai, Antonio Augusto de Lima, à minha mãe, Francisca Hortêncio de Lima (Chiquita), a Inamar, meu companheiro e esposo, a meus filhos Inamásia e Ramâni (meus dois amores).

Ao Senhor Deus, a quem eu sirvo, seja dada toda honra, toda glória e todo louvor, agradeço a conclusão esta etapa, dedico este trabalho.

Dedico este trabalho ao Senhor Deus, pois se
Não fosse sua iluminação e amor, seria tudo
Trevas, hoje na minha vida.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PPGG- PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA**

A dissertação “Evolução geomorfológica, (des)caracterização e formas de uso das lagoas da Cidade do Natal-RN”, foi apresentada por Tásia Hortêncio de Lima Medeiros, em Banca Examinadora instituída pelo Curso de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com vista à obtenção ao título de Mestre em Geologia.

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Ricardo Farias do Amaral - UFRN
Orientador**

Prof^a. Dr^a. Helenice Vital - UFRN

Prof. Dr. Giovanni de Farias Seabra - UFPB

Natal, 02 março de 2001.

INTRODUÇÃO

A intervenção do homem sobre a superfície terrestre sempre causa algum tipo de transformação. As cidades representam a maior intervenção humana na paisagem, concentrando grande parte da população numa área reduzida.

Segundo Cunha & Guerra (1996), nos últimos anos, o homem tem participado como agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrios da paisagem. Mudanças significativas na morfologia geral de uma dada região tendo como resultado estudos importantes no equilíbrio dinâmico dessa região, resultando assim na ocorrência das cheias, devido às mudanças e a impermeabilização do solo.

A ação do homem sobre a natureza nos últimos anos tem produzido efeitos geológicos e geomorfológicos que se acumulam em quantidade e se diversifica em qualidade, a ponto de ter sido proposto a designação de um novo período geológico para caracterizar tal época: o “Quinário” ou “Tecnógeno”, conforme Peloggia (1998).

A atividade humana afeta principalmente a geomorfologia da área, causando assim, problemas ambientais. A identificação desses problemas ambientais deve resultar da “interpretação dos processos relevantes que determinam a realidade do ambiente, de tal forma que os elementos integrantes desses processos apresentam uma sistemática interconexão na geração desses problemas e de suas peculiaridades” (Gomes y Orea, 1980, p. 10-11).

As relações entre o homem e o meio, segundo Ribeiro et al. (1991), pertencem à esfera do ambiente. Segundo Tomita (1991), da mesma forma que o homem polui e destrói o ambiente, ele é também capaz de despoluir e reconstruir, onde tudo seria diferente se todo homem fosse consciente da preservação do ambiente do qual ele mesmo faz parte.

Os impactos ambientais relacionados ao uso do solo na cidade de Natal advêm da ação do homem incompatível com os limites do meio físico. Decorre da expansão urbana acelerada, ocupação inadequada (tanto nas dunas quanto nas baixadas) sem controle ou preocupação com o meio ambiente.

A cidade de Natal, apresentou ao longo das últimas décadas um aumento significativo da população, com uma característica especial de ocupação urbana retratando uma espontaneidade e o descaso em relação ao meio físico, que propiciou o

surgimento de sérios problemas relacionados ao meio ambiente e às condições de vida da população, em especial aquelas de baixa renda, requerendo da cidade uma infra-estrutura de serviços que se adequem à demanda proveniente desse crescimento. Esse fluxo populacional provocou o surgimento de conjuntos habitacionais na década de 70, com uma infra-estrutura deficitária, devida principalmente ao inadequado planejamento da drenagem urbana.

O acentuado crescimento urbano registrado nas décadas 70-90 na cidade, foi acompanhado por uma forte degradação ambiental, especialmente a degradação da qualidade da água do estuário Potengi/Jundiaí e o desaparecimento da maioria das lagoas localizadas nas áreas de expansão urbana.

Os problemas observados nas lagoas são decorrentes da ocupação urbana, e caracterizada pelo uso intenso e pelas altas taxas de impermeabilização do solo e o lançamento de esgotos clandestinos não tratados.

As lagoas naturais devido ao processo geológico que as originaram apresentam profundidades reduzidas e estão em cotas altimétricas entre 5 a 29m. Além disso, a variação anual do índice pluviométrico na cidade é bem acentuada. Assim, esses ecossistemas sofrem grandes variações de nível de água por serem rasas. No período chuvoso, observa-se a elevação do nível de água.

Na cidade de Natal, lagoas como lagoa Nova, lagoa Seca, lagoa do Jacob e a lagoa da Campina, desapareceram para dar lugar a praças, colégio, edifícios públicos e residências. Muitas vezes estas lagoas ressurgem em períodos chuvosos, causando inundação freqüente; devido principalmente ao relevo.

A questão ambiental das lagoas na cidade de Natal engloba diferentes temas, tendo em vista os numerosos problemas acarretados pelo crescimento da cidade e as dificuldades de se conseguir um equilíbrio entre desenvolvimento e preservação da qualidade de vida e do patrimônio ambiental, natural e construído. O meio ambiente urbano natalense é o resultado do processo de construção e utilização da cidade, que envolve constantemente a transformação de um conjunto de condições naturais e construídas de um espaço físico, a distribuição da população e de todas as suas atividades nesse espaço, além do conjunto de fluxos gerados, transformados ou atraídos por essa população e suas ações.

CAPÍTULO 1 - TRABALHOS ANTERIORES

Vários estudos abordaram a Geologia/Geomorfologia, Hidrografia e Pedologia da cidade de Natal, destacando-se dentre esses os trabalhos de Branner (1989, 1902), Jenkins (1913), Kergel (1957), Campos e Silva (1966; 1969), Costa (1970; 1971), Costa & Salim (1972), Mabesoone, Campos e Silva & Beurlen (1972), Salim, Lima & Mabessone (1974 a e b), Flexor & Martim (1979), Falcão & Mabesoone (1975), Mabesoone & Lobo (1980), (Nogueira 1981 e 1982), Costa & Perrim (1981), Cunha (1982), IPT (1982), IPLANAT (1983), Costa (1983), Villaça et al. (1986), Villaça (1996) Suguio, Bidegain & Mórner (1986), Mabesoone et al. (1987), Oliveira et al. (1990) Mabesoone et al (1991), Bezerra et al. (1993), Melo, (1995), Nunes (1996), Mabesoone (1996).

Até o final da década de 20, os sedimentos cenozóicos que afloraram ao longo do litoral oriental brasileiro, receberam a denominação de “Barreiras” apenas com conotação morfológica, sendo a primeira referência atribuída a Branner (1902), ao mencionar a existência de “barreiras ao longo da costa nordestina”.

A denominação de Formação Barreiras, sem maior preocupação metodológica, foi sugerida por Kergel (1957) e adotada por vários autores a partir de então, apesar de permanecerem em uso, termos informais diversos.

Bigarella & Andrade (1964) dentro de uma visão mais sistêmica, identificaram duas unidades fundamentais separadas por uma desconformidade, que denominaram de Formação Guararapes (Inferior) e Formação Riacho Morno (Superior), e adotaram a nomenclatura de Grupo Barreiras. A partir de então, essa nomenclatura foi amplamente adotada.

Bossi, Rolim & Andreis (1982) agruparam as duas Formações, Guararapes e Riacho Morno, sob a dominação da primeira, e nela distinguiram as fácies Guararapes e Riacho Morno.

Campos e Silva (1966) definindo o Grupo Barreiras na região de Natal, acrescentaram mais uma unidade estratigráfica, ocorrendo acima da Formação Riacho Morno, denominando-a de Formação Macaíba. Em 1969, Campos e Silva, tendo por base as observações de Jenkins (1913) separou, ainda, uma quarta unidade no topo da seqüência – Formação Potengi.

Costa (1970) classificou os aluviões encontrados margeando o estuário do Potengi, e em menor escala no rio Pitimbu, como sedimentos clásticos de granulometria e litologia bastante variada, que ocorrem na forma de areias quartzosas finas e grossas, mal selecionadas, com seixos de quartzo arredondados e sub-arredondados, e, em alguns casos, como matéria orgânica, turfa e argila orgânica.

Costa (1971) baseados em estudos anteriores de Tricart & Cardoso (1968), efetuados no litoral da Bahia a Sergipe, subdividiu as dunas pleistocênicas de Natal em: Dunas antigas, Dunas Intermediárias, Dunas do Pleistoceno mais Superior e Dunas Atuais.

Costa & Salim (1972) reportaram a evolução neotectônica da região de Natal baseado na interpretação morfotectônica aliada a dados gravimétricos e de poços, demonstrando o alinhamento direcional entre as zonas de cisalhamento brasileiras e os principais padrões de falhas que controlam grabens e horsts na cobertura sedimentar.

Mabesoone, Campos e Silva & Beurlen (1972) baseados em observações feitas tanto na faixa costeira, como no interior dos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e parte do Ceará, redefinem o Grupo Barreiras, adotando, quando possível, a nomenclatura sugerida até então. São propostas três unidades: Formação Serra do Martins; Formação Guararapes; e Formação Macaíba, as quais se relacionam com as diversas fases do geomorfismo que originou o relevo nordestino. Cada uma dessas unidades possui uma capa de intemperismo típico para a mesma, sendo denominada de Intemperismo Laterítico, Intemperismo Riacho Morno e Intemperismo Potengi. Estas capas de intemperismo foram definidas como unidade edafo-estratigráficas pedologicamente por Falcão & Mabesoone (1975) e Mabesoone & Lobo (1980).

Suguió, Bidegain & Mórner (1986) com base em datações paleomagnéticas, atribuíram à Formação Barreiras uma idade pliocênica superior a pleistocênica.

Mabesoone (coord) (1987) retoma a denominação original de Formação Barreiras para os sedimentos terciário-quadernários que ocorrem na faixa costeira dos estados Pernambuco-Paraíba e Rio Grande do Norte.

Oliveira et al. (1990) estudaram os *beach rocks* na região de Natal e inferiram sua formação entre subambiente do estirâncio e de antepraia. Dois cordões de *beach rocks* afloram, um mais recente com idade de 4 700 anos e outro mais antigo com 6 500 anos, este mais próximo ao continente.

Estudos realizados por Costa e Perrim (1981) sobre as dunas do Estado do Rio Grande do Norte atribuíram a origem aos períodos interglaciais que possibilitaram ambientes de transporte, deposição e fixação do material arenoso com a colonização da vegetação, em clima úmido, que estabilizou os referidos depósitos dunares. Estes teriam sido formados por ocasião da regressão marinha e clima seco com muito vento. Com o nível do mar baixo houve emersão do depósito de areia, originada da provável erosão inicial dos sedimentos da Formação Barreiras, transportado pelo vento e depositado em diferentes partes da costa litorânea, inclusive na borda dos tabuleiros costeiros. As areias das dunas provém das formações continentais do Barreiras e a seleção do material é observada mais nas dunas recentes que nas dunas mais antigas.

Nogueira (1981; 1982), estudou o Cenozóico da região de Natal, onde concorda e sugere uma outra sub unidade, denominada Formação Natal, ocorrendo acima da Formação Macaíba.

A partir da década de 80, têm-se desenvolvido uma linha de pesquisa que envolve uma análise morfo-estrutural, através da fotointerpretação que tem permitido a classificação das coberturas de alterações intempéricas e seu relacionamento com o meio físico. Com este objetivo, alguns trabalhos foram realizados notadamente na faixa litorânea; entre eles encontramos Cunha (1982), Villaça; Nogueira; Silveira; Carvalho & Cunha (1986), Nunes (1996).

Os trabalhos sobre a hidrografia da cidade de Natal, onde Costa & Salim (1972), retratam que a origem dos rios Potengi e Jundiá é atribuída a falhamentos, formando grabens, classificados como vales estruturais.

IPT/SEPLAN RN. 1981, realizou estudos sobre a qualidade das águas subterrâneas da Grande Natal, que apesar de sua importância elas estão sujeitas à degradação, devido a ações desenvolvidas sobre a superfície.

IPT (1982), realizou um trabalho voltado para a qualidade das águas e apresenta um mapa potenciométrico da área da Grande Natal;

IPLANAT (1983), reconhecendo os sedimentos inferiores do Grupo Barreiras como o principal aquífero da região de Natal. Mostra que ocorrem na área dois aquíferos distintos: o aquífero Dunas, do tipo livre, na parte superior e o aquífero Barreiras, do tipo semiconfinado, na parte inferior, separado do aquífero Dunas por uma camada semipermeável ou “aquítard” (nível superior do Barreiras);

AQUA-PLAN (1988) propiciou um conhecimento mais aprofundado sobre a hidrologia da cidade de Natal, salientando que os aquíferos Dunas e Barreiras apresentam uma forte conexão de ponto de vista hidráulico subterrâneo;

Mabesoone & Silva (1991) datou alguns polens encontrados nas camadas argilosas e atribuiu a esta seqüência uma idade Turoniana a Santoniana. E inferiu correlação petrográfica com os carbonatos da Formação Guamaré da Bacia Potiguar. Esta seqüência representa um ciclo transgressivo-regressivo. Sugeriu ainda que todo pacote “Barreiras” pode ser considerado como uma única unidade litoestratigráfica; entretanto, devido aos diferentes sistemas deposicionais a ela atribuídos, sua faciologia pode diferir em cada região.

Bezerra et al. (1993) estudou as feições morfológicas com orientação e deflação das drenagens, lagoas, depressões secas, e o basculamento de blocos responsáveis pela formação das falésias.

CAERN (1995) e Melo (1995) mostram que as unidades geológicas Dunas e Barreiras constituem um sistema hidráulico único, muito complexo e indiferenciado, denominado de Sistema Aquífero Dunas/Barreiras. Estudaram os estratos geológicos que formam o sistema subterrâneo da área de estudo, representados pelas formações dunares, sedimentos superiores e inferiores da Formação Barreiras. Também informaram que a profundidade das águas subterrâneas está condicionada ao caráter geológico/geomorfológico;

De acordo com Mabesoone (1996), os sedimentos cretáceos que formam a Bacia Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte repousam discordantemente sobre o embasamento cristalino. Esta bacia ocupa, em sua porção emersa, uma estreita faixa de cerca de 9000 Km², estendendo-se por 24 000Km² na plataforma continental.

A avaliação geomorfológica da área segundo Melo (1998, p. 23) mostra:

a presença de sedimentos da Formação Guararapes distribuídos em estratos praticamente horizontais, com espessuras que variam de 50 a 100 metros a parte superior dos perfis é formada em geral por sedimentos mais argilosos. São arenitos argilosos, argilas arenosas, siltitos, argilas e intercalações de arenitos de granulação fina a média, com coloração geralmente avermelhada. A parte inferior é formada predominantemente por arenitos de granulação fina a grossa, com intercalações argilosas.

Nunes (1996) estudou os aspectos Morfo-estruturais, Fisiográficos e de Cobertura de Alterações Intempéricas da Grande Natal, com base para o macrozoneamento geo-ambiental, com a finalidade de indicar áreas de uso adequado, restrito e inadequado com diferentes níveis de uso pela engenharia civil, sanitária e agrícola, servindo de base para o macrozoneamento geo-ambiental.

Melo (1998) estudou uma área de 65km², onde está edificada a Zona Norte da cidade de Natal, com o objetivo de avaliar as potencialidades hidrogeológicas e os riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas utilizadas no abastecimento da população local e fez recomendações visando a sua proteção.

Os estudos sobre a história e a geografia da cidade de Natal foram realizados por Cascudo (1968, 1980, 1999) e por Miranda (1999), relatando a evolução urbana de Natal em 400 anos (1599-1999), frutos de uma pesquisa na documentação histórica e na iconografia deixada por quantos participaram dela. Dessa análise, algumas plantas foram elaboradas com base em relatos e descrições para fixar graficamente a evolução da cidade em determinados períodos.

1.2 – OBJETIVOS

1.2.1 - OBJETIVO GERAL:

Identificar, caracterizar e classificar as lagoas naturais da cidade de Natal, com base em seus aspectos geomorfológicos, bem como, determinar sua importância para o equilíbrio do meio ambiente.

1.2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar e caracterizar a geologia e geomorfologia da área de estudo;

Mapear o conjunto de lagoas presentes na área com o uso de produtos de sensores remotos, cartográficos e dados de informações históricas;

Identificar os agentes naturais e humanos responsáveis pela modificação da paisagem e das características das lagoas;

Avaliar o impacto desses agentes separando as influências naturais e humanas;

Estudar o comportamento evolutivo das principais lagoas analisadas com base no estudo de produtos de sensores remotos, cartográficos de várias idades e dados e informações históricas;

Com base nos resultados obtidos, propor critérios para o uso racional das lagoas.

1.3 - NOMENCLATURA UTILIZADA

Neste trabalho optou-se por utilizar a denominação de “Lagoa” como depressão com forma variada, contendo ou não água, de origem natural ou artificial.

O termo “Lagoa de Recepção” e “Lagoa de Estabilização” nesse estudo, caracteriza um “reservatório artificial” que recebe água residuária, contendo grande quantidade de matéria orgânica (figura 1.1). Elas são os mais simples métodos de tratamento de esgotos que existe. São construídas de escavações vasas cercadas por taludes de terra. Geralmente têm a forma retangular ou quadrada (Chisca, 1999).



Figura 1.1 – Lagoa de recepção no bairro de Ponta Negra – mar/2000.

“Alagados” são áreas caracterizadas pela presença de água (figura 1.2), principalmente nos meses que ocorrem elevadas precipitações pluviométricas (Silva et al. 1999).



Figura 1.2 – Área de alagado (BR 101) – jun/2000.

“Bacia” é uma depressão de forma variada, ou conjunto de terras, que podem ser eventualmente ocupadas por rios e lagos (Silva et al. 1999, p. 26);

“Bacias de Drenagem” é o mesmo que área de drenagem ou bacia hidrográfica, conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Nas depressões longitudinais se verifica a concentração das águas das chuvas, isto é, do lençol de escoamento superficial, dando o lençol concentrado – o rio (Guerra & Cunha, 1996).

O termo (des)caracterização significa o processo de alteração do estado atual dos ecossistemas lacustres estudados, ao longo de um certo período de tempo, refletindo as transformações processadas pela ação do homem.

“Estirâncio” é porção da praia suavemente inclinada para o mar, exposta na maré baixa e que, na faixa de alguns metros próxima a água, acha-se permanente úmida (Magliocca, 1987).

“Impactos antropogênicos” São impactos relacionados a atividades humanas (Rohde, 1996).

1. 4- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo compreende a cidade de Natal (figura 1.3) , situada na região Nordeste do Brasil, mais especificamente no litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte, inclusa na Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte, de idade cretácea, com uma altitude média de 40 metros, apresentando uma população de 656 037 habitantes, com uma área de 169,9 km², que representa 4,9% da área do Estado, possuindo uma densidade demográfica de 38,81 hab/ha (IBGE,1996), sendo delimitada pelas coordenadas geográficas:

Latitudes: 5° 44'35"; 5° 49'27" e 5° 54'19"S.

Longitudes: 35° 09'17" ; 35° 11'22"; 35° 14'22" e 35° 17'04"W.

A cidade de Natal possui 36 bairros subdivididos em quatro regiões administrativas, Norte, Sul, Leste e Oeste, regulamentados pelo Plano Diretor em vigor, desde 1994, estabelecido pela Lei complementar nº 07 de 05 de agosto de 1994

CAPÍTULO 2 - CONDICIONAMENTO FÍSICO

2.1 - CLIMA

O clima da cidade de Natal, segundo a classificação de Köppen é do tipo climático AS', é um clima quente e úmido, com chuvas de outono-inverno e verão seco (Andrade, 1977), influenciado pelas massas de ar oriunda do Oceano Atlântico, constituída pelos ventos alísios de Sudeste para Noroeste, responsáveis pelas condições climáticas amenizantes da cidade. O período chuvoso compreende os meses de março a julho, sendo que as máximas estão entre abril e julho, registrando chuvas torrenciais e esparsas.

2.1.1 - TEMPERATURA

A temperatura do ar predominante é elevada e bem mais uniforme que em outras regiões do Brasil. Possui uma média diária de 24,4°C. Em média a amplitude térmica é de 8,4°C, enquanto há uma oscilação média diária de 21,8°C a 30,2°C. A tabela 2.1 mostra as médias mensais das temperaturas mínima, média e máxima na cidade de Natal no período de 1961 a 1990.

De acordo com os dados da Estação Climatológica Principal da UFRN, período de 1984-1993, as maiores insolações ocorreram nos meses de outubro, novembro e dezembro, com valor que atinge 288 horas (outubro). A insolação média anual está compreendida entre 2 591 e 3 189 horas, meses em que o nível d'água das lagoas naturais estão mais baixos.

Tabela 2.1

Temperaturas na cidade de Natal – Mensal e Anual- 1961-1990

MêsTemp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Mínima	22,1	24,4	22,6	22,6	22,0	21,4	20,7	20,5	20,6	21,1	21,5	22,0	21,8
Compensada	26,4	26,5	26,3	26,1	25,4	25,2	24,0	24,2	23,4	24,7	25,9	26,3	25,4
Máxima	31,4	31,3	31,0	30,6	29,7	28,8	28,3	29,1	24,5	30,4	31,0	31,3	30,2

Fonte: INMET, Normais Climatológicas – 1992

2.1.2 – PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

A precipitação pluviométrica é um dos elementos climáticos de maior importância para a alimentação das lagoas na cidade de Natal. Nesse sentido devido à permanência da ocorrência de chuvas intensas e concentradas em pequenos intervalos de tempo, a sua distribuição temporal é de fundamental importância.

A cidade de Natal caracteriza-se por apresentar um alto grau de heterogeneidade espacial e temporal do seu regime pluviométrico, ocasionando com isso anos com excesso de precipitação, contrastando com anos de elevado déficit pluviométrico.

As precipitações pluviométricas da cidade de Natal apresentam-se com grande oscilação variações mensais de 17,5 mm a 204.5mm, com revezamento de chuvas intensas nos meses de abril a julho. Segundo Maurício (1970), na Estação Meteorológica M.A. Na cidade de Natal no período de 1931-1960, as precipitações pluviométricas foram em média 1.547mm. Na Estação Climatológica Principal da UFRN, no período de 1984-1999, os índices pluviométricos variaram de 859mm em 1993 a 2. 438mm em 1986, (tabela 2.2),

Tabela 2.2
Dados de precipitação pluviométrica da cidade de Natal – Ano 1984 – 1999.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1984	48,9	88,3	247,4	393,4	623,7	247,1	140,1	190,7	39,6	48,9	14,4	19,0	2.101,5
1985	144,3	256,1	352,5	177,3	354,0	191,6	394,8	181,3	127,6	1,4	19,9	23,3	2.224,1
1986	52,5	238,0	284,3	577,3	355,9	316,9	112,5	194,0	81,0	57,3	127,7	41,1	2.438,5
1987	26,6	76,9	246,8	280,9	87,0	349,3	281,7	36,7	50,8	20,7	15,5	5,4	1.478,1
1988	18,7	127,4	332,4	277,9	370,0	404,0	309,0	128,8	78,3	9,7	21,0	81,5	2.158,7
1989	38,9	35,1	70,3	341,2	137,3	88,8	102,9	121,9	50,5	39,5	24,4	104,5	1.155,3
1990	42,5	23,6	58,9	141,4	187,9	275,7	167,2	195,1	61,0	23,1	54,5	2,7	2.223,6
1991	27,1	16,4	106,1	306,5	304,9	234,6	143,5	73,4	9,4	24,4	45,5	6,8	1.298,6
1992	52,6	184,4	288,7	315,0	130,8	343,4	80,5	157,7	32,1	4,0	26,2	6,4	1.621,8
1993	21,6	29,4	84,8	227,8	39,9	164,9	129,6	35,8	10,9	61,9	15,5	36,9	859,0
1994	94,5	86,2	237,0	275,7	279,7	624,9	399,6	84,6	57,3	4,5	20,4	19,9	2.184,3
1995	24,6	60,6	278,0	237,4	392,3	254,4	408,3	34,8	21,6	4,2	41,3	0,4	1.757,9
1996	37,0	69,7	216,2	359,3	154,6	251,4	145,8	125,4	86,7	78,4	45,1	17,2	1.587,0
1997	13,3	72,8	159,6	256,2	340,0	77,7	79,8	121,3	5,1	3,0	2,7	55,8	1.187,3
1998	49,2	78,3	81,4	74,7	171,7	210,0	789,0	138,7	19,0	13,7	13,0	10,0	1.758,3
1999	12,6	143,8	139,2	175,8	289,5	131,5	31,1	49,8	51,1	14,5	5,4	66,9	1.111,2

FONTE: UFRN – Estação Climatológica Principal- 2000.

O volume de água precipitada na cidade de Natal, nos meses de junho e julho de 2000, por exemplo, ocasionou um aumento significativo do nível d'água das lagoas naturais. Os dados da tabela 2.3 retratam a umidade relativa do ar, precipitações pluviométricas e temperatura nos referidos meses.

Tabela 2.3

Umidade Relativa, Temperatura e Precipitação Pluviométrica na cidade de Natal-
junho e julho/2000.

Dia	Junho 2000			Julho 2000		
	Umidade Relativa	Temperatura	Precipitação Pluviométrica	Umidade Relativa	Temperatura	Precipitação Pluviométrica
01	91	27.7	0.0	98	23.0	146.2
02	89	28.0	0.0	97	23.0	30.6
03	90	26.9	0.0	94	24.0	17.0
04	88	27.2	0.0	94	24.0	10.9
05	89	27.2	0.0	95	24.0	3.7
06	92	26.4	0.0	93	25.0	0.0
07	92	26.4	2.0	94	23.0	14.8
08	93	26.3	43.0	91	26.0	2.4
09	92	26.1	32.0	93	25.0	22.0
10	95	18.1	39.0	96	24.0	22.0
11	94	26.2	125.4	90	26.0	6.4
12	92	26.2	0.0	94	24.0	60.8
13	93	26.3	0.5	91	25.0	1.7
14	97	23.4	81.3	90	25.0	6.7
15	95	24.9	10.4	91	25.0	1.0
16	94	18.3	2.3	91	26.0	0.0
17	91	26.6	7.5	90	27.0	0.0
18	91	26.7	0.0	91	27.0	0.0
19	92	26.8	31.3	94	24.0	66.4
20	90	26.9	12.6	94	25.0	0.0
21	92	26.8	0.0	94	26.0	8.8
22	92	26.6	0.0	91	26.0	30.7
23	93	26.1	11.2	91	26.0	0.6
24	90	26.7	0.0	92	25.0	0.1
25	93	18.1	16.9	95	26.0	3.2
26	94	22.7	151.9	95	24.0	11.3
27	96	23.7	53.1	95	24.0	17.8
28	95	24.1	19.0	92	25.0	0.8
29	98	22.3	55.6	91	25.0	0.0
30	96	24.7	15.0	91	25.0	0.0
31				94	25.0	0.8

Fonte: UFRN- Estação Climatológica Principal-2000

Entre os elementos climáticos, no caso específico desse estudo, destacam-se a temperatura, o vento, as precipitações pluviométricas e a umidade relativa do ar. A temperatura influencia na variação da umidade do solo e as precipitações pluviométricas influenciam no nível de água das lagoas e na qualidade dessa água que chega até elas,

depois de lavar a superfície terrestre. Essa água tem uma influência nos processos de escoamento superficial e subsuperficial, de modo que, a forma como as chuvas são distribuídas, ao longo do ano, têm correlação direta com o nível de água das lagoas da cidade de Natal.

2.1.3 - VENTOS

Os ventos que sopram na cidade de Natal são 86% de sudeste com pouca intensidade (tabela 2.4), apresentando no período de 1961-1990, uma média de 4,7m/2, porém contínuos, qualificados como os Ventos de Alísios de Sudeste, oriundos do Oceano Atlântico, responsável pela estação chuvosa nos meses de março a julho, seguido de ventos Sul que proporcionam os meses estivais.

Tabela 2.4
Velocidade média dos ventos na cidade de Natal, no período de 1961-1990

Mês/vento	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Velocidade (m/s)	4,7	4,2	2,9	2,9	4,2	4,4	4,7	4,9	5,4	5,0	4,4	4,5	4,4

Fonte: INMET, Normais Climatológicas – 1992

A dinâmica do vento é mais ativa no período de agosto a janeiro, coincidindo com a época que ocorre redução da umidade e ressecamento da superfície terrestre que, juntamente com a degradação da vegetação, faz com que os grãos de areia, principalmente os mais finos, tornem-se insceptíveis ao deslocamento e transporte.

2.1.4 - UMIDADE RELATIVA DO AR

A média da umidade relativa do ar na cidade de Natal é bastante homogênea e estável, atinge um valor médio anual de 79,3%, raramente ultrapassa valores menores que 74% (tabela 2.5). Os valores máximos são atingidos nos meses de abril, maio, junho e julho, que correspondem em grande parte ao período de temperaturas mais baixas.

Tabela 2.5

Umidade relativa do ar na cidade de Natal – Mensal e Anual

Mês/variável	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Umidade	77	78	81	83	84	84	84	80	77	75	74	75	79,3

Fonte: INMET, Normais Climatológicas – 1992

2.1.5 - INSOLAÇÃO

As maiores insolação na cidade de Natal, de acordo com os dados da Estação Climatológica Principal da UFRN, no período 1984-1993, ocorreram compreendidas entre agosto e fevereiro (período seco), com valor que atinge 288 horas. Nos meses de março a julho, com valor de 189 horas, a insolação média anual está compreendida entre 2591 e 3189 horas (tabela 2.6), o que favorece ao processo de evaporação das lagoas.

Tabela 2.6

Insolação na cidade de Natal – Mensal e Anual

Mês/variável	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Insolação	254,7	205,6	198,9	173,6	193,8	178,0	192,8	235,6	248,2	253,3	279,2	262,9	2,677,2

Fonte: INMET, Normais Climatológicas – 1992

2.2 – VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal da área, conforme estudos de Tavares (1960, 1964) e Freire (1990), é associada às feições morfológicas existentes e que são representadas pelos campos dunares, praias e mangues, fazendo parte assim, do domínio da Mata Atlântica, ocorrendo os seguintes tipos: floresta Ombrófila Densa/Aberta (matas de dunas/tabuleiros denso/ralo e mata ciliar); Floresta Estacional Semicaducifolia Densa/Rala sobre os tabuleiros); associados aos ecossistemas Manguezal e à Formação Vegetal Tabuleiro litorâneo, cuja fisionomia assemelha-se ao cerrado.

Nas praias e nas dunas recentes são encontradas formações rasteiras instaladas sobre sedimentos areno-quartzosas recentes de origem marinha. Apresentam-se como espécies herbáceas: *Ipomea pescaprae* (salsa de praia), *Panicum racemosum* (capim-de-areia), *Sporobolus virginicus* (capim barba-de-bode) e *Iresine portucaloides* (pirrixiu).

A vegetação nas dunas antigas ora se apresenta de porte baixo, destacando-se o *Hymenaea* sp. (jatobá), *Cecropia* sp. (imbaúba), *Caesalpinia* sp. (pau-dárco),

Hancornia speciosa (mangabeira), Anacardium (cajueiro), Coccoloba Angelim (cajueiro bravo), Anacardium sp. (caju), Guettarda Angelim (angelia), Andira sp. (Angelim), e outras.

Com a urbanização desencadeada a partir dos anos 90, grande parte da cobertura vegetal original das dunas foi retirada, intensificando-se com a implementação dos loteamentos Henrique Santana, Vale do Pitumbu e San Vale localizados nas dunas de San Vale

A vegetação de mangue, do estuário do Potengi/Jundiaí, vem sofrendo diferentes tipos de impactos ambientais, não só com a retirada da vegetação para construções de residências, como também devido ao crescimento urbano.

2.3 - SOLO

Os solos da área de estudo, de uma forma mais abrangente se enquadram na classificação pedológica conforme BRASIL/MIN.AGRIC./MIN. (1971); BRASIL/PROJ. RADAMBRASIL (1981), nas seguintes unidades originárias de dois períodos geológicos: Quaternário e Terciário. O primeiro refere-se às formações mais recentes, que dá origem às dunas, formadas pelas areias quartzosas marinhas. Apresenta solos profundos, moderadamente drenados; solos aluviais, solos glei e indiscriminados de mangues. O segundo trata-se da Formação Barreiras que está relacionado com as planícies sedimentares costeiras (tabuleiros) e formam os latossolos, areias quartzosas distróficas e podzólicos, além das colinas cristalinas que estão sobre embasamento cristalino granito e gnaisse, que dá origem a podzólicos, litossolos e bruno-não-cálcicos.

Segundo Nunes (1996,p.142-143), que elaborou a carta de cobertura de alterações intempéricas, com o objetivo de auxiliar no *levantamento semidetalhado de solos da área e o planejamento do uso. Onde as Coberturas de Alterações Intempéricas são materiais inconsolidados que recobrem a superfície terrestre, resultantes dos processos de intemperismo de rochas sedimentares que, a partir da intemperização e pedogênese, este passou a constituir-se em cobertura de alteração intempérica ou solo.*

Nunes (1996) identificou na cidade de Natal três tipos de solos relacionados aos compartimentos de relevo, que apresentam as seguintes características:

- Areias Quartzosas Distróficas, são solos profundos, apresentando o horizonte “A” bem incipiente, com textura arenosa, granulometria

dominante de areia média a fina, friáveis, excessivamente drenados, com baixa fertilidade e quimicamente ácidos.

- Areias Quartzosas Distróficas Marinha, encontrados nas feições de dunas, correspondendo às areias de origem depositadas pela ação eólica compreende os solos de textura arenosa, granulometria fina à média, profundos, ácidos, baixa fertilidade, porosidade elevada, com ausência de escoamento de águas pluviais. Apresenta um relevo suave a ondulado, desenvolvido em feições dunares com cobertura vegetal herbácea, arbustiva e arbórea.
- Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico profundo, com drenagem intermediária, sujeito a erosão laminar, sulco e ravinamento, apresentando textura variada de acordo com os horizontes, ocorrendo arenosa a média nos horizontes superiores, textura argilosa nos horizontes inferiores, onde apresentam-se fortemente intemperizados, com alto teor de óxido de ferro e argilas avermelhadas.

2.4 - HIDROGRAFIA

A hidrografia da área de estudo está representada pelo estuário Potengi/Jundiaí, e pelos rios Doce, Pirangi, tendo como afluente o Pitimbu e os riachos do Baldo, das Quintas, Ouro e Prata, cuja perenização é atribuída ao índice pluviométrico da área e águas subterrâneas liberadas pelos aluviões e dunas.

O rio Potengi nasce em uma região de serras cristalinas do semi-árido do Estado do Rio Grande do Norte, a serra de Santana e banha os municípios de Cerro Corá, São Tomé, São Paulo do Potengi, Ielmo Marinho, Macaíba, São Gonçalo do Amarante e Natal, tendo como afluentes principais o rio Camaragibe, pela margem esquerda, e o Jundiaí pela margem direita. Toda a rede hidrográfica não é contínua, permanecendo os rios secos a maior parte do ano, a exceção da região do baixo curso, onde se tornam perenes, com influencia das marés. Sua bacia drena aproximadamente 8,44% da superfície estadual, o que corresponde a 4.474 km², com uma extensão de 125 km². Em seu trecho final sofre influência direta das marés, com variações de ordem de 2,7m (CAERN, 1995). Recebe a contribuição dos riachos: das Quintas (Lavadeiras ou

Coemaçu) e do Baldo (ou Tiçuru, que era a principal fonte de abastecimento d'água para a população de Natal durante os 2 primeiros séculos (VII e VIII) (Casculo, 1968).

A coalescência das águas do rio Potengi com as do rio Jundiaí forma o estuário, aqui denominado de “estuário Potengi/Jundiaí”, pelo qual ocorre o avanço das marés, com influência de até 20 km da sua embocadura..

O estuário do Potengi/Jundiaí, localizado na área urbana da cidade, abriga em seu interior um porto comercial e a Base Naval. Recebe a contribuição do rio Jundiaí, que embora seja mais volumoso, reúne-se ao Potengi na localidade de Três Bocas (Casculo, 1968,p.96), dos riachos da Prata e do Ouro, do rio Doce e de outros riachos de pequena vazão. Atualmente o estuário é ponto final de esgotos domésticos e industriais sem tratamento prévio. Devido a crescente expansão demográfica e industrial da cidade, está ocorrendo o aterramento de grande parte desse ecossistema, onde a foz está sofrendo inúmeras alterações decorrentes da ação do homem. Pode-se citar as dragagens na calha do estuário com o objetivo de ampliar a capacidade portuária, a construção de margens artificiais, e eliminação de rochas submersas para viabilizar a entrada de navios de grande porte.

O rio Doce corre na direção leste. De pequeno porte, está encravado nos sedimentos da Formação Barreiras, alimentado pelo fluxo superficial da lagoa de Extremoz e por ressurgência de águas subterrâneas dessa formação geológica. Este rio mostra uma declividade quase nula e é alimentado em todo o seu percurso de 14 km aproximadamente por fontes (olheiros), devido ao leito do seu canal se encontrar mais baixo que o nível estático das águas, principalmente durante a estação chuvosa. Corre sobre os sedimentos quaternários de dunas e aluviões até desembocar no estuário. Apesar de seu caráter perene, apresenta uma pequena descarga durante a maior parte do ano em torno de $2\text{m}^3/\text{S}$ (Cunha, 1982).

A bacia do Pirangi localiza-se no litoral Oriental do Estado, possuindo uma área de aproximadamente 400km^2 , abrangendo os municípios de Parnamirim, São José de Mipibu, Vera Cruz, Nísia Floresta e Macaíba, além da parte sul da cidade de Natal. A referida bacia reveste-se de elevada importância, uma vez que é responsável pelo abastecimento d'água das referidas cidades, incluindo toda Zona Sul da cidade de Natal.

O rio Pitumbu situado ao sul da cidade, inserido na bacia hidrográfica do rio Pirangi, é de menor porte, e parte em direção à Praia de Pirangi (município de

Parnamirim), onde lança suas águas no oceano Atlântico, depois de ter-se juntado aos rios Taborda e Pium. Limita a cidade no setor sul, estando encravado nos sedimentos da Formação Barreiras, do tipo perene, sendo alimentado por ressurgência de águas subterrâneas dessa formação geológica.

O riacho do Baldo drena uma área aproximadamente de 4,7km². Atualmente encontra-se totalmente retificado, tendo sido projetado e executado um canal trapezoidal, revestido em toda sua extensão.

O riacho das Quintas é inexpressivo no contexto de drenagem pluvial da cidade de Natal. A sua extensão total não atinge 500m.

As feições geomorfológicas desenvolvidas na área proporcionam uma drenagem com trechos retilíneos intercalados com pequenos meandros, com reduzidos escoamentos e elevadas taxas de infiltração. A impermeabilização artificial provocado pelo crescimento da cidade produz, entretanto, fortes escoamentos superficiais e alagamentos, afetando assim, as condições naturais da drenagem das águas. (ACQUA-PLAN, 1988; Melo & Figueiredo, 1990).

O traçado morfológico dos rios citados está ligado a processos tectônicos, assim como o estuário do Potengi/Jundiaí e o vale do rio Jundiaí estão situados dentro do “graben Natal” e o rio Pitimbu tem parte do seu curso controlado pelo “graben Parnamirim” (Salim, Lima & Mabesoone, 1974 b).

Outro aspecto importante encontrado na geomorfologia da cidade, são as depressões fechadas, formando sub-bacias confinadas onde as precipitações pluviométricas se direcionam formando áreas alagadas (figuras 2.1 e 2.2).



Figura 2.1 – Vista panorâmica da BR 101 em área de sub-bacia confinada, na altura do conjunto habitacional Mirassol em período chuvoso junho/2000.



Figura 2.2 – Vista panorâmica da BR 101 em área de sub-bacia confinada, na altura do conjunto habitacional Mirassol no período de verão - set/2000).

Ocorrem na área de estudo algumas lagoas alinhadas, como as três lagoas do conjunto habitacional Jiqui/Pirangi; as lagoas Azul Dendê, Pajussara e Guamoré no

vale do rio Doce; lagoa Manuel Felipe, no bairro do Tirol; e a lagoa Lagoinha, formada por sete pequenas lagoas no bairro de Ponta Negra. São originadas do afloramento de águas subterrâneas provenientes do aquífero Dunas/Barreiras e alimentadas principalmente pelas precipitações pluviométricas, que são o foco de nosso estudo. (Carta Geomorfológica da cidade de Natal).

2.4.1 – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A cidade de Natal situa-se sobre um grande manancial de água subterrânea de excelente qualidade em suas condições naturais. Entretanto, as águas subterrâneas do sistema Aquífero Dunas/Barreiras (Melo, 1995) estão sujeitas à degradação devido às atividades desenvolvidas no meio urbano.

O sistema aquífero Dunas/Barreiras comporta-se como um sistema de tipo livre e o seu nível potenciométrico flutua com as variações sazonais. Assim sendo, suas potencialidades estão condicionadas à infiltração direta das águas de chuva nas dunas e demais coberturas superficiais, cujo volume efetivamente infiltrado restitui as reservas de águas subterrâneas que se perdem nos escoamentos naturais e exploração por poços e também alimentam o fluxo subterrâneo (Melo, 1998).

Estudos realizados pelo IPT (1982) indicam que a partir do estuário do Potengi/Jundiaí em direção ao norte, até a cidade de Touros (RN), o aquífero Barreiras é constituído predominantemente por sucessões sedimentares arenosas que formam, juntamente com as dunas e os aluviões, um sistema hidráulico único, do tipo livre. Do estuário do Potengi/Jundiaí para o sul até o limite com o Estado da Paraíba, a parte superior da Formação Barreiras apresenta camadas de sedimentos mais finas, intercaladas aos arenitos, o que lhe atribui, em grande parte, caráter semiconfinado.

Estudos mais recentes efetuados por Melo (1995), mostram que na zona sul da cidade de Natal as dunas e os sedimentos da Formação Barreiras constituem, de um modo geral, um sistema hidráulico único, complexo e indiferenciado, que foi denominado de “Sistema Aquífero Dunas/Barreiras”, onde as dunas exercem um papel fundamental na infiltração das águas das precipitações pluviométricas em direção ao estrato arenoso inferior do Aquífero Barreiras.

Segundo Melo (1998), na cidade de Natal, os 410 poços tubulares perfurados no Aquífero Barreiras revelaram que a profundidade média dos poços é de

cerca de 58m, com uma máxima de 180m. A espessura média da camada saturada (análise de 882 poços) é de 26m, sendo que em 70% dos casos espessuras saturadas situam-se na faixa de 17 a 34m.

As condições climáticas bem como as feições geológicas/geomorfológicas da cidade, limitaram a ocorrência de cursos expressivos de águas superficiais; por outro lado, privilegiaram em água subterrânea, que apresenta dois aspectos distintos de aquíferos: o aquífero de Dunas ou aquífero livre, e o aquífero Barreiras ou aquífero confinado.

O aquífero Dunas é também denominado de aquífero livre ou aquífero freático ou ainda aquífero superior, sendo formado por depósitos de areias eólicas (dunas) e cobertura arenosa de espraiamento, em decorrência de sua natureza litológica, apresentando boa capacidade de infiltração, armazenamento e circulação, podendo aflorar suas águas com cotas menor ou igual a 30m (trinta metros) do nível do mar, principalmente; em feições de tabuleiro costeiro em forma de bacia de acumulação d'água e corredores interdunares, como pode ser observado na área com a formação das lagoas. Sua importância como manancial subterrâneo é em função da velocidade de escoamento que se renova sazonalmente onde a espessura saturada varia em função do nível das águas subterrâneas. No período seco as dunas permanecem insaturadas e, na época das chuvas, mediante alimentação do sistema hídrico subterrâneo, o nível destas sobe penetrando nos estrados dunares, em zonas de relevo mais baixo.

O aquífero Barreiras, também denominado de aquífero “semiconfinado” é formado por fácies¹ inferiores da Formação Barreiras. Compreende fácies sedimentares de textura variável, ocorrendo desde arenitos finos, médios e grossos a conglomeráticos sem intercalações de fácies de siltitos e argilitos, que aumentam a complexidade do sistema hidráulico. Esse aquífero constitui-se no principal manancial subterrâneo para o abastecimento da cidade, tendo em vista que a sua utilização vem crescendo de forma exponencial nas últimas décadas, devido a escassez de águas superficiais na cidade.

Apesar de sua importância para o abastecimento da cidade e da excelente condição físico-químicas para o consumo doméstico, as águas subterrâneas estão sujeitas à degradação devido a ações impactantes sobre a superfície do solo, que podem vir a

¹ Fácies: conjunto de caracteres de ordem litológica e paleontológica, que permite conhecer as condições em que se realizaram os depósitos sedimentares. Graças a natureza da fácies, pode-se tirar uma série de conclusões, tanto para a geologia como para a geomorfologia. (Silva et al.1999, p.109).

contaminar em função da susceptibilidade deste aquífero ser contaminado por efluentes sanitários e lagoas de captação de águas pluviais, que recebem esgotos “in natura”, ligados clandestinamente às galerias pluviais. Existe pouca ou nenhuma preocupação a cerca dos riscos de contaminação da água subterrânea na cidade por parte dos órgãos de Planejamento urbano e órgãos ambientalistas.

Para Melo (1995), o aquífero Dunas/Barreiras (confinado ou semiconfinado) é formado de arenitos da seqüência sedimentar da Formação Barreiras, de textura variada de finos a grosseiros, às vezes com cascalhos. Limitado na sua parte superior por sedimentos heterogêneos, formados de argilas e arenitos argilosos e na parte inferior, encontra-se limitado por arenitos carbonáticos.

Segundo Nunes (1996), os poços artesianos devem ter proteção contra os riscos de poluição por efluentes os mais variados, decorrentes da falta de saneamento da cidade, quando cerca de 70% da água consumida provém de aquíferos.

As dunas da área, além de exercerem um papel embelezador e protetor, têm o objetivo de regular a distribuição da água subterrânea em ampla superfície da Formação Barreiras, formando assim, o aquífero Dunas/Barreiras (Melo, 1995). Em função de sua litologia e estratigrafia, com satisfatória capacidade de infiltração, armazenamento e circulação de água, comportam reservas apreciáveis, admitindo-se serem essas da ordem de 70 000 000m³, numa superfície de aproximadamente 100m² (CAERN 1995).

2.5 - GEOLOGIA/GEOMORFOLOGIA

A área está inserida na faixa sedimentar costeira oriental do Estado, no contexto da sub-bacia Natal, pertencente à Bacia Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte.

A estratigrafia é representada por rochas sedimentares mesozóicas que repousam discordantemente sobre rochas pré-cambrianas do Embasamento Cristalino, sendo as mesmas sobrepostas por sedimentos terciários/quaternários da Formação Barreiras e quaternários da Formação Potengi, arenitos praias holocênicos (beach rocks), areias de dunas sub-recentes e recentes, coberturas arenosas, sedimentos praias, aluvionares e sedimentos indiscriminados de mangues depositados no estuário.

2.5.1 – O MESOZÓICO

Os sedimentos mesozóicos, representados por uma seqüência de provável idade cretácea, ocorrem em subsuperfícies e são detectados apenas em perfis de poços de captação de águas subterrâneas, ocorrendo sobpostos aos sedimentos da Formação Barreiras. Compreende duas unidades: Seqüência Clástica Inferior, de origem fluvial, de sistemas de baixa sinuosidade até meandrante, e Seqüência Carbonática Superior, próprios talvez de águas rasas, lagunares até de plataforma submersa rasa.

2.5.2 – O CENOZÓICO

A cidade de Natal apresenta aspectos geológico-geomorfológicos e situação geográfica que a tornam *sui generis* dentre as capitais brasileiras. Encravada no encontro do estuário Potengi/Jundiá com o Oceano Atlântico, estende-se sobre o tabuleiro costeiro, contornado por depósitos eólicos quaternários, constituindo verdadeiro campo de dunas fixas e móveis que emolduram seu espaço urbano e empresta-lhe feição topográfica peculiar.

Segundo Nogueira (191982), o “Tabuleiro Costeiro” pode ser correlacionado, na classificação geomorfológica regional, a “Superfícies Velhas” de King (1956), ou Pd1 de Bigarella & Ab’Saber (1964) a “Superfície dos Tabuleiros” de Mabesoone & Castro (1975), ou ainda à “Superfície de Aplainamento” de Villaça (1985). Apresenta-se com um relevo plano a suavemente ondulado, sendo originado a partir das seqüências sedimentares da Formação Barreiras.

Os Tabuleiros Costeiros, segundo Silva et al.(1999) correspondem a uma forma topográfica que se assemelha a um planalto, terminando de maneira abrupta que contorna a zona costeira, apresentando um topo plano com vegetação típica. Apesar da baixa fertilidade também são ocupadas com fruticultura e pastagem. Esta área no Nordeste brasileiro aparecem em quase toda a costa. Caracteriza-se por ser uma paisagem de topografia aproximadamente plana, sedimentar e de baixa altitude variando de 30 a 150m acima do nível do mar, ligeiramente acunhado em direção a oeste. Estas feições geomórficas terminam em falésias fósseis na área da planície quaternária.

Na área da cidade de Natal, grande parte deste Tabuleiro encontra-se recoberto por areias de espriamento e pelos depósitos de areias eólicas formadores do campo dunar, aprisionadas as depressões acirculares e alongadas deste tabuleiro,

originando as lagoas, ou aprisionando o Tabuleiro Costeiro, em forma de corredores interdunares. Esses terraços são sustentados pela Formação Barreiras e constituída de siliciclásticos de granulação fina a grossa de cores variadas e grau de compactação insignificante, depositada sob a forma de leques aluviais coalescentes no final do Plioceno (Bigarella & Ab'Saber 1964, Mabessone; Campos e Silva & Burlen, 1972, Martin et al. 1980).

Segundo Moreira (1996) a Formação Barreiras apresenta na cidade de Natal três fácies sedimentares principais, as quais desenvolvem produtos de alteração agrupados em três materiais residuais. A fácies inferior é formada por sedimentos areno-ferruginosa com porções de arenitos argilosos esbranquiçados, apresentando solos residuais, friáveis e de coloração variada. A fácies intermediária, areno-conglomerática, com solo residual bastante alterado, caracterizando-se pela presença de seixos rolados de quartzo e suas variedades criptocristalinas. Na fácies superior, areno-argilosa, ocorre na forma localizada, compreendendo arenitos fios a médios, grossos e conglomeráticos, argilosos, esbranquiçados com solo residual areno-argiloso e areno-arenoso.

Essa Formação apresenta-se na área em estudo com formas suaves e onduladas, e em algumas localidades são interrompidas abruptamente, formando falésias vivas ou mortas ao longo da costa, ou barrancos nas margens dos rios. Em outras localidades, a continuidade desses terrenos é quebrada pelo aparecimento de dunas. (Nogueira, 1981).

Na área de estudo Villaça et al. (1986) denominou Formação Potengi aos sedimentos areno-quartzosos, com pouca argila, grânulos de limonita, seixos distribuídos aleatoriamente e coloração amarelo-avermelhada tornando-se mais escura em direção ao litoral. Na porção superior apresenta laminações paralelas, onde se contata com depósitos de dunas atuais. Englobam-se nesta formação a Formação Potengi descrita por Campos e Silva (1966) e por Bigarella (1975) e ainda a Formação Natal, segundo Nogueira (1981), como também parte dos sedimentos mistos mapeados por Nogueira et al. (1984). A origem desses sedimentos seria depósitos eólicos, correspondendo a uma geração de dunas, existentes na região, sendo, retrabalhada e recebendo contribuições da Formação Barreiras, constituindo hoje solos latossolizados. Caracteriza-se por uma fácies basal conglomerática, sobreposta por uma fácies areno-conglomerática, ocorrendo localmente e expostas em encostas.

As dunas são formadas de areias eólicas modernas e ocorrem principalmente em desertos arenosos e zonas costeiras Brookfield, (1984). A formação desses depósitos sedimentares é controlada pelo clima, pela tectônica e pela eustasia (Pye, 1993).

De modo geral a origem e a evolução das acumulações eólicas são determinadas por fatores ambientais, regionais ou locais, que incluem: a) superfície de sedimentos; b) textura dos sedimentos; c) cobertura vegetal; d) velocidade e variabilidade direcional do vento; e) natureza da topografia em torno ou do substrato sobre o qual se desenvolve o corpo de duna; f) variações climáticas e do nível do mar; e g) soerguimento e subsidência tectônica (Pye, 1993).

Nas zonas costeiras, podem ser citados outros fatores ambientais que influenciam no desenvolvimento de campos dunares (Hesp 1989, Rust 1990, Pye 1993), onde a construção e a evolução das dunas costeiras são decorrentes de processos atuantes em longo e curto prazo. No primeiro caso, a morfologia dunar pode manter-se sem qualquer alteração por centenas a milhares de anos. No segundo caso, a contribuição e a evolução da morfologia dunar estão submetidos às modificações temporais, diárias ou sazonais. Tais modificações, em geral, estão relacionadas com fenômenos naturais, cuja variabilidade depende do sistema de circulação atmosférica local e global, como por exemplo as brisas, marítimas e terrestres, e os ventos alísios, tempestades, fenômenos tipo El Niño etc. Além dos fenômenos naturais, as atividades antrópicas, atividades industriais, agro-pastoris, urbanização, turismo entre outros, podem acelerar ou retardar processos eólicos a curto prazo.

Na região Nordeste do Brasil, a evolução da zona costeira durante o Quaternário foi controlada pelas variações relativas do nível do mar, pelo comportamento dos ventos alísios e pelas variações climáticas. Os campos de dunas costeiras, aí presentes, têm no clima seu controle mais importante (Dominguez; Bittencourt & Martin 1992 e Dominguez, 1995). Os campos de dunas costeiras ativas estão presentes somente naqueles trechos onde ocorrem, pelos menos, quatro meses de seca consecutivos durante o ano. Os depósitos dunares são formados por areias finas médias e grossas, com maior domínio dos grãos grosseiros. As dunas que recobrem grande parte da cidade, repousando sobre a Formação Barreiras e o Pós-Barreiras, são depósitos eólicos encontrados com frequência perto da linha de costa e sua frente domina, no interior, os

espraiamentos superficiais arenosos dos Tabuleiros, que se acumulam ao longo da faixa costeira pela ação dos ventos e constituem as feições geomorfológicas mais conspícuas na cidade de Natal. No conjunto, apresentam formas colinosas suavemente arredondadas, paralela ou semi-paralelas, dispostas segundo a orientação geral SE-NW. Mostrando um alinhamento notável, condicionado aos ventos predominantes de sudeste.

A julgar pela fotointerpretação, morfologicamente as dunas devem ser consideradas parabólicas, sendo comum a modificação das mesmas, em virtude do progressivo estiramento, para formas mais alongadas. São em geral formadas de areias finas as médias, quartzosas, em alguns casos argilosos, cores brancas, amarelas ou avermelhadas, de boa seleção. Segundo Andrade (1977), estudos sedimentológicos mostram grãos predominantemente subarredondados, de brilho fosco e valores de seleção situados entre 0,37 e 0,75, comprovando sua gênese eólica, considerando-se os parâmetros geralmente admitidos por diversos autores.

Costa (1971), baseado em estudos de Tricard & Cardoso (1968), atribuiu à idade das dunas ao Pleistoceno. Na realidade, dentro deste, a sua cronologia não é uniforme, mostrando empilhamentos em fases distintas, e subdivisão das dunas da cidade em quatro tipos distintos geralmente. Foram classificadas dois tipos principais quanto a sua topografia, idade relativa, litologia e coloração: as dunas antigas, intermediárias e recentes ou atuais.

As dunas litorâneas da cidade de Natal fixam-se por efeito da vegetação que lhe impõe um confronto constante entre o movimento das areias e a vegetação, acabando por acontecer o efeito resultante do interveniente que se impuser ao outro. Normalmente, para o interior, sempre que a velocidade do vento abranda, e, portanto, a sua capacidade de transporte diminui, a vegetação inicia a sua fixação, o que constitui um entrave à deflação.

As feições dunares que compõem o Parque Estadual das Dunas, são formadas de várias dunas interligadas da direção sudeste-noroeste (mesma direção dos ventos alísios), e se acham separadas por corredores que em seu conjunto constituem um sistema único de direção norte-sul. Apresentam largura média de 1,5 km, altitudes que atingem mais de 120m, e alturas que variam de 60 a 80m em relação ao sopé das elevações. Essa configuração dunar é caracterizada por vertentes mais suaves na direção

dos ventos (sudoeste-noroeste), constituído o barlavento mais abrupto na região de sotavento (Freire, 1990).

Os corredores interdunares são feições geomorfológicas encontrados entre os flancos das dunas, apresentam uma topografia plana e suavemente côncava. Neste compartimento é possível observar-se, em alguns locais, o afloramento das águas do aquífero livre, chegando a formar lagoas interdunares, perenes e intermitentes.

As depressões a circulares e alongadas são encontradas tanto nos corredores interdunares como nas interfaces entre dunas e tabuleiro costeiro, onde são observadas lagoas intermitentes de porte variado que são alimentadas na sua maioria pelo índice pluviométrico da área e pelas águas do aquífero Dunas/Barreiras. Nesta área, as curvas de nível são concêntricas, diminuindo as cotas das bordas para o centro, estando sujeitas a inundações as áreas com cotas altimétricas inferiores a 30 metros.

Os *beach rocks*, são comumente conhecidos como “arenitos de praia” e representam um importante registro da sedimentação holocênica no Nordeste brasileiro. Segundo Branner (1902), não existe fenômeno mais notável na costa nordestina do que os recifes rochosos.

Eles ocorrem desde o Estado do Ceará até o Estado do Rio de Janeiro (Suguio, 1986). Trata-se de arenitos bem litificados, mostrando estratificações cruzadas acanaladas, tipo “espinha de peixe” e plano paralelas, formadas na área de estirâncio. Oliveira et al. (1990) estudaram os *beach rocks* da cidade de Natal e inferiram sua formação entre o ambiente do estirâncio e de antepraia. Dois cordões de *beach rocks* afloram: um mais recente com idade de 4. 700 anos e outro mais antigo, com 6 500 anos, sendo este mais próximo do continente.

Nas praias urbanas da cidade de Natal, os *beach rocks* ocorrem paralelamente à linha de estirâncio, são pouco contínuos, os situados mais distantes do continente são mais contínuos, aflorando nas praias urbanas do Meio, Forte, e são datados em 4 700 anos. A.P (Oliveira et al 1990) e (Bezerra et al (1998) correlacionam os *Beach rocks* com uma transgressão iniciada há 7 000 anos com ápice em 5 500- 5 000 anos, seguida de uma transgressão até os dias atuais.

Os depósitos aluviais são encontrados na cidade de Natal principalmente nas margens do estuário Potengi/Jundiaí e do rio Doce, estando representados em maior proporção nas proximidades de suas embocaduras formando planícies de inundações,

constituídos de areias finas argilosas e localmente argilas de cor variada do esbranquiçado, amarelado, avermelhado, acinzentado escuro e especialmente cinza clara; observa-se ainda a grande quantidade de bioclastos recentes. Ocorrem também camadas superficiais ricas em matéria orgânica, com espessura de até 1 metro. Sob a camada orgânica ou os sedimentos de mangue, e também ao longo das margens do rio Pitumbu, verifica-se a ocorrência de sedimentos aluvionares de coloração acinzentada e esbranquiçada, de granulometria fina a média (Moreira, 1996).

CAPÍTULO 3- MATERIAIS E MÉTODOS

O roteiro metodológico para abordagem da problemática das lagoas da cidade de Natal baseou-se no enfoque holístico²-sistêmico, que conduz ao conhecimento das relações da interdependência existentes entre os componentes geológicos, geomorfológicos, ambientais e socioeconômicos, integrantes do ecossistema lacustre, considerado como um sistema natural.

Para realizar o presente trabalho e entender como vem ocorrendo a dinâmica da interação entre as atividades humanas e os processos originários naturais na descaracterização geológica/geomorfológica das lagoas na cidade de Natal, foram desenvolvidas atividades teóricas e empíricas.

A execução dos trabalhos seguiu o roteiro metodológico apresentado na (figura 3.1) considerando que, embora os sistemas naturais e as formações socioeconômicas sejam apreendidos segundo lógica distinta, sua integração efetiva ocorre na cidade de Natal e somente seu reconhecimento, através de levantamentos de campo e representações cartográficas dinâmicas, permite o estabelecimento de espaços urbanos para a regulação de seu uso de procedimentos agrupados.

3.1 - A ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

O levantamento bibliográfico foi de fundamental importância, pois serviu de subsídio teórico no entendimento da problemática estudada, bem como para a elaboração do trabalho como um todo. Essa análise consistiu em leituras de trabalhos teóricos desenvolvidos sobre a geologia/geomorfologia, drenagem urbana e lagos urbanos. Envolveu a pesquisa e a coleta de material histórico sobre a cidade de Natal em órgãos públicos de diferentes esferas. Foram reunidas publicações que serviram de subsídios teóricos.

A pesquisa de informações também envolveu o levantamento de materiais como fotografias antigas e aéreas, cartas topográficas e mapas temáticos da área de estudo.

² "A visão holística preconiza o modo orgânico e sistêmico de observar as coisas, isto é, de priorizar o comportamento do modo integrado em detrimento das partes" (Silva, et al.1999, p. 128).

3.2 - TRABALHOS DE CAMPO

Após o levantamento bibliográfico foram realizados trabalhos de campo, com vistas à compreensão e observação da paisagem e da morfologia das lagoas, em três etapas distintas:

Na primeira etapa efetuaram-se visitas aos órgãos municipais e ao Instituto Histórico e Geográfico, entrevistas com pesquisadores e engenheiros que atuaram em diferentes atividades da cidade. Nestas visitas fez-se entrevistas visando um conhecimento mais detalhado da realidade de cada lagoa.

Na segunda etapa efetuou-se o levantamento de campo com o objetivo de observar e avaliar as condições atuais das lagoas, correlacionando com as condições existentes quanto ao impacto sofrido com a intervenção do homem. As observações ocorreram em duas fases, durante os meses de fevereiro, março e abril (período seco) e maio e junho (período chuvoso) de 2.000, sendo possível uma amostragem sob diferentes condições meteorológicas e sazonais. Sempre que necessário, registrou-se por meio de fotografias elementos que mereciam destaque, como lagoas com depósito de lixo e o lançamento de efluentes domésticos e industriais nas lagoas da cidade.

As duas fases foram realizadas, com o auxílio do Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning Systems – GPS), para a localização precisa dos ecossistemas lacustres da cidade de Natal.

A terceira etapa de levantamento de campo foi realizada com base nas informações adquiridas nas duas etapas anteriores, buscando-se identificar e detalhar a evolução das lagoas. Os recursos empregados nessa etapa foram os mesmos das etapas anteriores.

3.3 - TRABALHO DE GABINETE

Para viabilizar o embasamento desse trabalho e alcançar seus objetivos foram necessárias utilizações de práticas e instrumentos das ciências geológicas, geomorfológicas, pedológicas, climatológicas e sócio ambiental. O trabalho contou com a utilização de:

- Interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélites, com o objetivo de confrontar os diferentes momentos da cidade, através da produção de *overlay*;

- Análise de registros cartográficos de anos diferentes, foram de grande importância no preenchimento de lacunas do trabalho fotointerpretativo, juntamente com;
 - Planta do Forte do Rio Grande e arredores, 1633, fornecendo informações sobre a hidrografia da cidade em um período onde a ação humana ainda não estava presente;
 - Mapa do Município do Natal, em escala 1:100 000, ano 1956 destacando com evidência as lagoas Nova e Seca, atualmente descaracterizadas;
 - Mapas Base Prefeitura Municipal de Natal – IPLANAT, escala 1:30.000, ano 1996;
 - Carta Região da Grande Natal-Governo do Estado do Rio Grande do Norte – SEPLAN – IDEC, em escala 1:10 000 e 1 :2 000, ano 1978.

Paralelamente às realizações desse levantamento bibliográfico, foram desenvolvidas atividades como correlação de dados, informações obtidas no levantamento bibliográfico; os dados coletados em campo e a estruturação de dados cartográficos no Sistema de Informações Geográficas IDRISI for Windows. Os dados cartográficos, geológicos, geomorfológicos foram rasterizados e importados para este sistema para serem vetorizado e capturados na base de dados digitais. Em seguida, essa base foi exportada para o programa SURFER version 7.00 (1999). Procedeu-se a análise dos dados de altimetria com o objetivo da construção dos modelos digitais de elevações e dos perfis topográficos das lagoas naturais e da cidade de Natal. Onde possibilitou o conhecimento das características geomorfológicas da área de estudo, que juntamente com os dados socioeconômicos, constituíram a base desse trabalho. Numa primeira avaliação dos resultados, constatou-se que as lagoas estão em cotas altimétricas de 5 a 29 metros, são interdunares, com formas alongadas e semicirculares controladas pela direção das dunas e dos ventos.

Foram digitalizadas, ainda, outras informações disponíveis na forma cartográfica, entre elas as representações das lagoas naturais. Algumas informações tiveram de ser interpretadas de cartas e mapas antigos, como as lagoas desaparecidas, a

lagoa Seca, a lagoa Nova a lagoa da Campina e a lagoa do Jacob. Por último, foram introduzidos no IDRISI as UTM, mediante a criação de arquivos vetoriais de pontos com as coordenadas obtidas em campo com o receptor GPS.

A etapa seguinte foi o processamento das imagens de satélite e fotografias aéreas, com o objetivo de obter a Carta Geomorfológica da cidade de Natal.

Levantada às informações geológicas/geomorfológicas, pedológicas/hidrográficas desejadas, procedeu-se a integração e análise dos dados no SIG. Foram quantificadas as informações referentes às áreas das lagoas trabalhadas.

3.4 - MODELAGEM NUMÉRICA DE TERRENO – MNT

A Modelagem Numérica de Terreno é uma representação matemática da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de determinada região na superfície terrestre. Usualmente são implementadas com o auxílio da capacidade de processamento de um computador. Dentre os usos mais comuns dessa modelagem está o armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas digitais de topografia e mapas derivados como os de declividade, aspecto imagens sombreadas (Burrough, & McDonaell 1998). A partir desta, pode-se calcular volumes, áreas, obter-se perfis ou secções transversais, gerar rateamentos em intervalos desejados e associar o modelo criado a outros planos de informações.

De acordo com Câmara & Medeiros (1998), o processo de geração da Modelagem Numérica do Terreno pode ser dividido em três etapas amostragem, modelagem (ou geração de modelo) e interpolação.

3.4.1 - AMOSTRAGEM

A amostragem compreende a aquisição de um conjunto de amostras representativas do fenômeno de interesse.

As fontes mais comuns de amostras de MNT são: base de dados digitais pré-existentes; bases topográficas com isolinhas e pontos cotados e levantamento de campo.

O cuidado na escolha dos pontos e a quantidade dos dados analisados estão diretamente relacionados com a qualidade do produto final de uma aplicação. No caso dos mapas topográficos a amostragem é feita a partir das isolinhas altimétricas que, por

sua vez, foram impressas em um mesmo equipamento específico, a partir de fotografias aéreas e pontos cotados, amostrados irregularmente, obtidos em trabalho de campo.

3.4.2 - MODELAGEM

A modelagem envolve a criação de estruturas de dados e a definição de superfícies de ajuste para os elementos destas estruturas.

Os modelos podem ser globais ou locais. Os modelos globais são representados por uma função definida utilizando-se todos os elementos do conjunto de amostras. Os modelos locais utilizam funções cujos coeficientes são definidos por elementos amostrais escolhidos dentro de uma região local de interesse.

Os modelos de Modelagem Numérica de Terreno, mais utilizados são: os modelos de grade regular (GRID) e os modelos de grade irregular Triangular (TIN) “Triangular Irregular NetWork”.

O primeiro modelo foi o escolhido no estudo aqui apresentado, em função da maior velocidade de processamento e facilidade operacional, além de representar concretamente o relevo lacustre no mundo real.

3.4.3 - MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO

Escolhido o modelo de grade regular retangular passa-se a definição do método de interpolação. Dentre os métodos de interpolação possíveis analisados estavam os seguintes: Inverso de distância, Near, Triangular, Krigagem.

A escolha do método Krigagem se deu com base em dois critérios: 1 – Semelhança do modelo gerado com as curvas topográficas originais; 2 – Universalidade e flexibilidade do método.

– Vários mapas foram gerados a partir do uso dos vários modelos de interpolação, tendo sido a Krigagem aquele que se apresentou mais semelhante as curvas topográficas originais.

– O método de Krigagem é um dos mais flexíveis, sendo, em geral, o mais comumente recomendado para a maioria dos tipos de dados Golden Software, 1999. O objetivo da krigagem é buscar a melhor estimativa, ou seja, encontrar o conjunto de ponderadores, com mínima variância de estimação ou de krigagem (Corvese e Barbosa, 1970).

A Krigagem (Kriging) ou Krigeagem é um método de interpolação geostático de grade precisa e que produz uma grade acurada de dados, com mapas visualmente “adequados” a partir de dados irregularmente espaçados (Golden Software, 1999).

Os dados obtidos foram, assim, interpolados a partir do método de Krigagem (do francês “Krigeage” e do inglês “Kriging”) passando-se então a etapa de aplicação.

Os trabalhos de elaboração dos perfis topográficos tiveram início com a vetorização das cartas 1:2 000, curvas de níveis com equidistância de 1m, obtidas a partir de sobrevôo de dezembro de 1977 a março de 1978, onde as mesmas foram georreferenciadas, usando o mesmo datum SAD 69 e convertendo as coordenadas para UTM, reamostrando com o Bi-Linear.

A planilha de dados coletada foi exportada como arquivo de pontos X, Y, Z, proporcionando a apresentação dos mesmos, tanto sob a forma de perfis quanto em planta.

Desta forma foram gerados perfis topográficos das lagoas naturais da cidade de Natal, onde se pôde calcular a profundidade das mesmas.

3.5 - ANÁLISE SOCIOECONÔMICA

Para a análise socioeconômica, iniciou-se tomando como referencial a documentação cartográfica, interpretação de imagens de satélite e trabalho de campo, para observações “in loco”.

Partiu-se, primeiramente, de uma concepção conjunta da realidade socioeconômica em desenvolvimento nessa área em que ficam localizadas as lagoas naturais da cidade, que também compreende o objeto de estudo dessa pesquisa. Trata-se de uma realidade configurada por atividades econômicas, destacando-se aquelas ligadas ao setor terciário, assim como, em menor escala as atividades agrícolas, merecendo destaque o plantio de hortaliças em áreas periféricas da cidade. Diante disso, pode-se dizer que a interação entre as atividades humanas e as lagoas naturais da cidade de Natal têm apresentado conseqüências geológicas/geomorfológicas degradantes, tendo em vista o uso irracional, muitas vezes, do solo urbano natalense.

Em face do exposto, objetiva-se, assim, caracterizar nosso objeto de interesse, e compreender a descaracterização das lagoas, bem como das relações entre lagoa x urbanização. Ou seja, construir uma concepção histórico-genérica da ação geológica do homem³ na descaracterização das lagoas naturais da cidade de Natal.

³ “A espécie humana constitui, nos dias atuais, o agente geológico de maior significação”(Rodhe, 1996, p. 121).

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS / DISCUSSÕES

Tendo por base os objetivos propostos nesse estudo, que correspondem à análise da evolução geomorfológica, (des)caracterização e formas de uso das lagoas naturais incrustadas na cidade de Natal, tem-se como relevante destacar os seguintes resultados:

4.1 - REGISTROS HISTÓRICOS

Registros históricos demonstram a importância das lagoas naturais para a cidade de Natal, como área de captação de água, lazer e outras atividades econômicas. A partir da década de 70 aumentaram expressivamente as áreas de ocupação no entorno das lagoas, destacando-se as áreas das lagoas da Campina, do Jacob Nova, Seca; conseqüentemente, houve uma impactação desses ecossistemas lacustres, acelerando e intensificando os problemas de inundações e alagados na cidade.

Durante essa década muitas obras de engenharia civil foram construídas, pelo poder público no entorno das lagoas. Em geral, essas obras não foram executadas dentro de planejamento adequado, principalmente no que diz respeito aos aspectos ambientais.

O aterramento das lagoas da Campina, do Jacob, Nova e Seca, impôs mudanças consideráveis a geomorfologia da cidade de Natal, provocando transformações na paisagem natural.

O maior problema do aterramento dessas lagoas foi a transferência da drenagem urbana da cidade, assim como, outras alterações no entorno dos ecossistemas lacustres, provocando a diminuição do fluxo da drenagem e conseqüentemente, diminuição de sua capacidade de transporte dos sedimentos.

A primeira parte de nossa investigação científica dentro de uma visão teórica do conjunto, refere-se à ação do homem sobre a natureza, as características físicas das lagoas e de seu processo de ocupação urbana. Como passo fundamental para o enquadramento de nossa investigação, em termos geocientíficos, foi caracterizada a ação do homem como agente geológico, em suas amplas possibilidades, e as conseqüências dessa ação na geologia ambiental, concentrando-se nos ecossistemas lacustres da cidade de Natal.

4.2 - OBSERVAÇÕES DE CAMPO

As observações de campo, permitiram diagnosticar a ocorrência de dois tipos de lagoas na área de estudo: as lagoas naturais e lagoas artificiais, aqui denominadas de lagoas de recepção e lagoas de estabilização (quadro 4.1).

Observou-se ainda, que os níveis de variações verificadas nas lagoas da cidade resultam da atuação do balanço da sedimentação local e a ação do homem, que tem contribuído para a destruição das lagoas, afetando o seu regime hídrico e provocando maior incidência de enchentes sobre a área.

Do ponto de vista morfológico da cidade de Natal é condicionada por corpos de dunas do Parque das Dunas e do San Vale. Este condicionamento reflete nas características hídricas superficiais e subsuperficiais da cidade. O sistema de lagoas associadas ao rio Doce, estão relacionadas a corpos de dunas e têm sua origem quando do aprisionamento das águas pluviais nas depressões interdunares superpostas aos sedimentos impermeáveis da Formação Barreiras.

Por outro lado, a lagoa Manuel Felipe e as lagoas da Campina, Jacob, Seca e Nova (estas desaparecidas), embora pareçam ter a mesma origem tiveram sua geometria pretérita totalmente modificada.

Quadro 4.1

Lagoas naturais e artificiais da cidade de Natal

Lagoas	Presente	Transformadas	Bacia de Drenagem	Lagoas Naturais	Lagoas Artificiais		Esgotos clandestinos
					Recepção	Estabilização	
Manuel Felipe*	X	X		X			X
Conj. Hab.Pirangi/ Jiqui (3 lagoas)*	X	X		X			
Cid. Satélite	X	X			X		
Bum Bum		X					
PETROBRÁS	X	X			X		
Preá	X		X		X		X
Potiguares	X	X	X		X		x
São Conrado	X	X	X		X		x
Nova (3 lagoas)*		X		X			
Mirassol		X	X				
Av.Integração	X				X		x
Sapo (alagado)*	X	X		X	X	X	x
Azul Dendê*	X			X			
Lagoinha (7lagoas)*	X			X			x
Pajussara*	X			X			
Guamoré*	X			X			
José Sarney (2 lagoas)	X	X			X		x
Santarém	X	X				X	X
Clube COSERN	X				X		X
Capim Macio	X				X		
Alagamar	X				X	X	
Ponta Negra	X					X	
Campina*		X		X			
Jacob*		X		X			
Seca*		X		X			
Vila de Ponta Negra	X				X		x

* Lagoas naturais estudadas

4.3 - AS TRANSFORMAÇÕES DAS LAGOAS DA CIDADE DE NATAL

Nas lagoas naturais da cidade de Natal, o homem ocupou e impermeabilizou o espaço anteriormente a elas destinados. As inundações têm ocorrido mais freqüentemente a cada ano, e os “períodos de recorrência⁴” são relativamente curtos.

As condições geomorfológicas da cidade de Natal permitem a formação de áreas de alagados em pontos mais baixos, atingindo ruas e residências. Como solução, o poder público implantou na área um sistema de drenagem pluvial, com rede de galerias, lagoas de recepção, praças e pavimentações de ruas .

4.4 - CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS LACUSTRES

Para melhor compreensão da área e com base na análise geomorfológica e em observações de campo dividiu-se em quatro unidades de paisagens distintas que expressam as diferenças existentes, que são:

- 1 – Lagoas do Conjunto Habitacional Pirangi/Jiqui;
- 2 – Lagoas associadas ao sistema Lagoinha: formada por um conjunto de 7 lagoas;
- 3 – Lagoas associadas ao sistema estuário Potengi/Jundiá: formada atualmente pela lagoa Manuel Felipe;
- 4 – Lagoas associadas ao sistema rio Doce: formadas pelas lagoas Azul Dendê, Pajussara e Guamoré e o alagado do Sapo, aqui denominado de lagoa do Sapo.

4.4.1 - AS LAGOAS DO CONJUNTO HABITACIONAL PIRANGI/JIQUI

Com o real estudo da área das lagoas naturais do conjunto habitacional Pirangi/Jiqui, a partir da interpretação de cartas topográficas e fotografias aéreas, é possível se tecer comentários acerca das características geológicas/geomorfológicas, dando ênfase à morfologia, que se baseou nos critérios de altitude, grau de dissecação do relevo e características da morfologia. Os resultados, desse estudo, foram importantes para o reconhecimento da organização espacial do quadro geomorfológico das lagoas, a nível morfológico ou no tocante à dinâmica da urbanização, permitindo o levantamento de relações entre os componentes geológicos/geomorfológicos e o arcabouço estrutural

⁴ “Período de Recorrência ou período de retorno é o período de tempo médio em que um determinado evento é igualada ou superado pelo menos uma vez” (Vilela e Mattos, 1979, p. 104).

desses ecossistemas, onde os resultados permitiram interpretar a dinâmica lacustre, fortemente descaracterizada pela ação humana (figura 4.1).



Figura 4.1 – Vista parcial da lagoa do conjunto habitacional do Jiqui – mar/2000.

As lagoas naturais do conjunto habitacional Pirangi/ Jiqui estão inseridas numa área de dunas⁵, alimentadas pelo ressurgência do aquífero e pelas precipitações pluviométricas. Estas lagoas secam suas águas em grande parte do ano e a ocupação tem reduzido a área das mesmas ao longo do tempo.

As lagoas do conjunto habitacional Pirangi/Jiqui apresentam um conjunto de três lagoas naturais, interdunares de porte médio, com cotas altimétricas de 27 metros e área variando entre 13.040 a 26.840m² (quadro 4.2). No entorno observam-se dunas descaracterizadas e construções civis.

Visto que é através da forma e da dinâmica geomorfológica que se tem uma melhor compreensão, assim como, serve para destacar as potencialidades da área em estudo, bem como, sinalizar para os desafios e restrições, no que diz respeito ao meio físico e ao uso e ocupação do ambiente lacustre.

⁵ As dunas dessa área são unidades ambientais incluídas na Lei do Sistema Municipal de Unidades de Conservação – SMUS, e pela Lei Complementar n. 7 que dispõe do Plano diretor, de 05 de agosto de 1994 –ZPA –1 do Campo Dunar do Pitimbu, Candelária e Cidade Nova, e que foi regulamentada pela Lei 4.664, de 31 de julho de 1995, que dispõe do uso, limites e diretrizes urbanas para a referida zona (Natal, 1995).

Observa-se que as lagoas estão inseridas em superfícies interdunares, que na estação chuvosa são marcadas por canais temporários, que recortam as dunas e escoam para as lagoas interdunares, com cotas altimétricas inferiores a 30 metros.

Quadro 4.2

Características das lagoas do conjunto habitacional Pirangi/Jiqui

Nome	Localização UTM das Lagoas de nº 1 a 6.		Dimensão		Altitude (metros)	Área (m ²)
	Longitude	Latitude	Norte/Sul	Leste/Oeste		
Pirangi 1	255.622 a 255.790	9.350.880 a 9.351.062	182m	168m	27m	19.000
Pirangi 2	255.892 a 255.984	9.350.926 a 9.351.110	184m	112m	27m	13.040
Jiqui	255.242 a 255.430	9.351.456 a 9.351.648	192m	188m	27m	26.840

FONTE: Carta Altimétrica da Grande Natal, SEPLAN/IDEC (1978).

Os impactos geoambientais estão relacionados à retirada da vegetação original e de areias para aterros nas construções civis. Tais impactos apresentam-se intensos e, de certo modo, irreversíveis em decorrência da forma como o homem interagiu no meio ambiente, evidenciando interferências e mudanças na geomorfologia das lagoas. A utilização desse espaço durante as últimas décadas (1970-2000), provocou a descaracterização desse ecossistema lacustre.

Conforme entrevistas com funcionários da SUMOV (Superintendência Municipal de Obras e Viação), as lagoas naturais dos Conjuntos Habitacionais Pirangi/Jiqui são interligadas com canais subterrâneos de aproximação, galerias para a condução do fluxo excedente d'água, que se encontram hidraulicamente funcionando de modo satisfatório. A limitação da capacidade das lagoas de absorver toda a água recebida, exige a instalação de um sistema de recalque para o esgotamento em condições adequadas.

No período chuvoso de 2000, suas margens estavam cobertas por vegetação rasteira e recebia esgotos “in natura”. Com a ausência das precipitações pluviométricas, a lâmina de água das lagoas diminuíram bastante, de modo que a vegetação desapareceu, para dar lugar a bancos de areia que se tornaram visíveis.

Procurou-se delinear algumas características básicas desse ecossistema lacustre, que expressam a ação humana modificando o relevo dessas lagoas, tornando-as

circulares e profundas. Primeiro deve ser considerado o meio físico, podendo assim serem descritas:

A - a estrutura superficial é representada por sedimentos quaternários de dunas isoladas, testemunhas de antigas dunas, marcadas por um lado côncavo a barlavento, com direção em forma de meia lua e apenas uma face de deslizamento. Em termos sedimentológicos são formadas de areias finas a médias, bem selecionadas, geralmente quartzosas, com os grãos sub-angulosos e arredondados, podendo apresentar-se foscas pós-polidos, de coloração amarelada, com tonalidades acinzentadas a marrom. Morfológicamente, mostram formas colinosas arredondadas, sujeitas à ação dos ventos e ocorrem sobrepondo-se aos sedimentos latossolos e Formação Barreiras.

Os ventos são fatores fundamentais na origem e evolução das dunas, atuando no transporte do material arenoso. Os que atuam, predominantemente, são os do quadrante SE/NW, com velocidade anual em torno de 4,3m/s. A avenida Ayrton Senna em determinados meses do ano (agosto a dezembro), acha-se parcialmente coberta por estas areias. A migração das dunas ocorre principalmente no período entre agosto e janeiro (primavera-verão), quando predominam os ventos provenientes de Leste com mais frequência e os índices pluviométricos são mais baixos, favorecendo o transporte de sedimentos, sobretudo no verão (novembro-dezembro-janeiro). Observações de campo permitem constatar intensa atividade eólica reconhecida através de superfícies dunares, das superfícies de deflação e marcas de ondulação na superfície das dunas.

B – Os solos são Areias Quartzosas distróficas, de coloração amarelada a branca, localmente acinzentada a marrom, devido a matéria orgânica; profundos, excessivamente drenados, sendo encontrado nesta cobertura a presença de lagoas, cuja origem deve-se ao armazenamento das águas pelas dunas, sendo o aquífero Dunas/Barreiras⁶ uma das fontes de alimentação das mesmas. Essa cobertura de areia vem sendo utilizada para a construção civil, devendo essas áreas serem preservadas para a manutenção da recarga e da qualidade da água do aquífero. A técnica de extração de areia registrada na área é bastante simples, com o uso de pá carregadeira e caminhões basculante com capacidade média de 4,5m³, onde a pá carregadeira escava e retira a areia

⁶ As lagoas do Jiqui/Pirangi em geral, não recebem líquidos efluentes e mantém a perenidade de suas águas, com exceção dos anos de forte estiagem. Isto ocorre devido a estrutura hidrogeológica local que propicia a formação de aquíferos suspensos que dificultam a drenagem das águas das lagoas para os níveis inferiores do aquífero. As lagoas desse setor constituem, portanto, fontes de recargas para o sistema aquífero Dunas/Barreiras (Melo, 1995, p. 41).

da duna. Esses caminhões chegam a realizar em média 3 viagens por dia, ocorrendo assim, a destruição das mesmas e da vegetação ainda existente (figura 4.2).

Parte de áreas localizadas no entorno das lagoas naturais, quando não ocupadas, foram totalmente urbanizadas ou descaracterizadas de sua forma original com a construção de tubulações de rede de águas pluviais e esgotos clandestinos, além da derrubada de espécies de árvores nativas e substituição por exóticas. Somam-se a isso, o problema de depósito “clandestino” de lixo e entulhos, provocando poluição ambiental.



Figura 4.2 - Vista panorâmica da lagoa do conjunto habitacional Pirangi, na Av. Airton Senna, ressaltando a retirada de material da lagoa – mar/2000.

Os impactos antropogênicos, ocasionados pelos constantes aterros e retiradas de areias, têm provocado represamento das águas e alterações na drenagem urbana, resultando em problemas de ordem ambiental e social à medida que chove intensamente na cidade. Por esta razão, a grande quantidade de sedimentos proveniente da erosão dos solos e das dunas, associada a de resíduos sólidos domésticos, tem ocasionado danos materiais e sociais à população, como inundações, proliferação de vetores de insetos, além da contaminação do aquífero.

Os aterramentos das lagoas naturais do conjunto habitacional Pirangi/Jiqui (figura 4.3) pode ser percebidos a partir da paisagem, pois constantemente os moradores dessa área, têm construído suas residências mais próximo das lagoas, ocasionando

impactos ambientais antropogênicos concomitantes interligados: - ocorre a diminuição da área, fazendo com que em época de chuva as águas ultrapassem o limite imposto pela urbanização e alcance às residências, prédios públicos e avenidas e os odores fétidos e insetos que trazem problemas de poluição ambiental aos moradores residentes próximos a estas lagoas.

A expansão urbana, por sua vez, desenvolveu modificações ambientais, como por exemplo o aterro de grande parte da bacia das lagoas. As formas de ocupação do entorno das lagoas favoreceram, via de regra, o desequilíbrio morfológico através do lançamento de efluentes domésticos e industriais. Assim, essas lagoas naturais transformaram-se em espaços tecnógenos⁷, hoje elas não existem mais como “ecossistemas lacustres naturais”.

O Modelo Digital de Elevação gerado das lagoas do Conjunto Habitacional Pirangi/Jiqui, a figura 4.4, permite constatar que a área é constituída em sua extensão por um conjunto de dunas que apresentam cotas altimétricas que variam entre 35 e 41m, conforme o perfil A-B, e para o perfil C-D verificam-se cotas altimétricas entre 35 a 41m e as lagoas estão em cotas de 28m.

⁷ Período em que os seres humanos descobrem o desequilíbrio introduzindo, a deriva antrópica e antropogênica dos sistemas terrestres e se conscientizam do fato das suas complicações, em que se migra de uma Biosfera I (evoluída, natural, etc) para uma Biosfera II (criada, modificada, etc). O Tecnógeno II é o período seguinte, em que os humanos tentam reduzir seus impactos ou, até, reduzi-los a zero (Rhode, 1996, p. 124-125).

Figura 4.4 – Modelo Digital de Elevação das lagoas do conjunto habitacional Pirangi/Jiqui.

4.4. 2 - O SISTEMA LACUSTRE LAGOINHA

O Sistema Lacustre Lagoinha é considerado Zona de Proteção Ambiental ZPA-05, segundo Lei Complementar nº 7, que dispõe do Plano Diretor de Natal, de 05 de setembro de 1994. É uma área na qual as características ambientais frágeis restringem o uso e ocupação. Em virtude disto, visa-se à proteção, manutenção e recuperação dos aspectos paisagísticos

Esse complexo compreende a Subzona- a associação de dunas e lagoas naturais do sistema Lagoinha, situado no bairro de Ponta Negra. O sistema é composto de sete pequenas lagoas intermitentes (quadro 4.3), compreendendo uma área de 21,76 hectares, em cotas inferiores a 32m; no seu entorno, observa-se vegetação de dunas de pequeno porte, cajueiros e coqueiros, e outras plantas frutíferas.

Quadro 4.3

Características do Complexo Lacustre Lagoinha

Nome	Localização UTM das Lagoas de nº 1 a 6.		Dimensão (m)		Altitude (metros)	Área (m ²)
	Longitude	Latitude	Norte/Sul	Leste/Oeste		
Lagoas 1 a 6	257. 322m a 257.524m	9.349.624m a 9.349.822m	198	202	28 a 29	Lagoa 1= 412 Lagoa 2= 44 Lagoa 3= 104 Lagoa 4= 440 Lagoa 5= 56 Lagoa 6= 130
Lagoa 7	257. 208m a 257.244m	9.349.188m e 9.349.224m	38	38	28,7	Área 750

Fonte: Cartas Altimétricas da Grande Natal SEPLAN/IDEC 1978.

As dunas que constituem as feições geomorfológicas do sistema lacustre Lagoinha, apresentam formas colinosas, suavemente arredondadas, paralelas ou semiparalelas dispostas seguindo a orientação geral SE-NW, condicionadas aos ventos predominantes de sudeste.

A julgar pela fotointerpretação, as formas fundamentais das dunas devem ser consideradas parabólicas. No entanto, é comum a modificação das mesmas, em virtude de progressivo estiramento, para formas de transição sugerindo, morfologia

longitudinal. Tal estiramento empresta a esses depósitos, não raro, formas que lembram grampos de cabelo “hairpin”.

As dunas desempenham um papel geológico relevante na área do sistema Lagoinha. Além de exercer um efeito protetor, as dunas regulam a distribuição das águas subterrâneas, contribuem também com uma parcela de alimentação para as lagoas que formam esse sistema lacustre. Desse modo, as permanências das lagoas dependem diretamente da conservação e manutenção das dunas, detalhe que se reveste de particular significado, por serem as mesmas reservatórios principais de abastecimento para a cidade de Natal.

O ecossistema lacustre Lagoinha encontra-se dividido em termos geológico/geomorfológico, nos seguintes compartimentos de relevo:

A - dunas fixas e isoladas ocorrem ao longo de toda a faixa Leste, distribuindo-se numa faixa orientada SE-NW, de formas alongadas, assimétricas de flancos suaves e cristas que atingem cotas altimétricas entre 50 a 60 metros, com areias eólicas sub recentes, de granulometria média e fina, bem selecionadas, inconsolidadas, com coloração amarelada a creme esbranquiçada, estabilizado por cobertura vegetal nativa, de porte arbustivo, que funcionam como proteção natural contra as erosões eólicas e pluviais.

Constata-se, atualmente, a instabilidade das dunas, em decorrência da ação do homem, com a retirada da vegetação nativa, para ser utilizada na construção civil e a utilização de trilhas clandestinas;

B - Entre os flancos das dunas as feições morfológicas são encontrados corredores interdunares, com cotas inferiores a 32 metros, que favorecem o afloramento do aquífero. Apresentam uma topografia plana e suavemente côncava, onde é possível observa-se, em alguns locais, o afloramento das águas do aquífero, chegando a formar depressões acirculares, onde são encontradas as 7 lagoas naturais intermitentes, que são alimentadas também pelas águas pluviais. Nesta área, as curvas de nível são concêntricas, diminuindo as cotas das bordas para o centro até as cotas inferiores a 30 metros;

C - O tabuleiro costeiro está presente na área em forma de relevo plano e suavemente ondulado, sendo originado a partir das seqüências sedimentares da Formação Barreiras, onde grande parte encontra-se recoberto por areias de espraiamento

e pelos depósitos de areias eólicas formadores de campo de dunas de Lagoinha, aprisionando as depressões acirculares deste tabuleiro, originando as lagoas de Lagoinha;

D – Depósitos de areias de espriamento, com granulometria variando de fina a média, e teores de silte e argila. São formadas a partir de dissipação eólica de areias de dunas misturados com sedimentos oriundos de depósitos mais antigos da Formação Barreiras através do escoamento difuso das águas pluviais e da ação eólica.

A área do Sistema Lacustre Lagoinha, não apresenta cursos d' águas superficiais, o rio mais próximo é o Pitimbu, situado ao sul. O espaço lacustre encontra-se totalmente loteado, com um número alto de granjas com construções de residências, hotéis, pousadas, vegetação de coqueiros e outras plantas frutíferas.

A urbanização de Lagoinha é um fator relevante no processo de alteração do ecossistema lacustre, tendo em vista que as granjas passaram a ser loteadas, construções são edificadas e mais áreas são adensadas, sendo inevitável a formação de superfícies impermeabilizadas, que repercutirão no aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, na descaracterização desse ecossistema.

Essa é uma área que, em relação aos padrões morfológicos de parcelamento, uso e ocupação do solo, apresenta também algumas relações conflitantes, tendo em vista que o poder público, através do Plano Direto da cidade que não fiscaliza a área de Lagoinha como área de Preservação Ambiental, diante disso, apresenta relações conflitantes visíveis.

Segundo relatos de funcionários da Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal da cidade de Natal-SEPLAN/2000 (Secretaria de Planejamento), a área de Lagoinha é uma bacia fechada de acumulação d'água, originada, em função de drenar para a mesma as águas de ressurgência das dunas circunvizinhas.

Através do Modelo Digital de Elevação foi permitido observar que as lagoas do sistema Lagoinha (figura 4.5), localizadas no bairro de Ponta Negra, encontram-se na cota altimétrica de 29m. Circundando as referidas lagoas encontram-se duas outras pequenas, que de conformidade com a fotointerpretação, isto ocorre devido as mesmas encontrarem-se num período de verão, o que permite deduzir que no período chuvoso o aumento da precipitação pluviométrica elevará o volume d'água nas lagoas permitindo a formação de uma só lagoa, cujo comportamento morfológico sofrerá variações anuais de acordo com o maior ou menor índice de precipitação pluviométrica.

Lagoinha é um conjunto de pequenas lagoas interdunares cujo abastecimento d'água é favorecido pelas precipitações pluviométricas e pela influência do lençol freático, que ocorrem nas dunas que as circundam. As referidas dunas demarcadas pelo perfil topográfico A-B variam em cotas de 36 e 42m de altitude, enquanto que o perfil C-D está entre 33 e 48m, respectivamente.

Com a conseqüente ocorrência da destruição das dunas (desmatamento e retirada de areia), vem ocorrendo um assoreamento das lagoas, levando ao risco de descaracterização desse ecossistema.

4.4.3 AS LAGOAS ASSOCIADAS AO SISTEMA ESTUÁRIO POTENGI/JUNDIAÍ

Os impactos das atividades humanas sobre as lagoas naturais associadas ao sistema Estuário Potengi/Jundiaí e seus ambientes marginais podem ser detectados em função dos fatores como, o avanço da urbanização transformando a paisagem natural e o lançamento de detritos pela população.

Pesquisas feitas em épocas diferentes revelam como as características das lagoas associadas a este sistema mudaram com o decorrer do século XX. É preciso considerar que essas informações são importantes pelas relações entre a natureza da bacia de drenagem, ocupação desse entorno e pela intensidade e natureza das atividades humanas no próprio sistema.

As lagoas naturais da Campina, Seca, Nova, Jacob, associadas ao Sistema estuário Potengi-Jundiaí estão totalmente descaracterizadas, onde os impactos da ação humana mudaram sua morfologia. A lagoa Manuel Felipe é a única associada a este sistema que resiste ao avanço da urbanização.

O crescimento da cidade de Natal no início do Século XX foi lento e de baixa densidade demográfica. Quando sua ocupação territorial se restringia aos limites dos bairros centrais, Cidade Alta e Ribeira, já apresentava conflitos espaciais com os problemas das enchentes no bairro da Ribeira, provavelmente devido ao aterro da lagoa da Campina, localizada anteriormente na área onde se encontram a Estação Ferroviária, Estação Rodoviária Presidente Kennedy, a praça Augusto Severo e a Igreja de Bom Jesus da Ribeira.

A lagoa da Campina (figura 4.6) foi aterrada em junho de 1904 por determinação do então Governador Tavares de Lira, que contratou o aterro e ajardinamento da praça Augusto Severo, onde o lamaçal salgado veio a desaparecer, soterrada por toneladas de areias de dunas (Casculo, 1980).

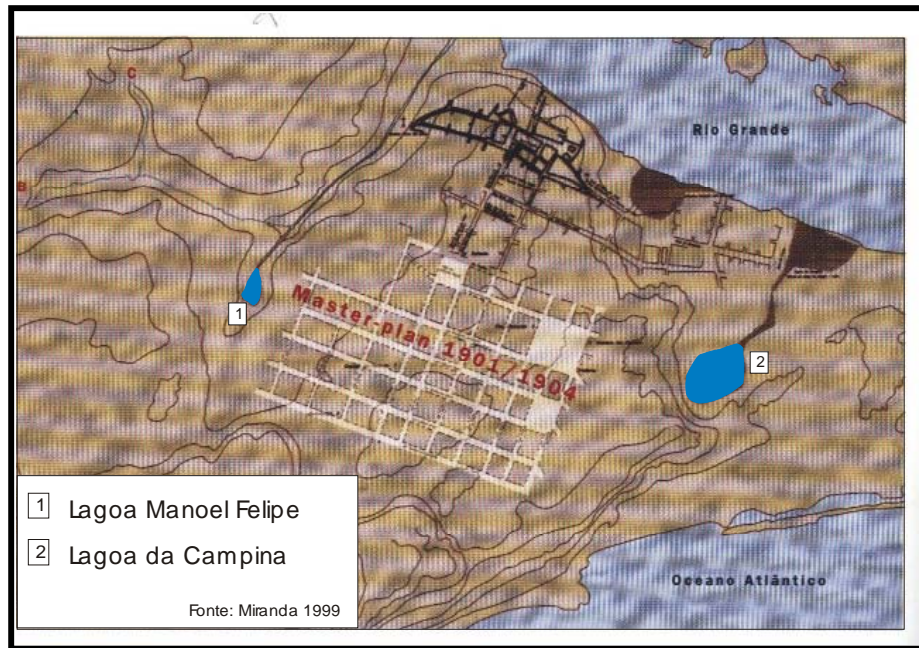


Figura 4.6 – Mapa “Master-plan 1901/1904”, destacando as lagoas da Campina, no bairro da Ribeira e a lagoa Manuel Felipe, no bairro do Tirol.

“Em 1604 já se tinha notícia, junta ha laguoas da Campina , Jorge de Araújo possuía uma olaria. A rua da Campina, hoje Duque de Caxias ligava-se à rua da Praia – hoje Silva Jardim, onde a maré tomava conta espreadando-se até as rocas- quando, em 1877, se tem notícia de que na Campina do Forte até a Limpa, onde hoje é o bairro de Santos reis, moravam raros pescadores” (Miranda, 1999, p.55).

A planta do Forte do Rio Grande e arredores 1663 (figura 4.7) fornece informações sobre a hidrografia da cidade de Natal em período que a ação humana ainda não estava tão presente na área da lagoa da Campina, no bairro da Ribeira.

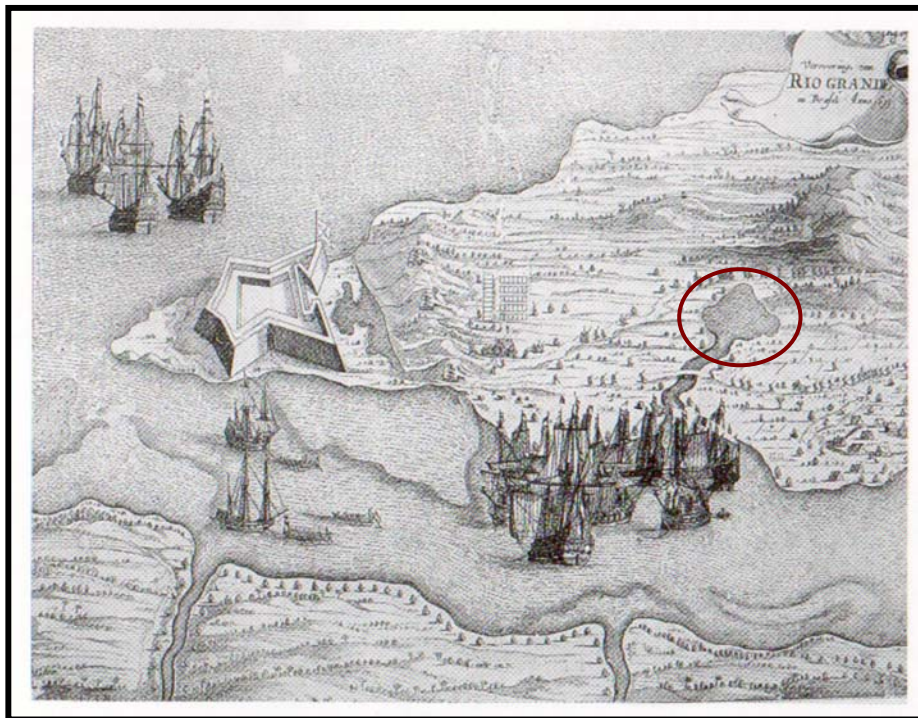


Figura 4.7 – Planta do Forte do Rio Grande e arredores 1633, destacando a lagoa da Campina. Fonte: Miranda 1999.

Em 1929, com o Plano Geral de Systematização da Cidade, já se determinava o prolongamento da Av. Deodoro que deveria descer até o bairro da Ribeira, contornando a lagoa do Jacob. Na década de 60, parte dessa lagoa foi aterrada para a construção do Instituto Padre Monte.

Devido à geomorfologia do bairro da Ribeira, quando em períodos de maiores precipitações pluviométricas, ocorre represamento da água, causando danos aos moradores, pois a comunicação com o estuário foi interrompida, com as construções civis.

O mapa do município do Natal – 1956 (figura 4.8), fornece informações sobre os morros Branco e Guararapes, atualmente denominados de Parque das Dunas e San Vale respectivamente, dá ênfase as lagoas Seca e Manuel Felipe.

A cidade por não dispor na década de 60 de um plano urbanístico que orientasse e preservasse a área das lagoas, deixou o mercado imobiliário livre de qualquer controle, o qual comandou a dinâmica da ocupação do solo segundo suas próprias regras. As conseqüências desta ausência de controle foram sentidas a partir desta década, quando se acentuou o processo de urbanização, surgindo assim, o bairro de Lagoa Nova e o loteamento do novo bairro de Lagoa Seca, descaracterizando assim duas lagoas de importância fundamental para a drenagem urbana.

A lagoa Nova foi aterrada na década de 70 para dar lugar ao Centro Administrativo do Estado (figura 4.9). A lagoa Seca atualmente, encontra-se totalmente desaparecida, não havendo praticamente mais vestígios da planície quaternária da lagoa, a qual foi capeada por depósitos tecnogênicos e, desta forma, elevada em alguns metros de sua altitude original.



Figura 4.9 – Vista panorâmica do Centro Administrativo do Governo estadual, mostrando a descaracterização da lagoa Nova – mar/2000.

Quando ocorre chuva mais intensa, causa enchentes nas avenidas Prudente de Moraes, com avenida Alexandrino de Alencar, área da antiga bacia, por falta de escoamento para o estuário Potengi/Jundiaí. Este comportamento quase se repetiu na

década de 70, quando a urbanização chegou a lagoa Manuel Felipe. Salienta-se que no final da década de 60, a lagoa já contava com toda sua área de bacia retalhada e já era explorado com um parque aquático, denominado “Parque da lagoa” fato que contribuiu para a redução de sua área lacustre que ia até a cota 27, atualmente, próximo do Clube dos Radio Amadores, na avenida Campos Sales.

A lagoa Manuel Felipe (figura 4.10), localizada dentro da “Cidade da Criança” no bairro do Tirol, é uma depressão natural, alimentada pelas precipitações pluviométricas através de drenagem radial, como também é alvo de poluição proveniente dos esgotos domésticos “in natura”. Uma vez que não existe um controle sobre este aporte, o ambiente não consegue autodepurar-se, tornando a água escura e com odor contínuo e preocupante.

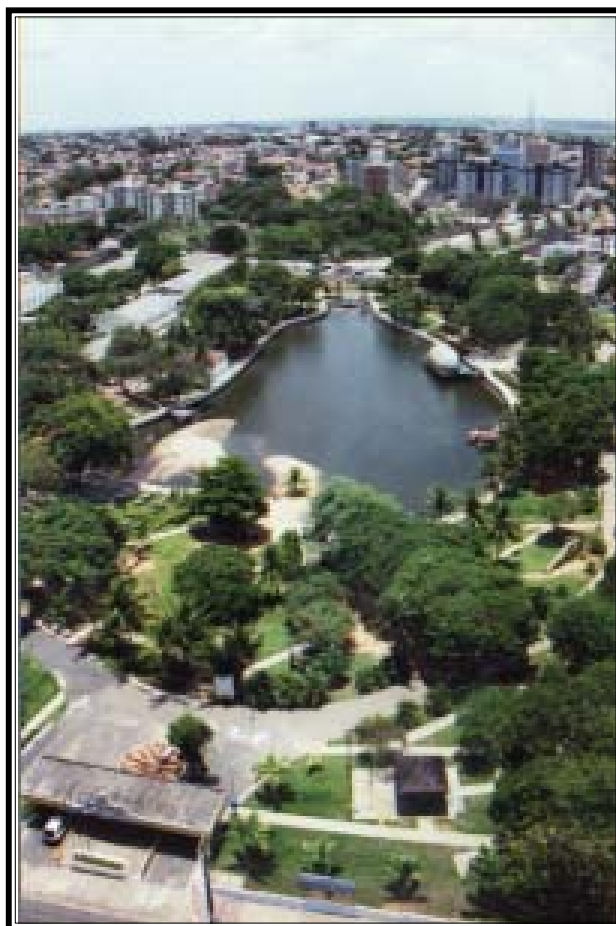


Figura 4.10 – Vista panorâmica da lagoa Manuel Felipe – março/2000.

A lagoa Manoel Felipe é a única lagoa natural atualmente que faz parte do Sistema Associado ao estuário Potengi/Jundiaí. A lagoa encontra-se ligada por um canal, conhecido como riacho do Baldo, “sangradouro” natural, conhecido anteriormente como

Oitizeiro ou rio Tiçuru. Em 1761 era a principal fonte de abastecimento d'água para a cidade, juntamente com a fonte de Santa Cruz da Bica (Casculo, 1968). Em 1667, o Baldo era um alagadiço, terra encharcada pelos veios d'água corrente, de onde desciam os filetes de várias procedências, unidos num declive natural que foi aprofundado e teceu-se um talude, um baldo que daí iam para o Potengi. Esse desaguadouro tomava o nome de rio, o rio de Beber Água, o rio da Fonte desta cidade (Casculo, 1999).

A “fonte do Baldo”, assim chamado pelo aterro que fazia represar suas águas, existia um sangradouro que lhes dava saída conveniente, formando um pequeno lago aprazível (Casculo, 1980), era uma fonte abundante e de grande utilidade pública.

Miranda (1999, p. 72) retrata que o Plano Geral de Obras, em 1938, pelo Governo Rafael Fernandes, já previa uma área de preservação, incluindo a lagoa de Manuel Felipe, lagoa Seca e o canal para o Baldo. Atualmente este canal encontra-se retificado e gerando sérios problemas para a comunidade de entorno, devido à falta de conservação e pela deposição de lixo doméstico e entulhos ali depositados.

O crescimento da população da cidade de Natal teve como resultado a ocupação espacial de área da lagoa de Manuel Felipe e, conseqüentemente, o aumento de esgotos sanitários sem tratamento. Este fato resultou no aumento de nutrientes nas águas, causando a mortalidade dos peixes e danos ambientais à população pelos odores exalados.

Atualmente a lagoa Manuel Felipe trata-se de uma pequena lagoa, com uma área de lâmina d'água aproximada de 500 m² aproximadamente, e profundidade não superior a 2 metros. Conforme cartas altimétricas da Grande Natal/ 1978, a lagoa Manuel Felipe perfazia uma área de 8.200m² (quadro 4.4), e que sua redução resulta da expansão urbana através do uso e ocupação das áreas ao seu redor. essa lagoa antes era utilizada segundo (Miranda,1999) anteriormente como manancial para abastecimento público e área de lazer.

Quadro 4.4

Características da Lagoa Manuel Felipe-Natal/RN

Nome	Localização UTM das Lagoas de nº 1 a 6.		Dimensão		Altitude (metros)	Área (m ²)
	Longitude	Latitude	Norte/Sul	Leste/Oeste		
Lagoa Manuel Felipe	255.974 a 256.150	9.358.834 a 9.358.922	166m	88m	13,7 a 15,0	8.200

Fonte: Cartas Altimétricas da Grande Natal -SEPLAN/IDEC 1978.

Visando a proteção do reservatório, no final da década de 60 o poder público estadual definiu, com base na criação de área de lazer com parque aquático, as diretrizes e normas legais que impuseram restrições ao uso e ocupação do solo de sua bacia lacustre. O aumento das cargas geradas na bacia, aliado às deficiências de tratamento e operações dos sistemas de saneamento da cidade, resultou na deterioração da qualidade da água.

Segundo entrevistas realizadas com os moradores do entorno da lagoa Manuel Felipe, a descaracterização dela começou na década de 70. A lagoa perdeu cerca de 25 a 30% de sua área, devido à urbanização e a partir das altas taxas de assoreamento. No final da década houve uma tentativa de recuperação da lagoa, com o “precário” saneamento dos esgotos sanitários atualmente observa-se que passado 30 anos, aquela política pública de saneamento, esclarece os moradores da área, que houve uma melhora quanto a cor e qualidade da água.

Dentro deste aspecto, a lagoa Manuel Felipe é um reservatório sensível ao recebimento de cargas poluidoras. Neste sentido, é importante o pensamento de Esteves & Barbosa (1986): o aporte contínuo de efluentes domésticos e industriais nos lagos e represas provoca rápido aumento na produção de matéria orgânica e na qualidade de detritos, cuja decomposição consome oxigênio em larga escala. Esse processo intenso de enriquecimento das águas da lagoa produz gases venenosos, elimina peixes, destrói áreas de lazer e torna a água imprópria ao consumo.

Observa-se no entorno da lagoa Manuel Felipe uma intensa ocupação urbana e conseqüentemente a descaracterização do relevo lacustre, impedindo a drenagem natural das águas, que provocam alagamentos. Tais alagamentos estão relacionados à impermeabilização do solo e pela obstrução das seções dos canais da drenagem urbana.

Observando o Modelo Digital de Elevação do entorno da Lagoa Manuel Felipe (figura 4.11) no bairro do Tirol, constata-se que a mesma encontra-se em cotas altimétricas de 13 e 15m. Observações detalhadas demonstram cotas maiores que 15m chegando até 27m, e que devido ao crescimento urbano, os espaços antes pertencentes a lagoa, foram reduzidos deixando a mesma confinada, sem condições para uma possível expansão.

A análise do perfil topográfico A-B mostra que a Lagoa Manuel Felipe está na cota de 15m, enquanto o perfil C-D há uma variação sendo o lado D com 26m, e o lado C com 11m, isto devido a mesma está indo em direção ao riacho do Baldo. Essas elevações maiores são atribuídas (cotas de 26m), às dunas arrasadas que foram descaracterizadas com o crescimento urbano da cidade. Considerando-se que os dados das cartas altimétricas são março de 1978, pode-se inferir que o espaço ocupado pela lagoa Manuel Felipe hoje, apresenta dimensões reduzidas, é que ao longo destes anos a lagoa foi sendo ocupada indevidamente pelo o homem.

4.4.4 - AS LAGOAS ASSOCIADAS AO SISTEMA RIO DOCE

As lagoas naturais associadas ao sistema rio Doce (figura 4.12) ocorrem em uma área coberta por sedimentos de idade terció-quaternária da Formação Barreiras. Esses sedimentos são recobertos pelos depósitos recentes de areias de dunas e colúvios.⁸

Morfologicamente as dunas são formas de acumulação encontrada ao longo do rio Doce, especialmente contornando as lagoas, em alguns locais alcançam dimensões notáveis, visto que sua frente pode chegar até quarenta metros acima do substrato da Formação Barreiras. São visivelmente classificadas em dois sistemas de idade, de extensão e de cor. Sua disposição se mostra bem evidente nas imagens de satélite e fotografias aéreas.

O sistema dunar mais antigo é o mais extenso. São formações alinhadas, retilíneas e paralelas de topo arredondado, cuja continuidade aparentemente foi rompida em consequência do surgimento de corredores interdunares, formando as lagoas Azul Dendê, Pajussara e Guamoré, cujo nível flutua de acordo com as precipitações pluviométricas.

⁸ Colúvio: material transportado de um lado para outro, principalmente pelo efeito da gravidade (Silva et al. 1999, p. 55), o material coluvial ocorre no sopé das dunas.

No setor da Zona Norte da cidade de Natal, as dunas foram capazes de desorganizar a rede hidrográfica do rio Doce, enfraquecida pelo assoreamento, além da frequência dos períodos de seca registrados na área.

O segundo sistema dunar localiza-se próximo a costa apresenta cor esbranquiçada ou amarela pálida, forma uma faixa que segue a costa com alinhamentos mais curtos e mais próximos um dos outros e são afetadas por fenômenos de deflação⁹, que provocam migrações laterais o que se traduz pela formação de alinhamentos em cristas agudas.

Na área lacustre predominam as areias quartzosas distróficas (vermelho-amarelo), recobrimdo grande parte da área, seguido pelos sedimentos arenosos, areias finas e cascalhos, solos Gleis Eutróficos, Latossolo Amarelo Eutrófico, de textura fina de idade geológica Terciária (Plioceno), originário da Formação Barreiras e areias Quartzosas Marinhas Distróficas, idade quaternária, originária dos sedimentos areno-quartzosas marinhas. Caracterizam-se por serem profundos, porosos e bem drenados, com enorme capacidade de infiltração das águas pluviais, não deixando ocorrer o escoamento superficial, pelo menos antes de sua impermeabilização. As dunas são formadas de areias quartzosas de cores amareladas a acinzentadas, sem estrutura; apresenta consistência seca, solta e alta friabilidade do horizonte A com uma predominância de areia fina, seguida de areia média a muito fina (Nunes, 1996).

Fisiograficamente, esta área compreende as dunas sub-recentes e as recentes, com braços alongados a barlavento, entre 2 e 3 metros de altura, com comprimento variável entre 30 a 100 metros, medida transversalmente à direção de avanço da duna, com uma largura variável de 15 a 80 metros entre o sopé do flanco dorsal e o sopé do flanco frontal. As planícies de deflação, muito embora ainda permanecem pouco habitadas, já se encontram loteados para futuras ocupações, com riscos potenciais de contaminação do aquífero.

Neste contexto, é importante o pensamento de Guerra & Cunha (1996), quando o mesmo assinala que as características geoambientais dos ecossistemas podem vir a ser profundamente alterados a partir da ocupação do seu entorno, com a substituição da vegetação nativa por construções de casas, pela população ribeirinha que por não possuírem outra alternativa constroem suas habitações às margens dessas lagoas,

⁹ Deflação trabalho executado pelo vento sobre a superfície das dunas (Silva et al. 1999).

desfrutando usufruindo a água e da possibilidade da plantação de hortaliças, que são comercializadas, com o objetivo de incrementar sua renda familiar.

As lagoas do Sapo, Pajussara e Guamoré correm sérios riscos de rápida degradação, em função do crescimento desordenado e do uso de suas águas sem planejamento prévio. O estado ambiental da lagoa do Sapo é preocupante, dado às transformações ocorridas quanto ao uso e ocupação do solo, e o lançamento de efluentes industrial em suas bacias, (a partir dos anos 80), repercute sobre a qualidade da água.

Segundo Chisca Junior (1999) nas bacias urbanas as principais fontes de nutrientes são os esgotos domésticos e alguns tipos de efluentes industriais, assumindo importância aqueles contendo detergentes que por sua expressiva contribuição de fósforo, alteram as condições aeróbias e anaeróbicas da lagoa, causando stress nos microorganismos que reagem absorvendo quantidades adicionais de fósforo. Nas águas naturais o fósforo geralmente está presente em pequenas quantidades.

Nos finais de semana, um número considerável de banhistas é atraído para a lagoa Azul Dendê, devido a pouca exploração de esporte e lazer nos bairros do entorno. A degradação da lagoa, portanto, levaria à decadência e comprometeria a qualidade de vida desse ecossistema lacustre e principalmente da população residente nas granjas do entorno de sua bacia, que utilizam sua água para uso doméstico e irrigação de frutas, verduras e agricultura.

Na estação seca, a vegetação das dunas como a salsa (*Iponeia asarifolia*) encontra-se instalada na parte terminal do flanco frontal das dunas, parcialmente recoberta por sedimentos e marcas de ondulações desenvolvidas sobre as superfícies desprovidas de vegetação. Na estação chuvosa, desenvolve-se uma vegetação mais densa que coloniza o franco frontal da duna.

Enquanto as lagoas Pajussara e Guamoré são associadas diretamente ao rio Doce, e as lagoas Azul Dendê e o do Sapo são associados indiretamente, tendo as dunas como unidade fisiográfica de separação entre elas. São consideradas as maiores lagoas da cidade com uma área aproximada de 84.800m² a 182.200m² (quadro 4.5, 4.6 e 4.7). Em termos geomorfológico este ecossistema lacustre é um reflexo do quadro lito-estrutural dominante na área, marcado pela presença de dunas arrasadas, obedecendo à direção dos ventos determinantes da configuração morfológica local.

Quadro 4.5

Características das lagoas associadas ao Sistema rio Doce

Nome	Localização UTM		Dimensão		Altitude	Área
	Latitude	Longitude	Norte/Sul	Leste/Oeste		
Lagoa Pajussara	9.367.302m	251.180m	668m	492m	4,7m	124.800m ²
	a	a				
Lagoa Azul Dendê	9.367.970m	251.672m	528m	850m	9,4m	182. 200m ²
	a	a				
Lagoa Guamoré	9.368.878m	248.736m	200m	480m	5,0m	84.800m ²
	a	a				
	9.368.000m	250.000m				
	9.367.250m	251.000m				

Fonte: Cartas Altimétricas da Grande Natal - SEPLAN-IDEC – 1978.

Quadro 4.6

Lagoas associadas diretamente ao rio Doce

NOME	TIPO	USO	ÍNDICE DE CONTAMINAÇÃO*
Lagoa Pajussara	Perene	Irrigação de frutas e verduras	Tolerável, presença de agrotóxico
Lagoa Guamoré	Perene	Irrigação de furtas e verduras	Tolerável, presença de agrotóxico

*Segundo relato dos moradores.

Quadro 4.7

Lagoas associadas indiretamente ao rio Doce

NOME	TIPO	USO	ÍNDICE DE CONTAMINAÇÃO*
Lagoa Azul Dendê	Perene	Irrigação, lazer e pesca	Baixo
Lagoa do Sapo	Perene (artificial)	Lagoa de recepção, decantação, de drenagem urbana, efluente doméstico e irrigação	Altíssimo

*Segundo relato dos moradores.

Em grande parte da área lacustre da Zona Norte, a estabilidade da duna é marcada pela presença da vegetação nativa, cajueiros, coqueiros e outras plantas frutíferas, comumente cultivadas, nas áreas de granjas. Todavia, a presença dessas granjas e das atividades do uso do solo nessa área, em alguns trechos, vem provocando a desestabilização dessas dunas.

Atualmente, a vegetação nativa das dunas está em processo de devastação, devido ao desmatamento para ocupação urbana o que provoca uma mudança na capacidade de infiltração, característica dessa unidade de paisagem. Com a infiltração, ocorre o abastecimento do aquífero de relevância para o abastecimento da água potável para a cidade de Natal.

O problema da retirada da vegetação das dunas criou uma condição de instabilidade grave. Pode-se observar nitidamente o assoreamento que está ocorrendo nas lagoas Naturais da cidade, onde o material dunar é carreado, tanto devido a má ocupação, quanto a destruição da cobertura vegetal. Este está sendo despejado/depositado e o constante aumento de material sobre as lagoas, acarreta uma diminuição da profundidade dessas e futuramente na sua extinção.

Na Zona Norte o processo de expansão urbana tem sido espontâneo, com ocupação das margens dos rios, lagoas e das margens de rodovias. Constata-se grande interferência do homem na paisagem, devido o crescimento migratório a esta zona. Entretanto a infra-estrutura urbana não acompanhou esse crescimento, tendo no aumento das favelas, uma das principais conseqüências desse processo.

Segundo Costa (2000), a Zona Norte caracteriza-se não só por ser uma área destinada a diversos serviços de infra-estrutura, como também por possuir um solo urbano que não apresenta uma boa valorização imobiliária em relação a outras áreas. Inicialmente seu crescimento deu-se sobre o estuário, surgindo assim, o bairro de Igapó. Na década de 70, com a construção da “Ponte de Igapó”, a área expandiu-se naturalmente e passou a ocupar espaços impróprios, como os fundos de vale e encostas de dunas, gerando sérios problemas de ordem geoambiental e social.

Trata-se de uma forma de ocupação de baixa renda, segundo os padrões socioeconômicos atuais da sociedade, e que, pelos instrumentos metodológicos utilizados, evidenciou-se a aceleração do processo de ocupação dessa área, com a criação de conjuntos habitacionais. Os bairros de Lagoa Azul e Pajussara têm uma história

recente de criação e ocupação, pois surgiram a partir de conjuntos habitacionais PROMORAR (Programa de Moradia) loteamentos e favelas como a José Sarney.

A ocupação nessa área traz a impermeabilização do solo pelo lixo, desmatamento e, pela areia da duna que, quando revolvida pelo aplainamento, aterramento pela abertura de ruas, ou passagem de auto motores, carroças e pessoas pode diminuir a permeabilidade natural.

Essa expansão acelerada e desordenada reflete a ausência de planejamento físico-territorial urbano, comprometendo as tentativas de ordenamento da ocupação do espaço. Consta-se a ausência de saneamento básico, sendo utilizado o sistema de disposição local de efluentes, mediante o uso em fossas sépticas e sumidouros e um número elevado de lagoas de recepção e estabilização, que recebem um grande número de esgotos clandestinos, que seja pela falta de esgotos, bem como pela ausência de Estações de Tratamento.

Constata-se que a lagoa do Sapo, recebe um elevado aporte de compostos orgânicos e inorgânicos, oriundos das lagoas de recepção, localizadas na Zona Norte, que se constituem num potencial causador da eutrofização artificial na qual o ambiente está submetido. Favorecendo assim, a uma provável contaminação do aquífero Dunas/Barreiras, considerado por Melo (1998) como um sistema livre, podendo apresentar-se semiconfinado, de boa qualidade, e as dunas exercem a função de uma unidade de transferência das águas de infiltração em direção aos estratos arenosos do Barreiras.

Sabe-se que os sistemas de saneamento local ao liberar dos efluentes podem vir a contaminar o aquífero com micro-organismos patogênicos e produtos da bio-degradação dos excrementos humanos como os nitratos, que constituem o componente mais perigoso para a contaminação das águas subterrâneas, por efluentes domésticos devido a sua mobilidade e persistência quanto ao controle dos efluentes industriais que pode dar-se de duas formas: a primeira por meio de recebimento desses efluentes nas redes coletoras, após seu pré-tratamento em grau suficiente para atender às restrições da legislação e ou às normas da concessionária e a segunda, por meio de tratamento que garanta a proteção do curso d'água, de acordo com a legislação.

As águas subterrâneas estão sujeitas à contaminação devido às atividades do crescimento urbano e industrial e a falta de saneamento básico, conseqüentemente

pela ausência de políticas públicas. O quadro 4.8, abaixo retrata o uso e ocupação da Zona Norte, que conta com atividades industriais, consideradas segundo Melo (1998) de alto potencial de contaminação para as águas subterrâneas, quais sejam: LABOSIL; NOVOGÁS; HEMFIBRA.

Quadro 4.8
Atividades industriais desenvolvidas na Zona Norte da cidade de Natal

Industria*	Atividade Industrial*	Principal Contaminante*	Saneamento Básico	Índice de Contaminação Potencial*
HEMFIBRA	Fibra de vidro/plástico	Orgânico Sintético	Lagoa de Estabilização	Alta
LABORSIL	Farmacêuticos	Material Orgânico e Orgânico Sintético	Lagoa de Estabilização	Alta
NOVOGÁS	Petróleo/gás	Material orgânico/Orgânico Sintéticos/Hidrocarbonetos	Lagoa de Estabilização	Alta
CPL- Companhia. Potiguar de Laticínios	Alimento	Nutrientes/Matéria Orgânica	Lagoa de Estabilização	Baixo
Produtos Industrializados Caicó	Alimentos	Nutrientes, Matéria Orgânica	Lagoa de Estabilização	Moderado
Edmilsom M. Pereira	Ferro	Metais Pesados	Lagoa de Estabilização	Moderado
R. Freire Ind. E Comércio	Argila		Lagoa de Estabilização	Baixo
Guararapes Têxtil	Têxtil		Lagoa de Estabilização	Baixo
MASTEX	Têxtil	Material Orgânico e Orgânico Sintético	Lagoa de Estabilização	Moderado
BETOMBRÁS/C oncreto	Materiais não metálicos		Lagoa de Estabilização	Baixa
Antártica	Bebidas	Material Orgânica	Lagoa de Estabilização	Moderado
Industria e Comércio Potiguar Ltda.	Sabão e Detergente	Material orgânica,/Hidrocarbonetos	Lagoa de Estabilização	Moderado
Marmoaria Norte Ltda.	Mármore		Lagoa de Estabilização	Baixa
MATERSOL	Têxtil	Material Orgânico/Orgânico Sintéticos	Lagoa de Estabilização	Moderado
CPL- Companhia Potiguar de Laticínios	Alimento	Nutriente/Material Orgânica	Lagoa de Estabilização	Baixo

Fonte: *Melo, 1998.

A criação do Parque Têxtil e do Distrito Industrial favoreceram a expansão imobiliária da área em direção as dunas e lagoas. Na área os vetores de crescimento estão associadas ao rio Doce, com o predomínio de chácaras. Em alguns espaços, há a produção de hortaliças destinada para o mercado interno.

Segundo informações verbais dos agricultores locais, eles utilizam a margem das lagoas Pajussara, Guamoré e Sapo, para a plantação de verduras, sendo efetivamente irrigadas, com água dessas lagoas (figura 4.13).



Figura 4.13 – Vista panorâmica do uso e ocupação das dunas no entorno das lagoas da Zona Norte – dez/2000.

A quantidade de água aplicada na irrigação da cultura das verduras não afeta, aparentemente, pelo tipo de sistema empregado que é por aspersão, gotejamento e chuveiros. Constata-se que a água aplicada em excesso retorna às lagoas por meio superficiais e subsuperficiais. Porém, quando a área de plantio é realizada em dunas, ocorre a erosão, causada pela declividade do solo, o que produz um arraste de partículas do solo até as margens e leito menor das lagoas, provocando grandes barras erosivas nas lagoas.

A prática da irrigação no Sistema rio Doce, juntamente com o adensamento da população na área pela presença dos agricultores e de outras pessoas indiretamente beneficiadas resulta também na intensificação do uso das lagoas para fins domésticos. A consequência direta, pela inexistência de uma rede de esgotos, desses adensamentos humanos e o aumento dos efluentes ricos em matéria orgânica, pode resultar na eutrofização desses corpos d'água.

Segundo relatos de moradores, “há alguns anos atrás as lagoas Guamoré, Pajussara e Sapo eram utilizadas como fonte de água potável e lazer”. Atualmente, elas

apresentam um grau de poluição, principalmente quando o seu nível d'água está mais baixo, causada pela lixiviação de resíduos sólidos dispostos de origem doméstico e industrial, agrotóxicos, depositados inadequadamente no entorno dessas lagoas (quadro 4.6).

A lagoa do Sapo, no início da década de 80, foi transformada em lagoa de captação de drenagem urbana, esgoto doméstico clandestino, efluente industriais, efluente do sistema de tratamento e deposição de resíduos sólidos entre outros. Atualmente encontra-se com uma lâmina de água de aproximadamente 2 metros.

Constata-se a ausência de um controle das cargas difusas¹⁰ lançadas na lagoa do Sapo, oriundo de esgotos e efluente industriais. Tais causas não são disciplinadas pela Resolução do CONAMA nº 20/86, que define os padrões de emissão e a classificação dos corpos d'água com base nos usos preponderantes.

A quase totalidade das cargas efluente é oriunda dos bairros Lagoa Azul, Pajussara, Potengi e Nossa Senhora da Apresentação é despejada diretamente na lagoa do Sapo, sem qualquer tratamento prévio, reduzindo assim a qualidade da água e ameaçando todo o sistema. Além dessa carga, existe uma outra importante contribuição dos agrotóxicos usados nas verduras, cultivadas no entorno (figura 4.14).

Apesar da pobreza aparente de plâncton, a mais antiga atividade econômica na lagoa Azul Dendê é a pesca, que garante a sobrevivência de muitas famílias ribeirinhas. O produto principal é o camarão, conhecido como Pitu, e algumas espécies de peixes, que se alimentam de microcrustáceos, poliquetas, nematódeos, moluscos e certas algas.

A principal ameaça ambiental à pesca é a crescente poluição por detritos líquidos e sólidos, lançados e a ausência de saneamento básico nos bairros do entorno. Com a implantação de loteamentos como José Sarney, Brasil Novo, Nova Natal entre outros, e conseqüentemente a retirada de material para a construção de residências, sendo a principal causa dos desmatamentos, e contribuindo significativamente para a descaracterização desses ecossistemas lacustre e dunar.

¹⁰ Cargas Difusas são consideradas todas as cargas geradas e distribuídas por toda a bacia, dispostas ou armazenadas sobre as superfícies expostas à ação da chuva, e que passam a ser transportadas para os cursos d'água pelas águas pluviais (Silva et al. 1999).



Figura 4.14 – Vista panorâmica do uso e ocupação do entorno da Lagoa Guamoré – dez/2000.

As áreas dunares, encontram-se quase que totalmente desmatadas, restando trechos da área onde podem ser encontrados ainda sistemas naturais primitivos. Nas áreas dunares de encostas o processo de destruição ocorre na mesma intensidade.

O serviço de coleta de lixo não atinge toda a população da Zona Norte, principalmente nas proximidades das lagoas, onde o lixo é jogado nos terrenos baldios, transformando-os em área vetoriais, de insetos e roedores, agentes transmissores de doenças contagiosas. Esses lixões são diretamente responsáveis pela contaminação da água e do solo. Segundo Cunha & Guerra (1999) o chorume¹¹ produzido penetra no lixo em processo de decomposição e tende a contaminar as águas subterrâneas e os solos com substâncias tóxicas.

Além disso, a construção civil, com a extração de areia do leito do rio Doce, provoca danos consideráveis, além de assoreamento e alterações nos processos ambientais que necessitam ser compreendidos para que seus impactos negativos presentes e futuro possam ser reduzidos.

¹¹ Chorume líquido escuro e ácido, gerado a partir da decomposição da matéria orgânica existente no lixo (Silva, et al 1999, p.47).

Comparação de fotografias aéreas e imagem de satélite, de datas diferentes, permitiram verificar que o processo migratório das dunas provocado pela ação eólica que se espriam no setor Norte da cidade de Natal, originaram o conjunto de lagoas compreendida da junção das lagoas Azul Dendê, Pajussara, Guamoré e do Sapo.

As lagoas associadas ao rio Doce têm sua profundidade média da ordem de 1 a 2,50m. São de porte médio, ocupadas por dunas, vegetação nativa de pequeno porte, coqueiros e outras fruteiras. Constituem um manancial de importância para a produção de pescado, frutas e verduras. A área do entorno das lagoas são dedicadas a uma produção pecuária extensiva e, nos lugares de solos aptos para o cultivo, desenvolve-se a agricultura familiar.

A lagoa Guamoré (figura 4.15) é ligada à lagoa Pajussara (figura 4.16) pelo rio Doce, que por sua vez, divide seu pequeno fluxo na direção nordeste, unindo suas águas à da região de alagado, a qual também segue em direção ao rio Doce, que finalmente deságua no oceano Atlântico.



Figura 4.15 – Vista panorâmica da lagoa de Guamoré – dez/2000.



Figura 4.16 – Vista panorâmica da lagoa Pajussara – dez/2000.

Durante a época chuvosa a alimentação do aquífero é pluvial, com infiltração direta por intermédio do rio Doce. Entretanto, durante a estação de verão, a alimentação dessas lagoas se dá também pelo fluxo do retorno da água infiltrada durante a irrigação das verduras.

Com base no estudo de fotografias aéreas (1970), imagem de satélite (1996) e cartas topográficas (1978), verifica-se que as lagoas associadas ao rio Doce, são as maiores lagoas da cidade de Natal, elas coalescem ou são interligadas por canais, formando outros cursos contínuos que podem ser consideradas como reentrâncias do rio Doce. Pela deposição de sedimentos eólicos formando a barreira de areia nas lagoas, progridem em direção ao rio, interrompendo assim, a comunicação contínua.

A planície do rio Doce, a jusante das lagoas naturais mostra zonas de alagamento que atingem até o baixo curso do mesmo. Analisando as imagens de fotografias aéreas de (1970) verifica-se que o curso do rio Doce e parte final da lagoa de Pajussara, bem como suas vazantes, apresentam inundações no momento de cheias. Segundo relato de um dos moradores, “as cheias registradas em julho de 1998 e junho de 2000, invadiram todas as plantações de hortaliças, até uma área de 30 metros, prejudicando assim, toda plantação”.

Por outro lado a instabilidade da morfologia dessas lagoas pode estar associada ao ciclo de erosão e deposição das dunas que, podem ter sido fortemente influenciados por mudanças que afetaram a direção da bacia do rio Doce.

Atualmente a água das lagoas Pajussara e Guamoré é pouco transparente, devido principalmente à vegetação aquática e à pouca profundidade que possibilita a sua contínua agitação pelos ventos, determinando, conseqüentemente, constante movimentação de materiais finos, os quais são levados em suspensão para parte central e sul das lagoas, onde é depositado. Isso pelo fato de, nesta seção, a velocidade da corrente ser mais baixa, favorecendo ampla sedimentação de areia, silte e argila.

A lagoa Azul Dendê é do tipo perene e alongada e, como toda lagoa interdunar, surgiu quando a areia da duna, arrastada pelo vento, criou barreiras, formando uma depressão alongada, onde o fundo da lagoa inclina-se de modo suave para uma depressão existente ao longo do eixo maior do espelho d'água (figura 4.17).



Figura 4.17 – Vista panorâmica da lagoa Azul Dendê – dez/2000.

Verifica-se que nessa lagoa desenvolveram-se esporões arenosos que tendem a convergir em direção às dunas que espraiam-se sobre estes ecossistemas em alinhamento orientado paralelamente à direção dos ventos.

Na lagoa Azul Dendê só ocorre uma maior renovação da água no período chuvoso. A movimentação de sua água se dá em função da transferência de energia

cinética dos ventos, produzindo uma turbulência irregular com componentes cinéticos e potencial, num fenômeno complexo. Parte da energia cinética dos ventos produz ondas de superfície, que perdem sua forma e dissipam sua energia ao arrebentar nas margens.

Em consequência da uniformidade de temperatura e portanto de densidade, mesmo uma ação fraca do vento será suficiente para provocar a circulação de toda a massa d'água da lagoa Azul Dendê.

O Modelo Digital de Elevação mostra que a lagoa Azul Dendê (figura 4.18) é uma lagoa interdunar e que a mesma teve sua origem em cota de 8m, circundada por dunas, conforme o perfil topográfico A-B que variam de 17 a 11m.

O Modelo Digital de Elevação (figura 4.19) mostra que as lagoas Pajussara e Guamoré se comportam como um sistema fluvial-lacustre do rio Doce. Esta característica fica demonstrada no Modelo Digital de Elevação, onde as lagoas e o rio estão entre cotas de 6 e 9m, o que faz com que as lagoas Pajussara/Guamoré sejam interligadas com o rio Doce.

Pelas características geomorfológicas apresentadas atribui-se que as lagoas naturais surgiram em função da formação das dunas móveis parabólicas separando parte do rio Doce e, conseqüentemente, formando as lagoas.

O perfil topográfico A-B mostra uma variação de 16 a 34m, enquanto o perfil C-D está entre 14 e 38m, esta variação corresponde a dunas fixas e móveis.

4.5 - INTERPRETAÇÃO DA CARTA GEOMORFOLÓGICA DA CIDADE DE NATAL

A carta geomorfológica da cidade de Natal (figura 4.20) foi construída com as informações auxiliares temáticas preexistentes e através da análise e interpretação de Cartas Altimétricas da Grande Natal, imagens de satélite/1970 e fotografia aérea/ 1996. Esta associação permitiu caracterizar tematicamente cada feição do relevo da cidade de Natal. A partir de sua identificação, cada feição geomorfológica foi analisada com a integração entre os dados disponíveis no acervo bibliográfico e as informações contidas nas fotointerpretações. O princípio da análise baseou-se na premissa de que muitas estruturas geomorfológicas são refletidas na superfície, e que esse reflexo é passivo de identificação através de produtos de sensores remotos.

Os elementos considerados para a identificação das feições do relevo, são aqueles relacionados à história da evolução do ambiente geológico onde se insere a unidade da paisagem natural, objetivando compreender sua origem e sua tendência futura, bem como os elementos relativos à geologia que suportam a unidade da paisagem natural.

O produto resultante dessa análise integrada é a caracterização geo-ambiental, dando ênfase à geomorfologia e uso atual dessas unidades, onde foi possível identificar e caracterizar as unidades fisiográficas através da posição altimétrica relativa.

A morfologia da área de estudo pode ser vista, em linhas gerais, a partir da construção de um Modelo Digital de Elevação (ver materiais e métodos) como o mostrado na figura 4.21. Nesta figura podem ser vistas as superfícies com cotas altimétricas mais elevadas na extremidade NW da área do San Vale. As cotas entre 50 a 90 metros são interpretadas como restos morfológicos de antigos corpos de dunas parabólicas transgressivas parcialmente rebaixadas por agentes naturais e pelo homem.

Aplicando o Modelo Digital de Elevação, na área de estudo, foi possível confirmar os parâmetros morfológicos que evidenciaram as formas das lagoas, as elevações dos seus entornos, bem como, possibilitou o traçado dos perfis topográficos (dunas e lagoas), apresentados ao longo das análises realizadas nos capítulos anteriores.

Figura 4.20 – Carta Geomorfológica da cidade de Natal.

A análise dos perfis permitiu detectar a existência de diferença de profundidade nas formas das lagoas. Observa-se uma acentuada semelhança morfológica dessas lagoas associadas ao sistema rio Doce, com a direção das dunas entre si; onde estas apresentam uma menor altitude maior comprimento e largura, formando um alinhamento de lagoas alongadas e interdunares.

Conforme o estudo da Carta Geomorfológica da cidade de Natal e do Modelo Digital de Elevação das (figuras 4.20 e 4.21), a cidade possui um relevo mais ou menos plano, registrando pequenas elevações, com elementos bem definidos que diferenciam sua paisagem, como o estuário do Potengi/Jundiaí: as dunas fixas (cordões e corredores interdunares) e moveis, planície fluvio-marinha, recifes de arenito ou “beach rock”, superfície de aplainamento, falésias, rios, riachos e lagoas.

O estuário Potengi/Jundiaí, com aspecto geograficamente variado e modelado pela interação de fatores climáticos, litológicos e tectônicos é formado pelos rios Potengi, Jundiaí e o Doce e os riachos do Baldo e Quintas.

A planície flúvio-marinha, localmente corresponde às áreas de mangue e aluviões que sofrem influência das marés. Destaca-se o estuário do Potengi/Jundiaí por estar em cotas altimétricas que não ultrapassam 10 metros. Essa área vem sofrendo, ao longo dos tempos, um processo de descaracterização pela ação do homem, degradando-se em função do crescimento de atividades econômicas, que inicialmente foi a extração do sal marinho impulsionando alterações ambientais nesse ecossistema, assim como o uso do estuário para a procriação de camarão em cativeiro, “Projeto Camarão”. Mais recentemente, tem sido o processo de expansão urbana que vem afetando esse ecossistema, utilizando-se do mesmo como bacia receptora de efluentes domésticos e industriais. Ademais, salienta-se que, com a ampliação portuária, e a construção de margens artificiais, tem-se feito a eliminação de rochas submersas para a viabilização de navios de grande calado.

As planícies aluvionares do estuário do Potengi/Jundiaí e do rio Pitimbu estão situadas nos Tabuleiros Costeiros, associados aos sedimentos arenosos da Formação Barreiras. Entre o estuário do Potengi/Jundiaí e o rio Pitimbu desenvolveu-se um relevo suavemente ondulado formado por dunas orientadas na direção sudeste-noroeste, no limite central da cidade de Natal.

Ao longo do oceano Atlântico, destaca-se um alinhamento de dunas parabólicas interligadas, denominadas de Parque das Dunas, que se estende ao longo da superfície de aplainamento, apresentando um relevo ondulado com cotas altimétricas variando entre 30 a 50 metros, na direção sudeste-noroeste (obedecendo a direção dos ventos). Caracteriza-se por vertentes suaves a barlavento e mais abrupto no sentido de sotavento. São cordões dunares de idade sub-recente, situados após os campos de dunas móveis e sua fixação é consequência da perda de intensidade dos ventos, que favorecem o desenvolvimento de uma cobertura vegetal original, classificada como arbustiva-arbórea e densa.

As dunas do San Vale, são dunas parabólicas transgressivas erodidas com sentido 120° Az. As características destas feições, como a cobertura vegetal e a morfologia, estão parcialmente destruídas pela ocupação humana (movimentos de terra e construções). Os registros remanescentes destes corpos podem ser observados em fotografias aéreas, imagens de satélite mais antigas e, nos dias atuais, por pequenas ilhas de vegetação (ver mapa geomorfológico e de cobertura sedimentar).

As dunas móveis (não vegetadas), com alturas médias entre 30 a 40 metros, são desprovidas de vegetação e apresentam uma grande intensidade de processos eólicos, tanto erosivos, como deposicionais. Situam-se na planície de deflação até o início das dunas fixas, sendo alimentadas pelos sedimentos praias, caracterizados como areias quartzosas, oriundas das planícies de deflação.

A superfície de aplainamento (dunas arrasadas) corresponde à área onde se encontra edificada a cidade de Natal, onde o relevo é suavemente ondulado, com cotas variando entre 30 a 50 metros.

Os recifes de arenito, são denominados de *beach rocks*, que correspondem a um material de praia, compostos de quartzo-arenitos bem selecionados, cimentados por carbonato de cálcio.. A presença de extratificações indicam serem formados na região de média a baixa de estirâncio (Bezerra et al. 1993). Estes mostram-se sob a forma alongada dispostos paralelos à linha de costa, aflorando principalmente nas praias do Meio, Forte e Alagamar.

Os corpos de arenito ao longo da costa da cidade de Natal, se posicionam em diferentes níveis altimétricos emersos ou submersos. Quando emersos são facilmente

identificados, mas quando recobertos por algas, corais ou por sedimentos de plataforma, nem sempre podem ser diferenciados.

As falésias (da Formação Barreiras) ocorrem tanto sob a forma de falésias vivas ou sedimentos lateritizados, apresentando em média 3 metros de altura e estão presentes em quase toda a costa. Quando estão em contato com o oceano, são caracterizadas pela presença de lateritos ferruginosos.

As lagoas naturais da cidade de Natal são depressões aprisionadas por cordões dunares, com predominância do seu suprimento d'água das precipitações pluviométricas e do aquífero Dunas/Barreiras, o qual aflora nas áreas mais baixas onde ocorrem substratos correlacionados aos sedimentos do barreiras, recobertos por aluviões lacustres.

Na leitura do quadro 4.9, observa-se o resultado dessa análise que permite definir os setores do relevo da cidade de Natal e as características gerais em função do condicionamento das estruturas geomorfológicas.

Quadro 4.9

Setores de relevo e caracterização geral da cidade de Natal

Feições geomorfológica	Depósitos sedimentares	Ação humana
1-Superfície de dunas retalhadas e arrasadas.	Sedimentos arenosos quartzosos com e sem óxido de ferro;	Intensa; movimento de massa (aterros e corte); Impermeabilização intensa e destruição de feições naturais.
2-Planície fluvio marinha (planície de inundação)	Sedimentos arenosos a argilosos quartzosos com e sem matéria orgânica	Moderada a intensa no sentido do continente; intensa no estuário do Potengi/Jundiaí. e na área de antigas salinas.
3-Dunas fixas (ou vegetadas) e campos de dunas	Sedimentos arenosos e quartzosos sem óxido de ferro;	Intensa nas dunas do San Vale; e baixa a moderada no Parque das Dunas.
4-Dunas móveis (não vegetadas) em formação e Zona de praia.	Sedimentos arenosos e quartzosos sem óxido de ferro.	Ação moderada a intensa.
5- Estuário Potengi/Jundiaí, rios Doce e Pitimbu, riachos Prata, Ouro, Baldo e Quintas; lagoas naturais e artificiais	Coberturas areno podzolica e aluvial	Intensa no estuário Potengi/Jundiaí e rio Pitimbu; moderada no rio Doce; intensa nas lagoas centrais e moderada nas lagoas periféricas.
6- Encostas íngremes (falésias) e superfícies planas e horizontais estreitas (Formação Barreiras).	Sedimentos areno quartzosos angulosos com concentrações de grossos (seixos até blocos) lenticulares e dispersas.	Intensa (movimento de terra) à moderada.
7- Recifes de arenito	Quartzo e arenitos que variam de areia fina a grossa intercalados com cimento carbonatico	Moderada.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições naturais da cidade de Natal apresentam fragilidade em áreas onde os desequilíbrios verificados são provocados pela ação do homem. A geologia/geomorfologia geram condicionantes críticos para sua urbanização. A forma como ocorreu a ocupação sobre o relevo dunar e as lagoas naturais provoca a ocorrência de enchentes e contaminação do aquífero Dunas/Barreiras. Diante da crescente ocupação urbana, tem-se observado aumento significativo destes fenômenos, que têm produzido impactos no ambiente lacustre da cidade. Estes (processos) não estão sendo contidos, mas ampliados, à medida que os limites urbanos aumentam. A gravidade desta tendência pode ser vista, principalmente, nas áreas próximas as lagoas e alagados.

A integração entre as informações fisiográficas e os dados analisados nos capítulos anteriores permitem reconhecer que os controles de ordem geológica/geomorfológica, responsáveis pela origem e evolução dessas lagoas, estão associadas ao clima, regime dos ventos, às características dos sedimentos e à presença das dunas.

A interferência do homem, com obras de infra-estrutura urbana como: impermeabilização do solo através da pavimentação; retificação e canalização dos canais de drenagem; instalações de redes pluviais subdimensionadas, bem como o lixo urbano que é depositado nas margens das lagoas (figura 5.1), acentuam os efeitos adversos, provocando danos nos períodos de maiores precipitações pluviométricas, resultando nas constantes inundações. As conseqüências são o grande número de desabrigados, incontáveis prejuízos socioeconômicos.

Quanto às lagoas Seca e da Campina, foram aterradas pelo poder público, para direcionar o processo de urbanização da cidade. A lagoa do Jacob teve o seu aterro iniciado na década de 60, para dar lugar a construção do Instituto Padre Monte. De acordo com o planejamento municipal, a área restante da lagoa vai “ceder” lugar ao prolongamento da Av. Floriano Peixoto; e a lagoa Nova, área ocupada pelo Centro Administrativo do Estado, em períodos de maior precipitação pluviométrica, ressurgem causando danos ao patrimônio público estadual.



Figura 5.1 – Degradação ambiental nas margens da lagoa de recepção “lagoa do Preá” – jun/2000.

A lagoa Manuel Felipe, embora presente, teve sua morfologia bastante alterada apresentando uma redução substancial de sua área original. Sendo atualmente a única das lagoas naturais, associadas ao sistema estuário Potengi/Jundiaí, no centro da cidade, a ser usada para fins lúdicos.

As lagoas Azul Dendê, Pajussara e Guamoré apresentam nível constante de água no decorrer do ano. A morfologia destas lagoas está condicionada ao avanço do corpo de dunas de Genipabu sobre o leito do rio Doce. De todas as lagoas estudadas, estas são as que apresentam menores interferências humanas. Sendo portanto o seu estudo e preservação de grande importância para a compreensão da dinâmica das lagoas na área de estudo.

As lagoas naturais associadas ao sistema lacustre Lagoinha estão atualmente loteadas por granjas, ainda não atingidas totalmente pela especulação imobiliária, o que merece atenção do poder público, a fim de garantir a preservação desse ecossistema.

Já as lagoas naturais localizadas na extremidade sul da cidade, precisamente no conjunto habitacional Pirangi/Jiqui, encontram-se em elevado processo de descaracterização geomorfológica, provocada pela intensa retirada de material arenoso para ser utilizado na construção civil.

Em consequência da urbanização, o poder público municipal construiu lagoas de recepção e estabilização em área de bacia de drenagem, como forma de regulação da drenagem urbana. A construção dessas lagoas resultou na formação de ecossistemas lacustres artificiais. Em função disto, constata-se que grande parte das bacias de drenagens da Cidade do Natal foram descaracterizadas para dar lugar a praças como a de Mirassol, na BR 101 e as quadras de esporte do Centro Educacional Integrado – CEI (figura 5.2).

Observa-se na cidade de Natal uma situação de alteração no padrão lacustre, onde a ação do homem sobre as lagoas naturais se dá em dois patamares: 1) construção na área da bacia e no seu entorno, afetando a drenagem urbana; e 2) depositando efluentes domésticos e industriais na própria bacia, causando, modificações da morfologia e alterações fisiográficas na paisagem lacustre, surgindo assim, um novo relevo, resultante da ação do homem como agente geológico.



Figura 5.2 – Área de “bacia de drenagem”, atualmente ocupada pelo pólo esportivo do Centro de Educação Integrada – CEI – dez/2000.

A atual situação das lagoas Manuel Felipe, no bairro do Tirol, pode ser considerada crítica e as possibilidades de reversão do quadro ambiental são limitadas. A reversão do quadro de degradação ambiental nas lagoas naturais, requer mudanças na política de desenvolvimento urbano adotada nas últimas décadas, onde prevalecem os mecanismos de acumulação e especulação imobiliária, em detrimento dos interesses coletivos e ambientais da cidade.

A complexidade das relações existentes na cidade de Natal indica a necessidade cada vez mais do planejamento integrado e do conhecimento dos recursos naturais existentes, a fim de promover o desenvolvimento harmônico da sociedade.

Diagnosticadas as condições ambientais das lagoas percebe-se que os locais mais atingidos pelas enchentes (na década de 90) referem-se as áreas, cuja cota altimétrica não ultrapassam 20 metros, onde estavam inseridas os alagados e as lagoas naturais desaparecidas, como a lagoa da Campina, a lagoa Seca, a lagoa Nova e a lagoa do Jacob, áreas que, normalmente são afetadas todas as vezes que têm ocorrido enchentes de grande dimensão na cidade.

5.1 - SUGESTÕES

A realidade ambiental da cidade de Natal resulta dos processos dinâmicos e, neste sentido, os processos de intervenção e/ou de apropriação dos recursos ambientais devem ser priorizados para o atendimento das necessidades básicas da atual e futura geração, regida pelo enfoque da sustentabilidade. Incorpora-se uma preocupação relativa à equidade da importância do planejamento geo-ambiental a médio e longo prazo.

A identificação dos problemas geo-ambientais deve resultar da interpretação dos processos relevantes que determinam a realidade do ambiente. Nesse sentido, vê-se que a cidade de Natal precisa comprometer-se com a qualidade do ambiente em particular com a dos ecossistemas lacustres. É necessário um planejamento territorial/ambiental para esses ecossistemas lacustres, visto que o crescimento urbano tem colocado em situação de degradação, contribuindo para um total desaparecimento dos mesmos.

Entende-se que estratégias de ação mitigadora se fazem necessário, como implementação de programas de educação ambiental junto aos moradores que habitam em torno das lagoas, na busca de sanar os problemas socioambientais existentes. Vale ressaltar que esses programas devem ter nos seus esteios uma visão multidimensional da realidade desse território, não considerando somente os problemas tão prementes no entorno das lagoas.

Para resolver os problemas existentes nessas lagoas naturais são sugeridas ações que visam a sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida da população e do meio ambiente, conseqüentemente, na conservação dessa área lacustre.

A Carta Geomorfológica da cidade de Natal foi associada à intensidade da ação humana e é um exemplo de instrumento que pode ser construído com o objetivo de facilitar a gestão ambiental de áreas urbanas.

O fenômeno das inundações na cidade de Natal não é novidade. É necessário conhecer profundamente esse processo, visto que é sobre as áreas dos ecossistemas lacustres onde ocorrem os maiores danos ao ambiente natural e ao homem. Por isso, é necessário organizar, planejadamente, os espaços, a fim de minimizar os efeitos negativos que podem produzir-se.

Desta forma, propõe-se as seguintes ações para a conservação dos ecossistemas lacustres:

1. o estabelecimento de uma política de gestão de uso e ocupação das áreas lacustres, localizadas na cidade de Natal; considerando dentre os mais diversos aspectos, aqueles ligados à geologia/geomorfolgia;
2. implantar medidas mitigadoras urgentes na melhoria e ampliação da rede de drenagem da cidade, para evitar possíveis inundações nos períodos de altas precipitações pluviométricas;
3. a conservação desses ecossistemas lacustres quando de seus usos sejam precedidos de estudos, monitoramento e de reaproveitamento das áreas degradadas;
4. a implantação de um projeto de saneamento básico, visando à instalação de redes coletoras de tratamento de esgotos para viabilizar o uso e o estado de equilíbrio desses ecossistemas.
5. atentar para a expansão urbana da Zona Norte na direção das lagoas e na área de dunas;
6. o disciplinamento do uso e ocupação do solo das lagoas Azul Dendê, Pajussara e Guamoré, situadas na Zona Norte, por estas lagoas estarem situadas em uma área atualmente menos degradada pelo homem;

A abordagem necessária para um plano de proteção depende tanto da situação presente, quanto das tendências identificadas, podendo em certos casos ser

caracterizadas por ações, predominantemente, preventivas e em ou outros casos corretivas.

A implantação de saneamento para toda a cidade é uma das medidas mais urgentes que precisa ser assumida pelo poder público, pois a falta de saneamento básico, em, aproximadamente, 70% da cidade, traz conseqüências danosas: a utilização de fossas séptica pode provocar a contaminação do aquífero e, conseqüentemente, a impropriedade da água para o consumo humano. Dessa forma, a precariedade desse serviço para a cidade desencadeia uma série de impactos sociais e geo-ambientais, chegando a comprometer a qualidade de vida.

Diante do exposto, entende-se que essa é a base geo-ambiental e social que configura o espaço das lagoas naturais da cidade de Natal e seu entorno. Em face disso, cumpre ressaltar que as sugestões propostas só serão viabilizadas a partir de processos e ações e diretrizes implementadas pelos órgãos competentes e pela própria sociedade civil que atuam nessa área. Somente com o uso da gestão ambiental é que teremos a minimização dos problemas lacustres dessa área. Esse é um instrumento que induzirá um conjunto de intervenções, de modo a reconstruir o espaço desses ecossistemas lacustres, alicerçada sobretudo na vontade política dos seus promotores.

Assim posto, considera-se que o elenco de sugestões aqui referidas pode representar um caminho para equação, execução de atividades e ações que precisam ser implementadas para o uso e ocupação mais racional desse ambiente lacustre.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUA-PLAN. 1988.** Avaliação das possibilidades de infiltração de efluentes domésticos no aquífero Dunas, na área de Natal-RN. Estudos, Projetos e Consultoria, Recife, PE, 121p. il..
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques. 1977.** Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, Campina Grande (PB). Atas ... Campina Grande (PB): . n 6, p.363-392.
- ANDRADE, Gilberto Osório de. 1977.** Alguns aspectos do quadro natural do Nordeste. Recife, SUDENE, Coord. Planej. Regional – Div. Política Espacial. 75 p.
- BEZERRA, F.H.R., LIMA-FILHO, F.P., AMARAL, R.F. 1998.** Holocene coastal tectonics in NE Brazil. In: STEWART, I.S. and Vita-Finzi, .C. Coastal Tectonics. Geological Society, London, Special Publications, 146, 279-293.
- BEZERRA, F.H.R.; SAADI, A; MOREIRA, J. A.M. ; LINS, F.AP.L.; NOGUEIRA, A.M.B.; MACEDO, J.W.P.; LUCENA, L.F. & NAZARÉ Jr. D.1993.** Estruturação neotectônica do litoral de Natal (RN), com base na correlação entre dados geológicos, geomorfológicos e gravimétricos. IN: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4., 1993, Belo Horizonte – MG. Anais... Belo Horizonte - MG: SBG, p. 317-321.
- BIGARELLA, J. J., & AB’SABER, A.N.1964.** Paleogeographische und palaoklimasche Aspekte des Kanozoikumus in Sudbrasilien. Zeitscher. Geomorph. Berlim. NF 8: 286-312.
- BIGARELLA, J.J.; ANDRADE, G.O. 1964.** Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Arq. Inst. Ciência Terra, recife, n. 2, p. 1-14.
- BIGARELLA, J. J.1975.** The Barreiras Grup in Northest Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Porto alegre – RS, n. 47, p. 365- 393.
- BOSSÍ, G. E., ROLIM, J.L. & ANDREIS, R.R., 1982.** El Grupo Barreiras em el Nordeste brasileño. Actas 5, Cong. Latinoamericano Geol., Buenos Aires, Argentina, tomo 1: 173-190.
- BRANNER, J.C. 1889.** Cretaceous ad Tertiary geoloy of the Sergipe-Alagoas basin of Brazil. Philadelphia, Transactions of the American Philosophy Society, 16:369-434.

- BRANNER, J.C. Geology of Northeast Brazil. 1902.** Bulletin of the Geological Society of America, 13: 41-98..
- BRASIL/ MINISTÉRIO AGRICULTURA/MINISTÉRIO INTERIOR.1971.** Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife – PE: SUDENE, 531 p. (Boletim 21).
- BRASIL-Ministerio das Minas e Energia. 1981.** Projeto RADAMBRASIL.(Levantamento de Recursos Naturais, v. 23). Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro, 728 p.
- BRASIL-** Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia- Normais Climatológicas (1961-1990)/Distrito Federal, 1992.
- BROOKFIELD, M.E. 1984.** Eolian facies. In: WALKER, R. G. ED. Fácies models. 2 ed. Geoscience Canadá. P. 91-104.
- BURROUGH P.A.; Mc DONNELL, R. 1998.** Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics. Oxford University Press. 333p.
- CAERN- 1995.** Plano Diretor de esgotos sanitários da Cidade do Natal (RN), Natal. v.I e II.
- CÂMARA, G. MEDEIROS, J.S. 1998.** Geoprocessamento para projetos ambientais. 2ª edição. INPE, São José dos Campos, SP, www.inpe.gov.br.
- CAMPOS E SILVA, Antonio. 1966.** O Grupo Barreiras na Região de Natal. UFRN, Instituto de Antropologia., Rel e Comum. Natal, 1: 1-4, 1966, 3 p.
- _____. **1969.** Contribuição ao estudo do Grupo Barreiras no Rio Grande do Norte. UFRN. Arq. Inst. Antrop., Natal, S/N. 14 p.
- CASCUDO, Luís da Câmara. 1968.** Nomes da Terra – História, Geografia e Toponímia do Rio Grande do Norte. Natal: Fundação José Augusto, 321 p.
- _____. **1980.** História da Cidade do Natal. Rio de Janeiro: EDFRN, Civilização Brasileira, 342 p.
- _____. **1999.** História da Cidade do Natal. Edição Instituto Histórico Geográfico/RN. 3ª ed. Natal, 345 p.

- CHISCA JÚNIOR, Hugo. 1999.** Gerenciamento da qualidade da água de lagos urbanos. São Paulo. Dissertação (mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 115p.
- CORVESE, F.A. & BARBOSA F.A.R. 1970.** Otimização. Tradução de A. Rios Neto. São Paulo. EDART e EDUSP, 262p.
- COSTA, W.D. 1970.** Estudo hidrogeológico de Natal/RN. Consultoria Técnica de Geologia e engenharia (CONTEGE), Companhia de Águas e esgotos do estado do rio Grande do Norte (CAERN). Recife, PE., 224p.
- _____ **1971.** Consultoria técnica de geologia e engenharia, estudos hidrogeológicos de Natal, RN, Cia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, Natal, 20-54, 1971.
- COSTA, W. D.; SALIM, J. 1972.** Aspectos estruturais da faixa sedimentar costeira da região de Natal – RN. Revista de Estudos Sedimentológicos, Natal – RN, v.2,n 1/2, p. 133-143.
- COSTA, M.I.P. & PERRIN, P., 1981.** Os sistemas de dunas litorâneas da região de Natal: granulometria e morfoscopia dos grãos de quartzo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, CCE, Deptº Geologia, Bol. 1: 1-5.
- COSTA, M.I.P. 1983.** Os sistemas de dunas da região de Natal-RN. Salvador. 121p. dissertação (mestrado): Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia-UFBA).
- COSTA, Ademir Araújo. 2000.** A verticalização e as transformações do espaço urbano de Natal – RN. (Tese Doutorado – Instituto de Geociências – UFRJ Rio de Janeiro) 358 p.
- CUNHA, EUGÊNIO M. S. 1982.** Características e planejamento ambiental do estuário do Potengi. Dissertação (Mestrado). UFRGS, Porto Alegre – RS, 121 p.
- CUNHA, Sandra Baptista da ; GUERRA, Antonio José Teixeira. 1996.** Degradação ambiental. In: geomorfologia e meio Ambiente. Guerra, A.J.T. E Cunha, S.B. (ORG.) Editora Bertrand. Rio de Janeiro. pp: 337-379.
- CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Organizadores) 1999.** Avaliação e perícia ambiental. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 266 p.

- DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. 1992.** Controls on quaternary Coastal evolution of the East-Northeastern Coastal of Brazil: roles of sea level history, trade winds and climate. In: Donoghue, J.F et al. Eds. Quaternary Coastal evolution. *Sedimentary Geology*, 80: 213-232.
- DOMINGUEZ, J.M.L. 1995.** A erosão da linha de costa na região Nordeste do Brasil;: uma abordagem do problema a partir da compreensão da evolução costeira: In: SIMPÓSIO SOBRE PROCESSOS SEDIMENTARES E PROBLEMAS AMBIENTAIS NA ZONA COSTEIRA NORDESTINA DO BRASIL, 1, Recife-PE, Brasil. Anais ... Recife: CNPQ/PETROBRÁS/OSTROM/CPRM/SCTMA/FACEPE. P. 71-73.
- ESTEVES, F.A. & BARBOSA F.A.R. 1986.** Eutrofização artificial: a doença dos lagos. *Ciência Hoje*, 27:57-61.
- FALCÃO, M.F.L. & MABESOONE, J. M.1975.** Solos e paleossolos das fases do intemperismo cenozóico no Nordeste brasileiro. *Boletim Técnico do Inst. De Pesquisa agrônômicas, Recife- Pe*, n.75, p. 1-22.
- FLEXOR, J.M.& MARTIM, L., 1979.** Sur l' utilization des gres coquiles de la region de salvador (Brazil) dans la reconstruction des lignes de rivages holocene. SYMP. COASTAL EVOL. QUATERN. INQUA. São Paulo, p. 343-355.
- FREIRE, M.S.B. 1990.** Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas do Natal. *ACTA Botânica bras.* , v. 4, n. 2, p. 41-51.
- GOLDEN SOFTWARE, Inc. Surfer, User's Guide.1999.** Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. Golden Software, Inc., Colorado USA, 584p.
- GÓMES y OREIA, Domingo.1980.** El medio físico y la planificación. Madrid: CFICA, (Cuadernos CFICA, n. 10 e 11).
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, Sandra B. 1996.** Geomorfologia e Meio Ambiente, Rio de Janeiro-RJ: Bertrand Brasil. 372p.
- HESP, P. P.A. 1989.** A review of biological and geomorphological processes involved in the initiation and development of incipient foredunes. *Proceeding of Royal Society of Edinburg*, 96B: 181-201.
- IBGE— 1996.** Contagem da população. v.1 Rio de Janeiro. 724p.
- IPLANAT (Consultoria em Recursos Naturais).** Estudo hidrogeológico da Região Metropolitana de Natal. Natal-RN, 1983. 171p. (Relatório Técnico).

- IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A). 1982.** Reconhecimento hidrogeológico e estudo sobre a qualidade atual das águas subterrâneas da Grande Natal. Natal-RN: SEPLAN, 149p. (Relatório 14, v. 2).
- IPT/SEPLAN RN. 1981.** Reconhecimento Hidrogeológico e Estudo sobre a qualidade atual das águas Subterrâneas da Grande Natal. Relatório n. 14.813, junho.
- JENKINS, O. P. 1913.** Geology of the region about Natal, Rio Grande do Norte. Proc. Amer. Philos. Soc.. 52: 431-466.
- KERGEL, L.C. 1957.** A contribuição ao estudo da bacia costeira do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro. Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 70, 52 p.
- KING, L. C. A. 1956.** Geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, n.2, p. 147-265.
- MABESOONE, J.M., CAMPOS e SILVA, A. , BURLLEN, K. 1972.** Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco-Paraíba e Rio Grande do Norte. Rev. Brasileira de geociências. São Paulo, v. 2, n. 3, p.173-188.
- MABESSONE, J. M., CASTRO, C.1975.** Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste brasileiro. Boletim do Núcleo Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia, Recife- PE, 35 P.
- MABESOONE, J. M., LOBO, H.R.C. 1980.** Paelosols as stratigraphic indicators for the cenozoic history of Northeastern Brazil. Catena, Braunschweig, n. 7, (1): 67-78.
- MABESOONE, J. M. (coord.), 1987.** Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte Grande do Norte, e do seu embasamento. Universidade Federal de Pernambuco, FINEP/PADCT, relatório interno, 60p, mimeografado.
- MABESOONE, J. M, 1996.** Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte e. IV Simp. Sobre o Cretáceo do Brasil. UNESP. Rio Claro-SP
- MABESOONE, J. M. ; SILVA, J. da C. e. 1991.** Aspectos geomorfológicos. Estudos e Pesquisas. Recife, n. 10, p. 117- 132.
- MAGLIOCCA, Argeo. 1987.** Glossário de Oceanografia. São Paulo. Nova Stella: Editora da Universidade de São Paulo, 355p.
- MAPA DO MUNICÍPIO DE NATAL, 1956.** Estado do Rio Grande do Norte, escala 1:100 0000, Departamento Estadual de Estatística.

- MARTIN, L. SUGUIO, K.; FLEXOR, J-M; BITTENCOUT A. C. S.P.; VILAS BOAS, G.S. 1980.** Le Quaternaire marin brésilien (littoral pauliste, sud fluminenses and bahianais). Cahiers Office de la Recherche Scientifique et Technique d'outre – Mer, série geologie, 10° 95-124.
- MAURÍCIO, A .M., 1970. Balanço hídrico segundo Thornthwaite, 1948.** Recife, SUDENE, Departamento de recursos Naturais, n. paginado.
- MELO, José Geraldo, FIGUEREDO, E. M. 1990.** Comportamento hidráulico e vulnerabilidade do sistema aquífero Dunas/Barreiras à poluição área de Natal/RN. Ver. Águas Subterrâneas ABAS, São Paulo, 13: 112-124.
- MELO, José Geraldo. 1995.** Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal/RN. São Paulo: USP- Inst. de Geociências. Tese (doutorado), 153 P.
- _____. **1998.** Avaliação dos recursos de contaminação e proteção das águas subterrâneas de Natal-Zona Norte. 11998. CAERN-Divisão de Hidrogeologia, Natal, 101 P.
- MIRANDA, José Maurício F. de. 1999.** Evolução urbana de Natal em 400 anos 1599-1999, Coleção Natal 400 anos. Governo do Estado do Rio Grande do Norte, Prefeitura municipal de Natal , 157 P.
- MOREIRA, M.M. 1996.** Mapeamento geotécnico do município de natal-RN. Dissertação (mestrado) Departamento de Engenharia Civil-Universidade de Brasília. Brasília-DF. 148p.
- NATAL. Leis, Decretos. 1995.** Lei n. 4.664, de 13 de julho de 1995. Diário Oficial, Natal, 3 ago. p. 1.
- NOGUEIRA, Ângela Maria Borges.1981.** O cenozóico continental na região de natal. RN. Boletim do Dep. de geologia, Natal, p. 15-24.
- _____. **1982.** O cenozóico continental da Região de Natal-RN. PRAEU, 119 p.
- NOGUEIRA, Ângela. M. B. ; NASCIMENTO, J.M.S; LIMA, M. S.; OLIVEIRA, M. I. M. & SRIVASTAVA, N. K. 1984.** Geologia da faixa litorânea entre Natal e Graçandu-RN. Bol. Dept° Geologia/CCE/UFRN, Natal, 8: 40-48.

- NUNES, Elias. 1996.** Aspectos morfo-estruturais, fisiográficos e de coberturas de alteração intempéricas da Grande Natal (RN), com base para o macrozoneamento geoambiental. Tese (Doutorado)- Rio Claro –SP, UNESP, 172 p.
- OLIVEIRA, M. I.M., BAGNOLI, E., FARIAS, C. C., et al. 1990.** Considerações sobre a geometria, petrografia, sedimentologia, diagênese e idade dos “beach rocks” do RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34. Natal, 1990. Anais ... Natal; (S.N.), V. 2, P. 621-634.
- PELOGGIA, Alex. 1998.** O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo. São Paulo: Xamã. 271p.
- PYE, K. 1993.** Late Quaternary development of caos tal parabolic megadune complexes in northeastern Austrália. In: PYE, K. & LANCASTER, N. Aeolian sediments: ancient and modern. Oxford, Spec. Publs. IAS, 16:23- 44.
- RHODE, Geraldo Mário. 1996.** Epistemologia Ambiental: Uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética. Porto Alegre: EDIPUCRS, 234p.
- RIBEIRO, A.G., BELOTTI, B.L.B., SILVEIRA, L.M. et al. 1991.** A educação ambiental e a prática pedagógica nas escolas de 1º e 2º graus de Maringá-PR. In: Encontro Nacional de estudo do meio ambiente, 3, Londrina. Anais ... Londrina UEL/NEMA, 1981. v.2, p. 565-574.
- RUST, I. C. 1990.** Coastal dunes as indicators of environmental change. Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Wetenskap .86:299-302.
- SALIM, J., LIMA, M. Socorro.& MABESOONE, J.M. 1974. a.** Tentativa de subdivisão do Grupo Barreiras na região costeira de Natal, RN. Bol. Núcleo Nordeste, Soc. Brás. Geol., 4 – Atas VI Simp. Geol. Nordeste, Maceió (AL), p. 13-18.
- SALIM, J., LIMA, M. Socorro.& MABESOONE, J.M. 1974 .b** Vales estruturais no litoral leste do Rio Grande do Norte. Bol. Núcleo Nordeste. Soc. Brás. Geol., 4 – Atas VI Simp. Geol. Nordeste, Maceió-AL, p. 41-47.
- SEPLAN/IDEC. 1978.** Cartas altimétricas da Grande Natal. Escalas 1:2 0000 e 1:10 000.
- SILVA, Pedro Paulo de Lima; GUERRA, Antonio J.T. ; MOUSINHO, Patrícia; BUENO, Cecília; ALMEIDA, Flávio G.; MALHEIROS, Telma & SOUZA JR. Álvaro Bezerra. 1999.** Dicionário brasileiro de ciências ambientais. Rio de Janeiro: Thex Ed. , 247 p.

- SUGUIO, K.; BIDEGAIN, J. C.; & MÓRNER, N.A. 1986.** Dados Preliminares sobre as Idades Paleomagnéticas do Grupo Barreiras e da Formação. São Paulo. Ver. Brás. Geociências, v. 16.
- TAVARES, S. 1960.** Estudos geobotânicos do Rio Grande do Norte. Instituto de Pesquisa Agropecuária, Recife-PE, n.5, p. 39-41.
- _____. **1964.** Contribuições para o estudo da cobertura vegetal dos tabuleiros do Nordeste. Boletim de recursos Naturais, Recife-PE, n. 2, p. 13-25.
- TOMITA, L. M. S. 1991.** O Córrego Bom Retiro pede socorro. In : Encontro Nacional de estudos do Meio Ambiente, 3, 1991, Londrina. Anais ... Londrina: UEL/ NEMA, v.2, p. 602-607.
- TRICARD, J. & CARDOSO DA SILVA, T. 1968.** Estudos geomorfológicos da Bahia e Sergipe. Imprensa Oficial da Bahia, Salvador,
- TRICARD, J., CARDOSO, da Silva, T. 1968.** Estudos geomorfológicos da Bahia e Sergipe. Imprensa Oficial da Bahia, Salvador, 186p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE- ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL.2000.** Boletins climatológicos, ano 1984-1999 e junho/julho-2000.
- VILLAÇA, J. Gilson. 1985.** Geologia Ambiental Costeira da região de Extremoz/RN. Natal: UFRN,(Relatório de Graduação).
- VILLAÇA, J. Gilson; NOGUEIRA, A . M.B.; SILVEIRA, I.M; CARVALHO, M. F. de; CUNHA, E. M.S. 1986.** Geologia Ambiental da área costeira de Ponta de Búzios a Barra de Maxaranguape-RN. Bol. Soc. Brás. Geologia. João Pessoa (PB), n. 10, p. 220-227.
- VILLAÇA, J.Gilson. 1996.** Geologia ambiental costeira da região de Extremoz-RN. Monografia (Bacharelado) - UFRN, Natal, RN.
- VILLELA, Swami M. MATTOS, Arthur. 1979.** Hidrologia aplicada. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 245p.