



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

Thaise Emmanuele Andrade de Sales

**ESTUDO DA BALNEABILIDADE DAS PRAIAS URBANAS DO MUNICÍPIO
DE NATAL-RN DURANTE O ANO DE 2005.**

Natal
2006

Thaise Emmanuele Andrade de Sales

**ESTUDO DA BALNEABILIDADE DAS PRAIAS URBANAS DO MUNICÍPIO
DE NATAL-RN, DURANTE O ANO DE 2005.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. André Luis Calado Araújo

Co-orientador: Prof. Dr. Ronaldo Fernandes Diniz

Natal

2006

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Sales, Thaise Emmanuele Andrade de.

Estudo da balneabilidade das praias urbanas do Município de Natal-RN durante o ano de 2005 / Thaise Emmanuele Andrade de Sales. – Natal, RN, 2006.

87 f. : il.

Orientador : André Luis Calado Araújo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

1. Engenharia sanitária – Dissertação. 2. Condições de balneabilidade – Dissertação. 3. Indicadores de contaminação fecal – Dissertação. 4. Praias de Natal-RN – Dissertação. 5. Programa Água-Viva – Dissertação. I. Araújo, André Calado. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628(043.3)

THAISE EMMANUELE ANDRADE DE SALES

**ESTUDO DA BALNEABILIDADE DAS PRAIAS URBANAS DO MUNICÍPIO
DE NATAL-RN DURANTE O ANO DE 2005.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária.

BANCA EXAMINADORA

Dr. André Luis Calado Araújo – Orientador

Dr. Ronaldo Fernandes Diniz – Co-Orientador

Dra. Maria del Pilar Durante Inguza – Examinador UFRN

Dr. Carlos Henrique Catunda Pinto – Examinador Externo IDEMA

Natal, 31 de Agosto de 2006.

*Por todas e quaisquer razões este
trabalho é dedicado aos meus pais
Antônio e Lêda.*

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, por ter me presenteado a maravilha do viver, pela coragem que me concedeu de enfrentar mais esse desafio e pela alegria da vitória;

Aos *meus pais* que sempre souberam renunciar por mim, que fizeram da minha pessoa responsável e que sempre acreditaram em meu potencial, meu afetuoso reconhecimento;

Em especial, à minha irmã, *Therena Sales*, pelas palavras de motivação e otimismo, bem como, pela valiosíssima contribuição para realização deste trabalho;

Ao meu irmão, *Thiago Sales*, pela paciência e compreensão no decorrer do processo;

A minha tia, *Gizelda Salles*, pelo constante incentivo ao estudo e por sempre está presente afetuosamente;

Ao Doutor, Mestre, Professor, Orientador e Amigo *André Luis Calado Araújo*, por ter me aceitado - mais uma vez - como sua orientanda; pelo grande incentivo, paciência e atenção despendida e pelas valiosas sugestões e contribuições profissionais. O meu carinho especial e a certeza de que não há palavras suficientes para expressar minha gratidão;

Ao Prof. *Ronaldo Fernandes Diniz* pela amizade e atenciosa acessibilidade nos momentos de dúvidas; por ter participado do meu Exame de Qualificação e por ter honrado seu papel de Co-orientador, contribuindo de forma decisiva na confecção dessa dissertação;

Ao Prof. *Eduardo Henrique S. Araújo* pelo auxílio no tratamento estatísticos preliminar dos dados;

À Prof^a *Beatriz Susana Ovruski de Ceballos*, figura humana e profissional que carinhosamente acompanhou meus primeiros passos para a realização deste trabalho, pelas cuidadosas sugestões e por não medir esforços ao enviar-me bibliografias chaves para o

desenvolvimento deste trabalho, encurtando, assim, as distâncias entre Natal e Campina Grande;

À Prof^a *Ângela Maria Soares Cardonha* do Departamento de Nutrição da UFRN, pela atenção e gentileza ao conceder-me acesso à sua tese de doutorado, contribuindo de maneira singular para o embasamento literário da minha pesquisa;

À minha instituição de origem, a *Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)*, em especial ao *Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária (PPgES)*, por disponibilizar informações indispensáveis à minha carreira profissional;

Aos Professores da Pós-graduação pela relevante contribuição ao meu crescimento profissional, em especial, a Prof^a *Maria Del Pilar Durante Inguza*, Prof^a *Josette Lourdes de S. Melo*, Prof. *Howard Pearson*, Prof. *Luis Pereira de Brito* e Prof. *Arthur Mattos*, pela amizade consolidada no decorrer do curso. Minha sincera admiração e respeito;

À secretária da Pós-graduação, *Leonor Barbosa*, pela amizade e disposição de ajudar sempre que solicitada;

Aos funcionários da Biblioteca Central Zila Mamede, em especial a *Wilza Lessa e Raimundo Muniz* pela competência e profissionalismo com que me conduziram durante a etapa de levantamento bibliográfico;

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)*, pelo apoio financeiro através da Bolsa de pesquisador.

Ao *Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA)* e a *Fundação de Apoio à Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do Rio Grande do Norte (FUNCERN)*, pelo apoio financeiro da pesquisa e ao *Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (CEFET-RN)*, pelo apoio técnico;

Aos bolsistas do projeto “Programa Água Viva”, *Isabele Rodrigues*, *Eliú Rego*, *Thatiane Silva*, *Eliezer Mazzetti*, *Thaís de Moraes*, *José Guedes F. Neto* e *Thiago Lima* pelo apoio, bom humor, amizade e ajuda na parte experimental do trabalho;

Ao chefe do departamento de fiscalização de obras da Secretaria Municipal de Obras e Viação (SEMOV), Eng. *Vital Gorgônio*, por gentilmente ter dedicado parte de seu

concorrido horário de trabalho para discutir a cerca dos principais entraves referentes à situação das obras de saneamento e drenagem pluvial de nossa cidade e por me ceder fotos importantíssimas para a consubstanciação deste trabalho;

Ao geógrafo *Roberto Mota Pires*, da Secretaria Municipal do Trabalho e Assistência Social (SEMTAS), por ter facilitado meu acesso às Imagens IKONOS da cidade de Natal-RN;

Ao engenheiro agrônomo da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), Dr. *José Simplício de Holanda*, por se dispor a ler o presente trabalho, antes de sua versão definitiva, contribuindo com sugestões decisivas para sua formatação final;

À bióloga *Vanessa Freire*, da EMPARN, pela amizade e grande ajuda na análise estatística dos dados;

Ao Prof. *Valmir Melo da Silva* por ter depositado confiança em meu potencial antes mesmo de eu pensar em fazer a prova de seleção para o referido curso;

Aos amigos e colegas do curso de Mestrado em Engenharia Sanitária, em particular, *Alfrêdo Osvaldo Dantas de Azevedo, Ádamo Luiz Costa Batista, Ana Miriam da Câmara Vilela, Carlos Alberto Batista de Araújo, Carlos Kleber Lopes Barbosa, Cibele Gouveia Costa, Fátima Bezerra Barbosa de Medeiros, Ivanilde Ramos da Silva, Joelson Kayto Feitosa Barbosa, Josivan Cardoso Moreno, Lícia Regina Ramalho de Figueiredo, Lumena de Barros Guilherme, Maria da Conceição Gomes Bentes, Milton Bezerra do Vale, Otacílio Cardoso de Miranda, Pedro Alves da Silva Filho, Sayonara Andrade de Medeiros, Simone Albuquerque de Sena Vilanova e Vera Maria Lucas Ribeiro* pelo companheirismo, atenção e confiança havidos ao longo do curso, e pela certeza de que “nossas lembranças ficaram marcadas nos corações dos loucos e na ignorância dos caretas!”;

Ao aluno *Igor Cruz* (turma 2005) e aos estudantes do CEFET-RN, *Lauro Tércio e Josué Pedro* pela paciência ao desmistificarem para mim alguns dos segredos do Software ArcView, meu sincero agradecimento;

A todos que acreditaram e contribuíram para a realização deste trabalho e que porventura não foram citados, o meu reconhecimento e agradecimento.

“Nenhum homem alguma vez atingiu sucesso valioso que não tenha, uma vez ou outra, se encontrado com pelo menos um pé balançando bem em cima da beira do fracasso.”

Napoleon Hill

No fio da Navalha

O sangue que cobre o fio da navalha
É o mesmo que corre pra beira-do-mar
O homem que foge no meio da batalha
É o mesmo que morre na beira-do-mar

Se o dinheiro no calor vira chama
De nada adianta, se há nada a comprar
Aquele que corta, desmata e incendeia
É o mesmo que morre na beira-do-mar

Natureza divina em morte proclama
Protejam o céu, a terra e o mar
Aquele que mata e no crime se espelha
É o mesmo que morre na beira-do-mar

Coragem é viver no meio da batalha
Defendendo a terra, o céu e o mar
Na firmeza do golpe, verdade se espalha
Derrota o canalha na beira-do-mar

Ronaldo Fernandes Diniz

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE TABELAS.....	xviii
RESUMO.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO	3
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
1.1 AMBIENTES COSTEIROS	7
1.1.1 Ocupação da zona costeira.....	7
1.1.2 Usos das zonas costeiras	8
1.2 BALNEABILIDADE	9
1.2.1 História da arte	10
1.2.2 Praias	12
1.2.2.1 Definição e seus elementos morfodinâmicos	12
1.2.2.2 Importância ambiental das praias	15
1.2.3 Realidade sanitária nas zonas costeiras.....	16
1.2.4 Qualidade das areias	18
1.3 - DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA	19
1.4 INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL	21
1.4.1 <i>Coliformes fecais</i> (termotolerantes).....	23
1.4.2 <i>Escherichia coli</i>	23
1.4.3 <i>Streptococos fecais</i>	24
1.4.4 Vantagens e Desvantagens dos principais indicadores de contaminação fecal.....	24
1.5 TÉCNICAS DE QUANTIFICAÇÃO DE MICROORGANISMOS INDICADORES	25
1.5.1 Tubos Múltiplos	26
1.5.2 Membrana Filtrante	26
1.5.3 Substrato Cromogênico Definido (Collilert)	27
1.6 ASPECTOS LEGAIS	27
1.6.1 Legislação Brasileira	27
1.6.2 Legislação Mundial	29
1.7 PROGRAMA ÁGUA VIVA: PROJETO ESTUDO DE BALNEABILIDADE DAS PRAIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	30
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
2.1 LOCALIZAÇÃO.....	34
2.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	35

2.2.1 Aspectos regionais	35
2.2.2 Clima local.....	36
2.2.3 Ventos	36
2.2.4 Temperatura do ar	37
2.2.5 Precipitação.....	38
2.2.6 Umidade Relativa	38
2.2.7 Pressão atmosférica	39
2.3 CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS	39
2.3.1 Correntes Marinhas	39
2.3.2 Ondas.....	39
2.3.3 Ciclo de Mares	40
2.4 ASPECTOS GEOAMBIENTAIS	41
2.4.1 Enquadre Geológico e Geomorfológico da área de estudo	41
2.4.2 Geologia da Margem Continental.....	43
2.5 PRAIAS ARENOSAS.....	44
2.6 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIOLÓGICO.....	48
2.7 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO ANTRÓPICO.....	48
2.7.1 Demografia.....	48
2.7.2 Educação	49
2.7.3 Saúde.....	49
2.7.4 Esgotamento Sanitário	50
3 MATERIAL E MÉTODOS	52
3.1 TRABALHO DE CAMPO.....	52
3.1.1 Estações de Monitoramento.....	53
3.1.2 Amostragem de águas das praias.....	57
3.1.3 Amostragem das areias das praias.....	57
3.2 TRABALHOS DE LABORATÓRIO	58
3.2.1 Análise da água do mar.....	58
3.2.2 Análise da areia.....	59
3.3 COLEÇÃO DE DADOS COMPLEMENTARES	60
3.3.1 Dados metereológicos	60
3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
4.1 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	61
4.2 AVALIAÇÃO DOS VALORES DE TENDÊNCIA CENTRAL (MEDIANAS)	64
4.3 CORRELAÇÃO ENTRE NMP DE COLIFORME TERMOTOLERANTE E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	67
4.3.1 Evolução da qualificação semanal segundo as condições climáticas	69
4.4 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE	72
4.5 EVOLUÇÃO DA BALNEABILIDADE	77

4.6 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SANITÁRIA DAS AREIAS	78
5 CONCLUSÕES.....	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
REFERÊNCIA.....	84

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Terminologia utilizada para designar os elementos morfológicos de uma praia.	13
FIGURA 1.2: Tipos morfodinâmicos de praias, segundo classificações de Guza & Inman (1975) e Whight & Short (1984): (A) estágio dissipativo, (B) estágio intermediário e (C) estágio refletivo.	14
FONTE: Adaptado de SPERLING (1996)	23
FIGURA 1.3: Situação esquemática do grupo <i>coliforme</i> com relação às demais bactérias.	23
FIGURA 1.4: Placas sinalizadoras das condições de balneabilidade das praias monitoradas.....	32
FIGURA 2.1: Localização da área de estudo.....	34
FIGURA 2.2: Ilustração das diferentes posições ocupadas pela ZCIT durante o ano e padrão dos ventos sobre a costa do Nordeste brasileiro.	35
FIGURA 2.3: Frequência mensal de incidência dos ventos na estação metereológica do DOL/UFRN, durante o ano de 1999.	37
FIGURA 2.4: Precipitações médias mensais no período de 1960 – 1990.	38
Figura 2.5: Mapa mostrando a distribuição das praias (intermediária, protegida e em zeta) existentes no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte.	45
FIGURA 2. 6: Detalhes da linha de costa em zeta, nas praias de Ponta Negra e Via Costeira, situadas no município de Natal-RN: (A) praia com ondas pequenas, sedimentos mais finos, face da praia mais ampla e com menor inclinação, passando	

gradativamente à praias com ondas maiores, sedimentos mais grossos e face da praia mais inclinada (B, C e D).	46
FIGURA 2.7: Fotografia aérea mostrando praia protegida por extenso cordão de arenito de praia, com a formação de pequenas baías protegidas da ação das ondas. Praias do Forte e do Meio.	47
FIGURA 3.1: Localização das 15 Estações de monitoramento.	53
FIGURA 3.2: NA – 01 (Praia de Ponta Negra/ Morro do Careca).	54
FIGURA 3.3: NA – 02 (Praia de Ponta Negra/ Acesso Principal).	54
FIGURA 3.4: NA – 03 (Praia de Ponta Negra/ Free Willy).....	54
FIGURA 3.5: NA – 04 (Praia de Ponta Negra/ Final do Calçadão).....	54
FIGURA 3.6: NA – 05 (Praia da Via Costeira/ Cacimba do Boi).	55
FIGURA 3.7: NA – 06 (Praia da Via Costeira/ Barreira D'Água).	55
FIGURA 3.8: NA – 07 (Praia de Mãe Luiza).....	55
FIGURA 3.9: NA – 08 (Praia de Miami).xx	55
FIGURA 3.10: NA – 09 (Praia de Areia Preta / Praça das Jangadas).....	55
FIGURA 3.11: NA – 10 (Praia dos Artistas/ Centro de Artesanato)	55
FIGURA 3.12: NA – 11 (Praia do Meio/ Iemanjá).	56
FIGURA 3.13: NA – 12 (Praia do Forte).xx.....	56
FIGURA 3.14: NA – 13 (Praia da Redinha/ Rio Potengi).....	56
FIGURA 3.15: NA – 14 (Praia da Redinha/ Igreja).	56
FIGURA 3.16: NA – 15 (Praia da Redinha/ Barracas).	56

FIGURA 3.17: Fotografia ilustrando a coleta da areia seca.	58
FIGURA 3.18: Fotografia ilustrando a coleta da areia úmida.....	58
FIGURA 3.19: Fotografia ilustrando a Técnica dos tubos múltiplos.	59
FIGURA 4.1. Histogramas de frequência de coliformes termotolerantes para o ano de 2005 nos pontos de coleta NA-01 (Ponta Negra) e NA-07 (Mãe Luiza).....	62
FIGURA 4.2. Distribuição normal de probabilidade de coliformes termotolerantes para o ano de 2005 nos pontos de coleta NA-01 (Ponta Negra) e NA-07 (Mãe Luiza).....	62
FIGURA 4.3. Histogramas de frequência de coliformes termotolerantes após transformação logarítmica nos pontos de coleta NA-01 (Ponta Negra) e NA-07 (Mãe Luiza).	63
FIGURA 4.4. Distribuição normal de probabilidade de coliformes termotolerantes após transformação logarítmica nos pontos de coleta NA-01 (Ponta Negra) e NA-07 (Mãe Luiza).	63
FIGURA 4.5: Box Plots para as 15 estações de monitoramento.	66
Figura 4.6: Extravasamento de esgoto nas galerias pluviais ao longo da praia de Ponta Negra (Fotos registradas no dia 14/06/2005).....	67
FIGURA 4.7: Detalhe para o flagrante de uma ligação clandestina de águas servidas à rede coletora pluvial localizada em frente ao ponto NA-04 (Ponta Negra/ Final do Calçadão).....	68
FIGURA 4.8: Distribuição percentual das categorias Própria e Imprópria nas praias urbanas do município de Natal-RN durante ano de 2005.....	73
FIGURA 4.9: Galeria pluvial localizada no bairro de Mãe Luíza, com destaque para o lançamento de efluente doméstico na praia.	75

FIGURA 4.10: Classificação Anual das praias urbanas monitoradas no Município de Natal-RN.....	77
FIGURA 4.11: Comparação das médias geométricas de coliformes fecais encontradas nas 15 estações monitoradas no Município de Natal-RN nos anos de 2004 e 2005.....	78
FIGURA 4.12: Média logarítmica para as concentração de coliformes fecais encontradas na areia úmida e na água do mar para os pontos NA 07 e NA 13.....	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1: Doenças associadas ao uso recreacional das águas nos EUA, 1985-1994. .	21
TABELA 1.2: Vantagens e Desvantagens dos principais indicadores de contaminação fecal.	25
TABELA 1.3: Classificação das Águas consideradas próprias à balneabilidade.....	28
TABELA 1.4: Padrões mundiais de qualidade da água para fins recreacionais.....	30
TABELA 2.1: Estrutura das unidades lito-estratigráficas da área de estudo.	41
TABELA 3.1: Localização precisa dos pontos de coleta de amostras de água.	54
TABELA 4.1. Resultados da estatística descritiva das 15 estações de coletas de amostras monitoradas durante 52 semanas no ano de 2005.	61
TABELA 4.2: Análise de variância para as estações seca e chuvosa.....	64
TABELA 4.3: Coeficiente de Correlação (n=26) entre os valores de coliformes termotolerantes e a precipitação pluviométrica para os 15 pontos de monitoramento. ...	68
TABELA 4.4: Evolução da qualificação semanal das praias do Município de Natal-RN no ano de 2005.....	70
TABELA 4.5: Concentrações de coliformes termotolerantes em algumas zonas costeiras e cursos de águas brasileiras e nas duas praias que apresentaram situação sanitária mais crítica em todo o estudo (NA – 13 e NA – 07).	76

RESUMO

As zonas costeiras, em geral, são desprovidas de sistemas adequados para coleta e disposição final dos efluentes líquidos produzidos por seus habitantes. A inexistência desses sistemas tem como consequência o lançamento direto ou indireto dos esgotos *in natura* nos cursos d'água mais próximos. Como a drenagem desses cursos se faz obrigatoriamente em direção ao mar, os esgotos acabam por afluir às praias, interferindo de forma acentuada na balneabilidade destas. Neste sentido, a expansão urbana desordenada, acompanhada da expansão do turismo de uma cidade litorânea como Natal-RN, numa velocidade superior a capacidade financeira do poder público em atender à demanda por obras e serviços de infra-estrutura de saneamento, vem se tornando uma ameaça à integridade sanitária do litoral potiguar. Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade sanitária/ambiental das principais praias urbanas de Natal-RN, durante o ano de 2005. Para tanto, foi realizado levantamento sistemático das condições de balneabilidade, conforme critérios determinados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – Resolução N°274/ 00, em 15 pontos de coletas distribuídos ao longo da costa natalense sob apoio do Programa Estadual “Água-Viva”. Os locais de coletas foram determinados levando-se em consideração o fluxo de banhistas e a proximidade de saídas de corpos d'água tais como, valas, rios e tubulações de águas pluviais. A quantificação das concentrações de bactérias indicadoras de contaminação fecal (coliformes termotolerantes) na água e na areia foi realizada pelo Método de Fermentação em Tubos Múltiplos, com a inoculação do meio de cultura A₁. Numa análise geral dos resultados, observou-se variação sazonal na qualidade ambiental das praias com predominância de condições próprias na estação seca. A praia da Via Costeira/ Cacimba do Boi mereceu destaque por apresentar melhor qualidade, permanecendo própria durante todo o ano. Dois trechos dos balneários em estudo, considerados críticos, apresentaram más condições de balneabilidade, tendo sido constatados altos índices de colimetria fecal. A causa desse problema esteve geralmente relacionada ao lançamento clandestino de esgotos domésticos na rede de drenagem pluvial, no caso da praia de Mãe Luíza, e ao lançamento de esgotos domésticos e industriais no estuário do Rio Potengi, no caso da praia da Redinha.

PALAVRAS CHAVES: Condições de balneabilidade, Indicadores de contaminação fecal, Praias de Natal/RN, Programa Água-Viva.

ABSTRACT

The coastal zones, in general, are unprovided of systems adjusted for collection and final disposal of the effluent liquids produced for its inhabitants. The inexistence of these systems has as consequence the direct or indirect launching of the sewers *in natura* in the next water's courses. As the draining of these courses if it makes obligatorily in direction to the sea, the sewers finish for flowing to beaches, intervening of accented form in bathing water quality of these. In this direction, the disordered urban expansion, folloied of the expansion of the tourism of a littoral city as Natal-RN, in a bigger speed the financial capacity of the public power in taking care of to the demand for workmanships and sanitation infrastructure services, comes if become a threat the sanitary integrity of the potiguar coast. This work had for objective to evaluate the sanitary/ambient quality of main urban beaches of Natal-RN, during the year of 2005. For in such a way, systematic survey of recreational use of the water environment conditions was carried through, as criteria determined for the National Advice of the Environment (CONAMA) - Resolution N°274/ 00, in 15 points of collections distributed to long of the natalense coast under support of the State Program "Água Viva". The places of collections had been determined taking in consideration the flow of swimmers and the proximity of exits of bodies d'água such as, pluvial water ditches, rivers and tubings. The quantification of the concentrations of indicating bacteria of fecal contamination (fecal coliforms) in the water and the sand was carried through by the Method of Fermentation in Multiple Pipes, with the inoculation of the way of A1 culture. In a general analysis of the results, weather variation in the ambient quality of beaches with predominance of proper conditions in the dry station was observed. The beach of the Via Costeira/ Cacimba do Boi deserved prominence for presenting better quality all, remaining proper during the year. Two stretches of the health-resorts in study, considered critical, had presented harms conditions of bathing water quality, having been evidenced high indices of fecal colimetria. The cause of this problem generally was related to the clandestine launching of domestic sewers in the net of pluvial draining, the case of the beach of Mãe Luíza, and to the launching of domestic and industrial sewers in the estuary of River Potengi, in the case of the beach of the Redinha.

KEY-WORDS: Conditions of recreational use of the water environment, Pointers of fecal contamination, Beaches of Natal/RN, Program Água Viva.

INTRODUÇÃO

“O ser a quem pertencem o trabalho e o produto deste, a quem o trabalho é devotado, e para cuja fruição se destina o produto do trabalho, só pode ser o próprio homem. Se o produto do trabalho não pertence ao trabalhador, mas o enfrenta como força estranha, isso só pode acontecer porque pertence a um outro homem que não o trabalhador. Se sua atividade é para ele um tormento, ela deve ser uma fonte de satisfação e prazer para outro. Não os deuses nem a natureza, mas só o próprio homem pode ser essa força estranha dos homens.” (MARX, 1983).

O aparecimento do homem e, portanto, da sociedade humana, está diretamente ligado à capacidade que certos seres desenvolveram de assegurar a sua própria existência. Na verdade, tal processo consiste numa ação consciente do homem sobre a natureza e na permanente transformação desta em bens necessários à manutenção da vida humana. Assim, o homem realiza trabalho, isto é, cria e reproduz sua existência na prática diária, e faz isto atuando na natureza.

O desenvolvimento dessa interação do homem com a natureza teve seu início intrinsecamente ligado às zonas costeiras. Durante toda a história da humanidade, o homem sempre tentou explorar o mar, quer como fonte alimentar, quer como via de comunicação, quer como fornecedor de produtos essenciais (como o sal), quer ainda como fonte de lazer.

A despeito das numerosas vantagens oferecidas pelas zonas costeiras desde a antiguidade, elas estão entre as partes mais intensivamente utilizadas do globo. Como destaca a Comissão Internacional dos Oceanos (1992), mais da metade da população mundial vive atualmente em zonas costeiras e vizinhanças.

Qualificada como patrimônio nacional pela Carta Magna, a zona costeira brasileira é considerada região de grande extensão e complexidade, inclusive ambiental, em face da riqueza de seu ecossistema, isso porque nela interage a terra, o mar e o ar. Por ser explorada, na maior parte das vezes, sem a devida observância do desenvolvimento sustentável e graças à sua grande potencialidade para diversas atividades, o surgimento e crescimento desordenado das cidades nesta zona vieram naturalmente, maximizando a disputa por espaço e o excesso de consumo que acabaram provocando conflitos de uso dos recursos naturais.

A crescente pressão antrópica sobre os ecossistemas litorâneos, desconsiderando a capacidade de suporte destes ambientes, ocasiona sérios impactos, resultando não só na degradação do meio natural, como também na degradação social, econômica e cultural das comunidades tradicionais destas áreas.

Neste sentido, a expansão urbana de uma cidade litorânea como Natal-RN, leva a uma ocupação desordenada e a intensa exploração imobiliária desencadeia uma série de problemas

relativos à qualidade de vida da população. Os ecossistemas costeiros, diretamente atingidos, são frequentemente submetidos a impactos antropogênicos diversos devido a um falho plano de gestão ambiental aplicado à realidade do município.

Natal caracteriza-se como uma cidade cuja economia é baseada no setor terciário, dando maior ênfase nas atividades de prestação de serviços, tendo o turismo como grande impulsionador, chegando a concentrar 25% de sua população economicamente ativa como mão-de-obra trabalhando nessa atividade (PREFEITURA MUNICIPAL DO NATAL, 2005). O desenvolvimento exasperado desse setor cresce em proporções não suportáveis pelo sistema, resultando em déficit no atendimento à demanda por obras e serviços de infraestrutura de saneamento e proteção ambiental.

A proteção do meio ambiente ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações é um direito conquistado por todos na Constituição Federal de 1988. A Lei Maior é inovadora em diversos aspectos ligados ao meio ambiente. Determina que não só o Poder Público, mas também os cidadãos são responsáveis por essa proteção. Cresce, portanto, a importância da proteção ambiental à medida que se aprofunda o entendimento de sua natureza difusa e de que dela depende o bem comum e a proteção do próprio homem.

A questão da qualidade das águas está inserida nesse contexto, independentemente dos usos a elas atribuídos, sejam eles destinados ao “[...] abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquíicultura, preservação da flora e da fauna, geração de energia elétrica, navegação, diluição de despejos, harmonia paisagística ou recreação e lazer”.

Considerando que a poluição por esgotos domésticos das águas das praias de muitas cidades litorâneas é um problema emergente, o uso da água destinado à recreação e lazer acarreta preocupação com a questão da balneabilidade.

Diante deste panorama, o presente trabalho teve por objetivo geral, avaliar o padrão de balneabilidade das praias urbanas de Natal-RN, classificando-as conforme critérios determinados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

A Resolução do CONAMA, N°274/00, prescreve a avaliação da condição de balneabilidade das praias, através da medição das concentrações de um ou mais organismos indicadores presentes nos dejetos humanos ou de animais de sangue quente, sendo os valores empregados na classificação do meio como próprio ou impróprio para balneabilidade. Esta norma ainda determina que os microorganismos indicadores de poluição fecal (que devem ser pesquisados) para avaliação de balneabilidade de águas marinhas são: os coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e enterococos. Quando forem utilizados mais de um indicador microbiológico, as águas são avaliadas de acordo com o critério mais restritivo.

Quanto aos objetivos específicos, foram propostos: (i) realizar monitoramento sistemático das condições sanitárias das praias urbanas de Natal-RN, no trecho compreendido entre a Praia de Ponta Negra (Morro do Careca) e a Praia da Redinha durante o ano de 2005; (ii) identificar possíveis fontes de poluição das praias; (iii) correlacionar o nível de balneabilidade das praias com o nível de coliformes fecais em amostras de areia (em pontos selecionados); (iv) verificar efeito do tempo sobre a balneabilidade; (v) verificar efeito do ponto sobre a balneabilidade e (vi) alertar órgãos ambientais competentes para ações corretivas e preventivas necessárias à manutenção da integridade sanitária do Litoral Potiguar.

Além do atendimento à Resolução do CONAMA, fundamentalmente direcionadas para prevenir a proliferação de doenças infecto-contagiosas, (constituindo-se, dessa forma, em importante ação na área de Saúde Pública, para a cidade de Natal-RN), o presente estudo se justifica em função da importância representada pela atividade turística, em sua economia (atividade essa fundamentada, principalmente, na beleza das suas praias), bem como, reveste-se de grande relevância para o planejamento de ações na área ambiental.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para melhor compreensão da abordagem dessa pesquisa a revisão bibliográfica está dividida em 7 (sete) etapas.

A primeira consiste em breve digressão sobre a zona costeira, destacando suas principais características, merecendo atenção a complexidade de conflitos decorrentes de seu uso e ocupação.

Após essa visão geral, a segunda etapa é a de maior relevância, pois trata a questão da balneabilidade, propriamente dita, incluindo os conceitos básicos envolvidos, sua história da arte e situação das condições do saneamento básico nas regiões litorâneas.

A terceira, quarta e quinta etapas cuidam das doenças de veiculação hídrica, dos microorganismos indicadores de contaminação fecal e das técnicas de quantificação desses microorganismos (respectivamente).

A sexta, é dedicada às recomendações legais a cerca do tema balneabilidade no Brasil e no mundo.

Finalmente, a última, descreve a experiência do projeto de balneabilidade: *Programa Água-Viva*, responsável pelo monitoramento das condições sanitárias das praias de todo litoral do estado do Rio Grande do Norte.

Além do uso constante das fontes literárias brasileiras, fontes internacionais também foram buscadas a fim de instruir as idéias aqui apresentadas. Embora cada país tenha problemas peculiares na zona costeira, as situações por vezes se assemelham.

Espera-se, com estas considerações, que o leitor compreenda as razões que motivaram este estudo.

1.1 AMBIENTES COSTEIROS

Entre os diversos termos usados para designar a região (ou zona) de contato entre a terra e mar, os mais comuns são: *litoral*, *zona costeira*, *costa* e *orla marítima*. Uma análise detida de cada uma dessas palavras mostrará que elas têm origem e significado diversos (RUFINO, 1994). No presente trabalho, entretanto, a palavra *litoral* será empregada como sinônimo de *zona costeira* (expressão com senso mais abrangente e genérico), que engloba também *costa* e *orla*.

A definição mais comum para *zona costeira* no Brasil, é “zona de interação dos meios terrestres, marinhos e atmosféricos”. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2000) a define como uma área muito vasta e de grande complexidade, constituída pela superposição de diferentes ecossistemas marinhos e costeiros. Nesta definição, ao longo do *litoral* alternam-se manguezais, restingas, campos de dunas e falésias, baías e estuários, recifes e corais, praias e costões, planícies intermarés e outros ambientes importantes do ponto de vista ecológico. Em tal zona se localizam as maiores manchas residuais da Mata Atlântica e manguezais de expressiva ocorrência na zona costeira, essenciais na reprodução biótica marinha e no equilíbrio das interações da terra com o mar.

A ampla disponibilidade de recursos naturais do litoral favorece um aporte substancial para o desenvolvimento da região, portanto, a necessidade de proteger os ecossistemas marinhos e costeiros contra os efeitos adversos das atividades antrópicas constitui medida preventiva para assegurar uma utilização sustentável desses recursos assim como para preservar a saúde de seus usuários (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1992).

1.1.1 Ocupação da zona costeira

Conforme afirma Garcia (2005), um dos aspectos mais comuns que se pode encontrar em qualquer *costa* do globo é a atração que esta exerce sobre a população de tal forma que, em termos gerais, é a zona mais intensamente usada tanto para o assentamento da população como para a exploração de seus recursos.

O fato de ser a *zona costeira* um espaço com tanta diversidade a torna mais atraente e ao mesmo tempo mais vulnerável do que as regiões interiores. Para Rufino (1994), não se trata de simples valor econômico, que obviamente é importante para quem ali habita, mas principalmente do valor ambiental, ou ainda mais, do valor sócio-ambiental, principalmente no que diz respeito às praias preservadas e pouco exploradas do ponto de vista turístico e

imobiliário. A perspectiva de exploração dessas potencialidades leva a um processo acelerado de ocupação do *litoral* brasileiro.

Para se ter uma noção da magnitude que este fenômeno representa, basta observar a concentração da população sobre as *zonas costeiras* que, de acordo com Diáz (2002), corresponde a 85% da população mundial. Essa concentração demográfica gera um aumento da urbanização nesta zona, bem como, um crescente uso dos recursos existentes.

Contextualizando essa estatística para a realidade brasileira, o país tem aproximadamente $8,5 \times 10^6$ km² de superfície. No âmbito dessa extensão, 442.000 km² são ocupados pela *zona costeira* (5,2% do território nacional). Isto é, 7.408 km de extensão de linha de *costa*, sem levar em conta os recortes *litorâneos* (baías, reentrâncias, golfões, etc.), que muito ampliam a mencionada extensão, elevando-a para mais de 8,5 mil km voltados para o Oceano Atlântico, segundo a Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos (1998).

De acordo com o censo demográfico de 2000 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2001), dos aproximadamente 170 milhões de habitantes brasileiros, cerca de 32 milhões vivem em municípios litorâneos, o que corresponde a 22% do total da população. Isto determina uma densidade demográfica de 87 hab/km² para a *zona costeira*, valor cinco vezes superior a densidade média nacional que é de 17 hab/km². Vale ressaltar que metade da população brasileira vive a não mais de 200 km da costa marinha, o que se pode considerar que mais de 70 milhões habitantes geram impactos sobre os ecossistemas litorâneos.

A nível local, o Estado do Rio Grande do Norte possui uma superfície de 53.306 km², com uma população de 2,6 milhões de habitantes (IBGE, 2001), dos quais aproximadamente 70% vivem em áreas urbanas. A densidade populacional é de 45,41 habitantes por km², distribuídos em 162 municípios (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 1997). Já a região litorânea, possui uma superfície de 11.888 km², e uma extensão de 410 km. A população nesta região é de 1,3 milhões de habitantes (IBGE, 1997), com uma densidade demográfica de 108 habitantes por km².

1.1.2 Usos das zonas costeiras

De acordo com Clark (1996), entende-se por usos costeiros um conjunto de atividades que se desenvolvem a partir da utilização e/ou exploração dos recursos naturais desta zona.

Segundo Kay e Alder (1999), os usos costeiros podem agrupar-se em 5 (cinco) categorias principais: (i) uso residencial do solo; (ii) exploração dos recursos vivos e não-

vivos; (iii) infra-estrutura; (iv) turismo e atividades recreacionais e (v) conservação e proteção da biodiversidade.

Seguindo a enumeração dos autores, o primeiro dos usos, o residencial, consiste basicamente na urbanização das zonas costeiras para o assentamento da população. Quanto à exploração dos recursos vivos (renováveis), as atividades mais comumente relacionadas são a pesca em suas diferentes vertentes e a agricultura. A exploração de recursos não-renováveis refere-se principalmente a atividades extrativas de petróleo, gás e, em alguns casos, mineração.

A utilização da zona costeira para a construção de infra-estrutura está relacionada ao transporte marítimo, destacando-se neste caso a construção de instalações portuárias tanto para fins comerciais (transporte de mercadorias e passageiros) e pesqueiro, como para atividades recreativas (portos desportivos).

O uso turístico refere-se basicamente à exploração “industrial” desta zona para atividades de lazer. Graças às condições climáticas favoráveis e enorme extensão da costa litorânea, este uso tem se apresentado como o mais importante dentre os demais que se desenvolvem na costa brasileira. No entanto, a intensificação dessa atividade tem ocasionado graves problemas decorrentes da pressão urbanística, caracterizando-se como um dos principais responsáveis pela degradação ambiental das zonas costeiras (SARDÁ e FLUVIÀ, 1999).

Por último, as atividades de conservação e proteção ambiental se referem basicamente a uma regulamentação restrita (em muitos casos proibição) dos usos anteriores, tendo em vista a preservação e/ou melhoramento dos valores ambientais da zona costeira. A necessidade de implementar este uso é resultado da existência de um problema de degradação ambiental ou esgotamento dos recursos naturais por uma gama excessiva de exploração.

Este tipo de uso se implementa mediante a criação de aparatos legais de proteção territorial pelas quais se regulamentam as atividades que podem ser exercidas nas zonas protegidas.

1.2 BALNEABILIDADE

Balneabilidade é definida pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente, de acordo com a Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000, Art. 2º, como a condição das águas doces, salobras, e salinas destinadas à recreação de contato primário, sendo este entendido como

contato direto e prolongado com a água (natação, mergulho, esportes aquáticos etc.), onde a possibilidade de ingerir quantidades apreciáveis de água é elevada.

O contato secundário se refere àquele ligado às atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir quantidades apreciáveis de água é pequena, como na pesca e na navegação (WHO, 1999).

Na definição da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB, 1998), balneabilidade consiste num termo utilizado para definir a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário.

Aureliano (2000) conceitua balneabilidade como um instrumento de “*verificação de critério de uso*”, com base nos dados estatístico de amostras de 5 semanas consecutivas; bem como um “*instrumento de controle de qualidade*”, na medida em que permite à fiscalização uma melhor visualização sobre a variação da qualidade das águas destinadas a recreação.

Para a avaliação da balneabilidade, ou seja, da qualidade das águas destinadas à recreação, é necessário o estabelecimento de critérios objetivos que devem estar baseados em indicadores a serem monitorados. Seus valores devem ser confrontados com padrões pré-estabelecidos, padrões estes que expressam os requisitos de qualidade da água. Assim, pode-se identificar se as condições de balneabilidade em um determinado local são favoráveis ou não. As pesquisas de balneabilidade vão ao encontro desse objetivo, consistindo, basicamente, na avaliação da qualidade das águas destinadas ao banho, através de indicadores ambientais.

Entretanto, essa qualidade também pode ser definida com base nas observações de caráter organoléptico das praias (aspecto visual, cheiro, cor etc.).

1.2.1 História da arte

Padrões para qualidade das águas, de uma forma geral, vêm sendo estudados no mundo desde a década de 70, ou seja, há pouco mais de três décadas.

Nos Estados Unidos, o *National Environmental Policy Act* (NEPA), carta básica nacional escrita em 1969, já previa políticas a serem adotadas naquele país, visando à proteção do meio ambiente. Este foi o primeiro passo para se chegar ao *Federal Water Pollution Control Act*, lei de cunho federal, instituída em 1972, que estabeleceu a estrutura básica para regulação da emissão de poluentes nas águas dos Estados Unidos da América. Concedeu ao *Environmental Protection Agency* (EPA) – antigo *National Technical Advisow Committee* –, órgão do Meio Ambiente, autoridade para implementar programas de controle de poluição, como o estabelecimento de padrões para a emissão de resíduos líquidos

provenientes das indústrias. Com as modificações feitas em 1977, esta lei passou a ser popularmente conhecida como *Clean Water Act*.

Na Europa, ainda na década de 70, o Conselho da União Européia definiu diretrizes para o intercâmbio de informações relativas à qualidade das águas continentais superficiais destinadas ao banho, visando à cooperação internacional. A partir dessas diretrizes, alguns países da comunidade estabeleceram normas de qualidade das águas buscando a vigilância das águas balneares. Foi o caso do Reino Unido, Espanha e Portugal, que iniciaram o monitoramento de suas águas costeiras nas décadas de 70, 80 e 90, respectivamente.

No Brasil, estados como São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Ceará, encontram-se entre os pioneiros no monitoramento que avalia a qualidade da água nos balneários. Esses estudos foram iniciados na década de 70, através dos programas de monitoramento da balneabilidade geridos pelos respectivos órgãos ambientais estaduais.

Convenções, conferências, fóruns e simpósios, internacionais e multidisciplinares, começaram então a ser promovidos, visando apresentar e discutir o tema da qualidade da água de uma forma geral. Mais especificamente sobre águas litorâneas, tema abordado nesta pesquisa tem acontecido mundialmente várias conferências desde a década de 90.

Eventos como *Coastal Environment* e *International Coastal Symposium* são exemplos de encontros que vêm ocorrendo em diversas partes do globo. O primeiro discute problemas ambientais em áreas costeiras. Iniciou em 1995, no México, e já está em sua quinta edição (2004, na Espanha). Em eventos como o *International Coastal Symposium*, que já está em sua oitava edição (2004, no Brasil), cientistas, engenheiros, planejadores e gestores discutem os últimos avanços técnicocientíficos e sócio-econômicos, na área ambiental, relacionados aos processos litorâneos.

Vários outros encontros têm obtido destaque internacional nos últimos anos, como: *2nd International Conference on Asian & Pacific Coasts* (Japão, 2004), *International Conference on Estuaries and Coasts* (China, 2003), *International Conference on Coastal and Freshwater Issues* (Índia, 2003), *Coastal Water Resources* (Estados Unidos, 2002), *Managing Shared Waters – Coastal Zone Canada 2002* (Canadá, 2002), *International Symposium on Low-lying Coastal Areas: Hydrology and Integrated Coastal Zone Management* (Alemanha, 2002), entre outros.

Em meio à tantas valorosas iniciativas a Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2000, propôs, então, normas internacionais sobre o uso de águas recreacionais e saúde, na forma de diretrizes (WHO, 2003). O primeiro volume dessa produção trata das diretrizes para águas doces e marinhas, abordando aspectos relacionados à poluição fecal e qualidade da

água, microorganismos presentes na água, aspectos microbiológicos de qualidade da areia da praia, aspectos estéticos, monitoramento e avaliação, entre outros.

Além dessas diretrizes, a OMS produziu outro documento que consiste num guia prático, intitulado *Monitoring Bathing Waters* (WHO, 2000). Esse documento descreve as principais características e formas de abordagem para o monitoramento e avaliação de ambientes aquáticos recreacionais. Enfatiza a necessidade da utilização dos vários tipos de informação (decorrentes de fontes diversas) para o desenvolvimento de avaliações que possam ser consideradas válidas, além da necessidade de se estabelecer a ligação entre essas informações e as intervenções propostas, visando ao controle do risco, a curto e a longo prazo. Inclui ainda um guia prático para o planejamento e implementação de programas de monitoramento e avaliação, bem como um Código de *Boas Práticas*, o qual tem por objetivo auxiliar países em desenvolvimento na criação de seus códigos nacionais e promover a harmonia internacional.

1.2.2 Praias

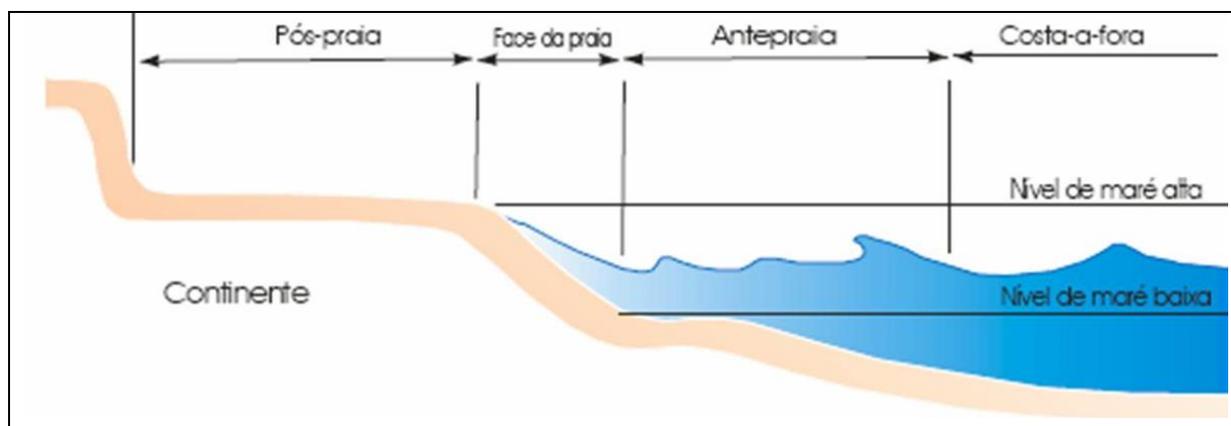
1.2.2.1 Definição e seus elementos morfodinâmicos

É importante deixar claro que, por tratar de questões referentes ao *litoral*, quando neste texto se mencionar praia a referência é sempre às marítimas.

Praia pode ser definida, de acordo com Suguio (1992, *apud* DINIZ, 2002), como uma estreita faixa que acompanha a linha de costa, tendo como limite interno a profundidade em que as ondas começam a interagir com o substrato oceânico e limite externo a linha de vegetação permanente ou o local onde há mudanças na fisiografia, tais como zonas de dunas, falésias marinhas, costões rochosos etc.. Nesta conceituação, a praia abrange a antepraia (*foreshore*) e a pós-praia (*backshore*) (SUGUIO, 1992, *apud* DINIZ, 2002), sendo constituída, sobretudo, por sedimentos inconsolidados, em geral na fração areia ou, mais raramente, cascalho (SUGUIO, 1992; KOMAR, 1998; DOMINGUEZ *et al.*, 2000 – *apud* DINIZ, 2002).

Quanto aos elementos morfológicos de uma praia (Figura 1.1), a pós-praia compreende a porção situada fora do alcance das ondas e marés, encontrando-se geralmente com cobertura vegetal composta por espécies vegetais tipicamente continentais; a face da praia é a porção da praia lavada constantemente pelas ondas e correntes de marés, onde os banhistas preferencialmente tomam banho de sol, sendo também conhecida como praia recreacional; a antepraia é a região na qual ocorre interação entre as ondas e o fundo oceânico,

e a região de costa-a-fora a zona a partir da qual não existe mais interação das ondas com o substrato oceânico (DINIZ, 2002).



FONTE: DINIZ (2002).

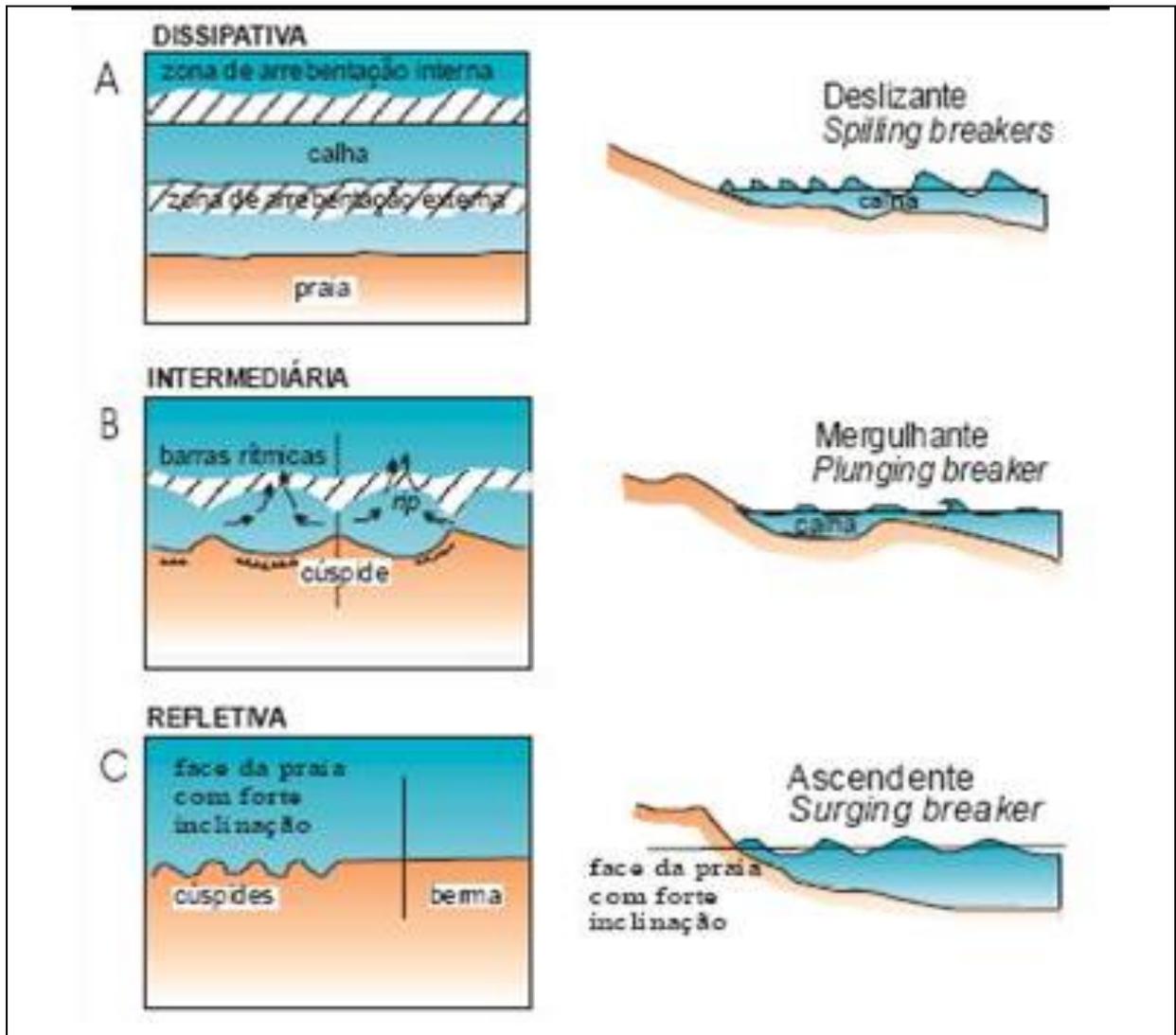
FIGURA 1.1: Terminologia utilizada para designar os elementos morfológicos de uma praia.

As características geológicas e geomorfológicas de cada praia, associadas às condições dos agentes físicos atuantes (ventos, ondas, correntes, composição e morfologia do substrato etc.), resultarão em um modelamento morfodinâmico próprio, com uma tendência à obtenção de um perfil em relativo equilíbrio (DINIZ, 2002). Segundo Carter (1993, *apud* DINIZ, 2002), um modelo morfodinâmico de uma praia não deve necessariamente se estender por longos períodos ou grandes espaços da zona costeira, de forma que em um mesmo segmento costeiro podem ser observadas variações temporais na morfodinâmica da praia ali existente.

Os principais Estágios Morfodinâmicos de Praias, segundo Whight & Short (1984), classificam-se em: dissipativo, intermediário e refletivo (Figura 1.2).

O primeiro estágio – dissipativo – caracteriza-se pela alta energia de ondas no ponto de arrebentação (> 2 m), praias retas e longas, declividade do perfil da zona litorânea baixa (em torno de 1°), larga zona de arrebentação, com ondas chegando à face da praia com alturas de centímetros, topografia submarina relativamente plana, granulometria do sedimento na faixa da areia fina, e ondas na zona de arrebentação do tipo deslizante (*spilling*). O estágio intermediário apresenta como principais características a energia intermediária de ondas (1-2 m de altura, na zona de arrebentação), largura da faixa de praia extensa a média, declividade média do perfil praiar, existência de várias barras e canais submersos (transversais e longitudinais), zona de arrebentação menos larga que o estágio dissipativo (101 m), presença freqüente de cúspides praias, sedimentos com granulometria na faixa da areia média, ondas na zona de arrebentação dos tipos mergulhante (*plunging*) e ascendente (*surging*). O estágio

refletivo, por fim, é caracterizado por apresentar ondas com altura inferior a 1 m, praias relativamente estreitas, declividade do fundo acentuadamente forte (normalmente maior que 5°), tendência à reflexão de ondas em direção ao mar, topografia submarina plana, zona de arrebatção bastante estreita (< 101 m), granulometria dos sedimentos situada na faixa da areia grossa, e ondas quebrando segundo o tipo ascendente (*surging*).



FONTE: DINIZ (2002).

FIGURA 1.2: Tipos morfo-dinâmicos de praias, segundo classificações de Guza & Inman (1975) e Whight & Short (1984): (A) estágio dissipativo, (B) estágio intermediário e (C) estágio refletivo.

A identificação do modelo morfo-dinâmico de uma praia, segundo Diniz (2002), além de constituir importante ferramenta para a compreensão dos fenômenos costeiros atuantes, também fornece indispensáveis informações sobre as condições de uso para banho, auxiliando na redução dos riscos oferecidos aos banhistas.

1.2.2.2 Importância ambiental das praias

Quanto a sua importância, primeiramente tem que levar em conta o lazer por ela proporcionado. A maioria das pessoas utilizam a praia como forma de diversão, tanto para o banho de mar quanto para práticas esportivas e sociais.

Tem também grande importância paisagística. Boa parte da população das cidades litorâneas vive em imóveis voltados para a praia, devido a sua beleza natural; o mesmo se dá com os que possuem imóveis na zona costeira para fins de veraneio. Por tal motivo, os terrenos que se encontram de frente para o mar possuem valor mais elevado para compra e aluguel. Portanto, do ponto de vista econômico, é importante que a praia se mantenha com suas características naturais preservadas.

Sendo direto o contato do mar com a praia, esta poderá afetar e ser afetada pelas águas marinhas. O art. 1º da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, assinada em Montego Bay, que entrou em vigor no Brasil pelo Decreto 1.530, de 10.12.1982, conceitua, para efeitos dessa Convenção, que:

Poluição do meio ambiente marinho significa a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou de energia neste meio, incluindo os estuários, sempre que a mesma provoque ou possa vir a provocar efeitos nocivos, tais como danos aos recursos vivos e à vida marinha, riscos à saúde do homem, entraves às atividades marítimas, incluindo a pesca e as outras utilizações legítimas do mar, no que se refere à sua utilização e deteriorização dos locais de recreio.

Segundo Cidral Jr (1994), dentre os aspectos referentes à poluição dos recursos hídricos, a poluição do mar constitui um problema atual dos mais sérios, que já ultrapassou os limites científicos para impressionar a opinião pública em todo o mundo. Como alerta Calixto (2000), a principal fonte de poluição marinha está principalmente, baseada em terra e relacionada à ação antrópica. Esse autor demonstra também que as fontes terrestres são responsáveis por 44% da poluição do mar. Por fontes terrestres de poluição entendam-se as atividades sócio-econômicas cujos resíduos produzidos – que incluem tanto os depositados pelos banhistas, quanto os esgotos sanitários e os sedimentos e nutrientes – não tem nem tratamento nem destino controlado.

Não só o crescimento do turismo, como a conseqüente especulação imobiliária e o lixo produzido pelos banhistas são causas da degradação do ambiente praiano e marinho, mas também as construções (marinas, barragens, portos), a expansão urbana, instalações industriais, obras de recreação e turismo, mineração costeira (retirada de areia, cascalho etc.), construção de centros de pesquisas, bem como os bares e restaurantes erigidos sobre as areias.

São de grande importância na zona costeira a recreação e o lazer associados às praias. É também sabido que, em sua grande maioria, os municípios da zona costeira são desprovidos de sistema adequado para coleta e disposição final dos efluentes líquidos produzidos por seus habitantes. A inexistência desses sistemas tem como consequência o lançamento direto ou indireto dos esgotos *in natura* nos cursos d'água mais próximos. Como a drenagem desses cursos se faz obrigatoriamente em direção ao mar, os esgotos acabam por afluir às praias, interferindo de forma acentuada na balneabilidade destas (AFONSO, 1999, p 117).

Em suma, a poluição das praias gera problemas não só em termos de meio ambiente natural – como a poluição do mar e o comprometimento de sua balneabilidade –, mas também sociais ou sócio-ambientais.

1.2.3 Realidade sanitária nas zonas costeiras

Considerando que grande parte da população vive em zonas costeiras, e que há uma tendência permanente de aumento da concentração demográfica nessas regiões, o lançamento direto ou indireto de efluentes domésticos e a incidência de doenças de veiculação hídrica tende a aumentar. Com grandes concentrações urbanas no litoral, é inevitável que haja no Brasil uma pesada poluição orgânica da região litorânea, alertam Skinner & Turekian (1988).

Silva (2000) argumenta que a saúde, o bem-estar e, em alguns casos, a própria sobrevivência das populações costeiras dependem das boas condições dos sistemas costeiros, das bacias de recepção e drenagem das águas interiores, bem como do próprio sistema marinho. Em síntese, as atividades humanas nas zonas costeiras dependem de um meio marinho saudável.

O Ministério da Saúde (1995, *apud* CÓRDOVA, 2001) esclarece que o saneamento básico abrange o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza pública, a drenagem urbana e o controle de vetores, sendo, para Medeiros (1998), “[...] ferramenta determinante na qualidade de vida”.

Brunoni (2000), por sua vez, é taxativo em relação ao princípio da Universalidade, segundo o qual o saneamento básico configura um direito de cidadania atinente à saúde, de maneira que o Poder Público não deve medir esforços no sentido de que todos, indistintamente, a ele tenham acesso.

A situação sanitária no Brasil, entretanto, apesar desses posicionamentos, apresenta um quadro bastante crítico. Medeiros (1998) ressalta que, em 1997, quase metade da população brasileira não contava com uma solução adequada para a disposição de seus esgotos sanitários, sendo insignificante a parcela de esgotos coletados que recebiam algum

tratamento. Em 2002, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003), através da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), detectou a diminuição desse número: quase 32% das moradias não dispunham de esgotamento sanitário adequado, existente quando a instalação sanitária é ligada à rede coletora de esgoto ou à fossa séptica. Entretanto, a abrangência da rede coletora de esgoto, mesmo tendo aumentado em dez anos, manteve-se como o serviço que apresentava a menor cobertura entre os pesquisados, como o abastecimento de água, lixo coletado, iluminação elétrica e telefone.

A disposição adequada dos esgotos é essencial para a proteção da saúde pública, acrescenta Medeiros (1998), na medida em que reduz a prevalência de infecções, as quais elevam os índices de morbidade e mortalidade como também para a preservação dos recursos hídricos, os quais são corpos receptores de despejos provenientes de diversas origens.

Assim, a presença de cursos d'água afluindo diretamente a uma praia é um indicativo de condições de balneabilidade suspeitas. Na maioria das vezes, mesmo galerias de drenagem e córregos formados de nascentes próximas, ou ainda, filetes de água que se supõe levarem águas de boa qualidade, recebem lançamentos clandestinos no seu curso, causando a afluência ao mar de grande quantidade de esgotos (CETESB, 1998).

Esgotos, resíduos sólidos e outros resíduos são também levados para as praias, através de galerias, córregos e canais de drenagem, na ocorrência de chuvas, o que produz um aumento considerável na densidade de bactérias nas águas litorâneas.

Durante as marés de enchente, o grande volume de água afluente além de favorecer a diluição dos esgotos presentes nas águas das praias, age no sentido de barrar cursos d'água eventualmente contaminados. Já nas marés vazantes, ocorre o inverso, havendo uma drenagem das águas dos córregos para o mar, levando maior quantidade de esgotos às praias (CETESB, 1998).

As correntes costeiras também podem favorecer a dispersão ou concentração de águas poluídas dependendo das condições hidrodinâmicas locais, diretamente associadas à batimetria, fisiografia da linha de costa, característica das ondas e marés (DINIZ, 2004).

Embora o esgoto provoque tantos problemas como a poluição, a contaminação bacteriana e o aparecimento de doenças, seu tratamento inexistente na maior parte dos municípios brasileiros, ressalta Aisse (2000). Esta afirmação é confirmada pelos dados já apresentados. Para este autor, o custo de instalação e manutenção do sistema de esgotos é o maior empecilho para sua viabilização. E ainda constata que, embora a rede coletora seja uma solicitação freqüente da comunidade, o tratamento é sempre deixado para depois, não sendo

considerado prioritário pelas Prefeituras, que acabam destinando a outras obras seus poucos recursos.

O lançamento de resíduos provenientes de esgotos sanitários, infelizmente, é um problema encontrado em algumas praias urbanas do município de Natal/RN, o que contribui, e muito, para a deterioração das condições de balneabilidade e, por conseguinte, da qualidade de vida nesses locais, transformando-os em locais de risco ambiental, sanitário e social.

1.2.4 Qualidade das areias

A avaliação da qualidade das áreas destinadas à balneabilidade enfoca principalmente a qualidade microbiológica da água. Nos últimos anos tem havido preocupação também com a contaminação das areias das praias, devido ao crescente descarte inadequado de lixo, dejetos de animais e poluição trazida pela água das chuvas, que carregam contaminantes à areia e também, pelas marés, que podem carrear microorganismos e parasitas patogênicos, colocando em risco a saúde da população (CETESB, 1998).

Num estudo sobre bactérias de origem fecal, Alm *et al* (2003) concluíram que essas bactérias são abundantes nas areias úmidas das praias numa região de lagos, nos EUA. Para esses autores, bactérias fecais que não se mantêm nas águas podem encontrar na areia um ambiente mais favorável, onde podem inclusive proliferar. A ação das ondas e a atividade recreacional na faixa de areia próxima à água podem trazer à superfície bactérias que se encontravam em camadas mais profundas da areia. Assim, a areia das praias acaba sendo vista como um local onde pessoas sensíveis podem entrar em contato com bactérias patogênicas e, conseqüentemente, contrair doenças, o que representa possível risco à saúde, principalmente, de crianças.

Na Europa, mais especificamente em Portugal, existe uma campanha conhecida como *Areia limpa, praia saudável*, da Associação Bandeira Azul da Europa (ABAE, 2004), associação esta que consiste numa Organização Não-Governamental, que possui como objetivos elevar o grau de conscientização dos cidadãos em geral, e dos tomadores de decisão, em particular, para a necessidade de se proteger o ambiente marinho e costeiro e incentivar a realização de ações que conduzam à resolução dos problemas ali existentes. No âmbito dessa campanha foi proposto um projeto de investigação, o qual teve como objetivos principais: selecionar os indicadores de qualidade que melhor caracterizam a contaminação microbiológica das areias das praias; propor os respectivos valores de referência; e apresentar os métodos de análise mais adequados para a determinação dos indicadores propostos.

Através desse projeto, foi avaliada a qualidade microbiológica de areias de praias das cinco regiões de Portugal, desenvolvendo critérios científicos de caracterização da qualidade das areias das praias, identificando os melhores indicadores de contaminação microbiológica e permitindo fornecer à administração pública as ferramentas necessárias para o debate comunitário que está se iniciando sobre esse assunto.

No relatório final desse estudo concluiu-se que os melhores indicadores, quanto ao aspecto bacteriológico, são os coliformes totais, *Escherichia coli* e enterococos (ABAE, 2004). Acrescenta-se, nesse relatório, a informação de que, para o monitoramento da qualidade microbiológica das areias das praias, é suficiente a análise da areia seca. A análise da água fornece informação que pode dispensar a análise da areia molhada, pois foi observada uma alta correlação significativa entre essas duas variáveis.

Existem também em Portugal outras campanhas, como o projeto *Bactérias na Praia/2002*, desenvolvido pela Universidade do Porto (2004), o qual tem por objetivo a exploração do mundo bacteriano existente na água e areia das praias, através de análise microbiológica seguida de divulgação dos resultados.

Em nível nacional, no Rio de Janeiro existe o *Programa de Monitoramento da Qualidade das Areias da Praia de Copacabana* (RIO DE JANEIRO, 2004), cujo principal objetivo é desenvolver uma metodologia que venha estabelecer um padrão de qualidade das areias de praia e, portanto, subsidiar ações visando à melhoria da qualidade das praias na orla.

Os locais de coleta de areia na Praia de Copacabana estão associados aos de coleta da água. As amostras de areia, coletadas semanalmente, são retiradas de três pontos ao longo de um perfil da faixa de areia: um próximo ao calçadão, um no meio da faixa de areia e, o último, próximo à linha d'água. São extraídas amostras em duas profundidades. As análises realizadas referem-se à umidade, matéria orgânica, colimetria, temperatura e parasitas causadores de micoses.

No Rio Grande do Norte, o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN (IDEMA), órgão ambiental responsável pelos programas de balneabilidade, está pesquisando qual a metodologia a ser empregada para as análises da areia das praias.

1.3 - DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

De acordo com Mota (1997), a incidência e transmissão de doenças depende das condições que o meio lhe propicie. A presença de resíduos líquidos, sólidos e gasosos, em um

ecossistema, pode favorecer à sobrevivência de macro e micro organismos que fazem parte da cadeia de transmissão de doenças.

Corpos d'água contaminados por esgotos domésticos, por exemplo, ao atingirem as águas das praias podem expor os banhistas a bactérias, vírus e protozoários. Crianças, idosos, bem como pessoas com baixa imunidade, podem vir a desenvolver doenças ou infecções após terem se banhado em águas contaminadas. Assim, a composição microbiológica das águas recreacionais está associada a problemas relacionados também à saúde pública.

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), diversas são as doenças que podem ser causadas ou agravadas pelas más condições de saneamento, drenagem e qualidade da água. São as chamadas doenças de veiculação hídrica (BRASIL, 2001).

Tais doenças são causadas por substâncias que não fazem parte da composição da água, encontrando-se aí acidentalmente – como a contaminação por chumbo, cianetos, mercúrio, defensivos agrícolas etc., ou então pelos micróbios patogênicos como os vírus, bactérias, protozoários, fungos e helmintos. Estes microorganismos naturalmente não compõem a fauna e flora da água e causam doenças infecciosas, direta ou indiretamente, como febre tifóide, cólera, amebíase, shigelose ou disenteria bacilar, hepatite infecciosa, leptospirose, giardíase, dengue, febre amarela, malária, filariose; ancilostomíase, ascaridíase, salmonelose, escabiose, pediculose, tracoma, conjuntivite; esquistossomose etc..

No caso específico das águas recreacionais, essas geralmente apresentam misturas de microorganismos patogênicos e não patogênicos derivados de esgoto doméstico, processos industriais, atividades agrícolas etc.. Esta mistura pode apresentar um perigo a banhistas quando uma dose infecciosa coloniza um local de crescimento satisfatório no corpo e conduz a uma doença (WHO, 1999).

A doença mais comum associada à água poluída por esgoto é a gastroenterite. Esta doença ocorre numa grande variedade de formas e pode apresentar um ou mais dos seguintes sintomas: enjôo, vômitos, dores de estômago, diarreia, dor de cabeça e garganta. Em locais muito contaminados, os banhistas podem estar expostos a doenças mais graves como, disenteria, hepatite, cólera e febre tifóide. Outras doenças menos graves incluem dermatoses e infecções nos olhos, ouvidos, nariz e garganta.

Em pesquisa realizada pela WHO (1999) relacionando diversas doenças ao uso de águas recreacionais, duas bactérias patogênicas, *E. Coli* e *Shigella*, e dois protozoários patogênicos, *Giardia* e *Cryptosporidium*, despertaram interesse especial devido às circunstâncias sobre as quais os surtos acontecem. Em geral, ocorreram em corpos d'água pequenos e pouco profundos, normalmente freqüentados por crianças. As investigações

epidemiológicas levaram a se suspeitar que a fonte dos agentes etimológicos eram os próprios banhistas, mais provavelmente as crianças.

A Tabela 1.1 a seguir, apresenta uma lista de microorganismos responsáveis por casos de doenças associadas ao uso recreacional das águas, ocorridos nos Estados Unidos entre 1985 e 1994.

TABELA 1.1: Doenças associadas ao uso recreacional das águas nos EUA, 1985-1994.

Agente etimológico	Número de casos	Número de óbitos
<i>Shigella</i>	935	13
<i>E. coli</i>	166	1
<i>Leptospira</i>	14	2
<i>Giárdia</i>	65	4
<i>Cryptosporidium</i>	418	1
<i>Norwalk vírus</i>	41	1
<i>Adenovirus 3</i>	595	1
Causadores de infecções gastrintestinais agudas	965	11

FONTE: WHO (1999).

Os surtos causados por Leptospirose, doenças viróticas e Adenovirus 3 foram associados a fontes patogênicas externas às praias e, com exceção da Leptospirose, estavam associados a contaminação fecal. A leptospirose está normalmente associada à presença de urina de animais nas superfícies dos corpos aquáticos e, são muito raros os surtos associados ao uso recreacional das águas. Finalmente, as epidemias provocadas por infecções gastrintestinais agudas e de etimologia desconhecida, foram as mais comuns e apresentaram sintomatologia semelhante às observadas em infecções viróticas.

Poucos foram os estudos conduzidos no sentido de determinar a relação entre os agentes etimológicos e as doenças associadas à balneabilidade. Alguns dados apontam os vírus como fortes candidatos à responsáveis pela principais doenças gastrintestinais observadas no monitoramento epidemiológicos das praias.

1.4 INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL

De acordo com a WHO (1999), a detecção de agentes patogênicos, especialmente vírus e protozoários, em amostras de águas destinadas à recreação de contato primário denota tarefa impraticável e dispendiosa nos exames laboratoriais, visto que, suas concentrações finais por unidade de volume em corpos d'água são bastante reduzidas, implicando num grande volume de amostra a ser analisado para detecção de um único ser patogênico. Quanto

às bactérias patogênicas, estas podem ser mais facilmente isoladas e identificadas na água, mas as exigências nutricionais meticolosas e a suscetibilidade às tensões ambientais podem tornar a análise delicada.

As reduzidas concentrações de microorganismos patogênicos nas águas, segundo Sperling (1996), devem-se ao fato de apenas uma determinada faixa da população apresentar doenças de veiculação hídrica. As fezes desta parcela de indivíduos podem não conter presença de patogênicos em elevadas proporções, e ao serem lançadas num corpo receptor ou num sistema de esgotos sofrem diluição reduzindo suas concentrações.

Diante desse impasse, a WHO (1999) convencionou avaliar a qualidade das águas, em termos de patogenicidade, a partir dos indicadores bacteriológicos de contaminação fecal. Estes são grupos de bactérias que, segundo Cabelli *et al* (1983), devem ter as seguintes propriedades:

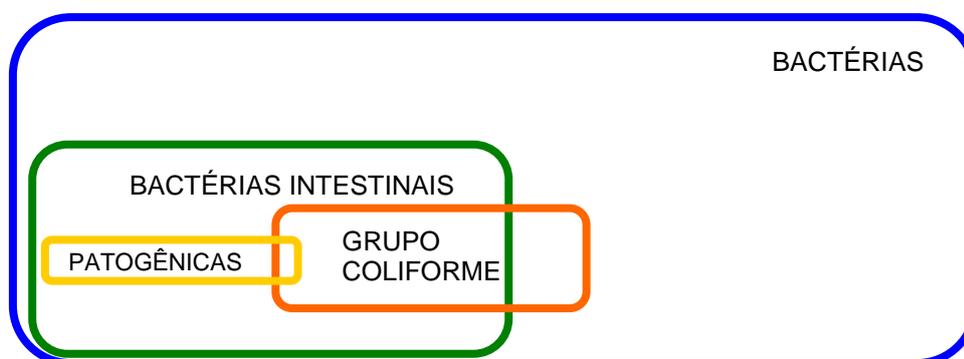
- Estarem presentes em águas contaminadas por material fecal em densidades mais elevadas que os patógenos;
- Serem incapazes de crescer em ambientes aquáticos mas capazes de sobreviver por mais tempo que os microorganismos patogênicos;
- Apresentarem resistência igual ou maior que os patógenos aos processos de desinfecção;
- Serem aplicáveis a todos os tipos de águas recreacionais naturais (doce salobra e salina);
- Estarem ausentes em águas não poluídas e associadas exclusivamente a despejos de fezes animais e humanas;
- Estarem ausentes em águas não poluídas e associados exclusivamente a despejos de fezes animais e humanas;
- Apresentarem densidade diretamente correlacionada com o grau de contaminação fecal;
- Apresentarem densidade quantitativamente relacionada as doenças associadas a banhistas.

Os organismos mais comumente utilizados para este fim são as bactérias do grupo *Coliformes termotolerantes*, as *Escherichia coli* e as *Streptococos fecais*.

1.4.1 *Coliformes fecais* (termotolerantes)

As bactérias pertencentes ao grupo *coliformes fecais* (termotolerantes) são definidas, pela Resolução nº 274 do CONAMA (2000), como bactérias pertencentes ao grupo dos *coliformes totais* caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidade e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas, à temperatura de 44-45°C, em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

Sperling (1996) complementa essa definição enfatizando, ainda, que esses microorganismos são comuns à biota de intestinos saudáveis e possuem resistência aproximadamente similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais, particularidades essas que permitem associar sua presença na água à contaminação de origem fecal e, conseqüentemente, à sua potencialidade para transmitir doenças de veiculação hídrica. A Figura 1.3, a seguir, mostra esquematicamente a posição do grupo coliforme com relação às bactérias, de maneira geral.



FONTE: Adaptado de SPERLING (1996)

FIGURA 1.3: Situação esquemática do grupo *coliforme* com relação às demais bactérias.

1.4.2 *Escherichia coli*

As *Escherichia coli* são bactérias que fazem parte do grupo dos *coliformes fecais* e, de acordo com a Resolução nº 274 do CONAMA (2000), pertencem à família Enterobacteriaceae, caracterizada pela presença das enzimas β -galactosidade e β -glicuronidase. Cresce em meio complexo a 44-45°C, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás e produz indol a partir do aminoácido triptofano. A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais, tendo, somente, sido encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente.

1.4.3 Streptococos fecais

As bactérias do grupo dos *streptococos fecais*, conforme a Resolução CONAMA nº 274 (2000), pertencem ao gênero *Enterococos* (previamente considerado estreptococos do grupo D), o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento, como: capacidade de crescer na presença de 6,5% de cloreto de sódio, a pH 9,6 e nas temperaturas de 10° e 45°C. A maioria das espécies dos *Enterococos* são de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais.

1.4.4 Vantagens e Desvantagens dos principais indicadores de contaminação fecal

As condições do ambiente marinho dificultam o isolamento de bactérias patogênicas, isso justifica porque as pesquisas sobre a contaminação microbiana do litoral se limitam geralmente à determinação das concentrações de bactérias indicadoras de contaminação fecal (PLUSQUELLEC, 1983). No mundo todo, os grupos mais utilizados em tais pesquisas são os coliformes e, mais recentemente, os estreptococos fecais.

Algumas questões relativas à efetividade que esses indicadores representam na tradução da qualidade microbiológica das águas recreativas devem ser observadas. Vários fatores físicos e ambientais podem influenciar na utilidade dessas bactérias como indicadoras de contaminação fecal (Tabela 1.2):

Apesar de estas bactérias serem usadas como indicadores da qualidade da água no mundo todo, Noble *et al.* (2003) expõem que ainda não se chegou a um consenso sobre qual delas seja o indicador mais útil. Isto é, inclusive, observado nas próprias leis federais, as quais elencam vários tipos de bactérias, mas não ordenam um tipo específico como indicador.

TABELA 1.2: Vantagens e Desvantagens dos principais indicadores de contaminação fecal.

<i>Indicadores</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<i>Streptococos fecais/ Enterococos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial indicador da saúde humana em águas doces e salinas; • Mais persistentes em água e sedimentos do que os <i>coliformes</i>; 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode não ser válido para águas tropicais devido ao potencial crescimento em solos.
<i>Coliformes termotolerantes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores de contaminação fecal recente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potencialmente não satisfatório para águas tropicais devido ao crescimento na água e em solos; • Sua presença pode não está relacionada à presença de esgotos (por exemplo, a <i>Klebsiella</i> ssp. encontrada em efluentes de fábricas de papel).
<i>E. coli</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial indicador da saúde humana em águas doces; • Indicadores de contaminação fecal recente; • Possibilidade de rápida identificação se definido pela produção de b-glucuronidase. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potencialmente não satisfatório para águas tropicais devido ao crescimento na água e em solos;

FONTE: WHO (1999).

1.5 TÉCNICAS DE QUANTIFICAÇÃO DE MICROORGANISMOS INDICADORES

Os microorganismos de contaminação fecal são ubíquos (BRITO *et al*, 1996). Ou seja, podem ser encontrados em todas as partes do meio ambiente: solo, ar, água, alimentos, esgotos e nas superfícies corporais, entre outros locais. A microbiologia separa estas populações mistas em espécies individuais para efeitos de estudo. Uma cultura que contenha uma única espécie de células é designada por cultura pura.

A água, como suporte da vida terrestre, é um bem fundamental de utilização generalizada em que o nível e o tipo de microorganismo que a contamine é da maior relevância para a sua utilização. São múltiplos os testes que têm sido desenvolvidos para avaliação da qualidade bacteriológica da água com vista a prevenir a transmissão de doenças infecciosas no seu consumo. Dado que os agentes patogênicos para o homem, eventualmente presentes na água, apresentam-se em quantidades muito pequenas, a sua detecção por amostragem é muito falível. Recorre-se então à pesquisa de organismos indicadores que possam refletir os níveis de contaminação fecal da água. Dependendo dos usos a que a água se

destina é que são definidos os níveis máximos de coliformes permitidos por unidade de volume.

A detecção do grupo coliforme pode realizar-se mediante a técnica dos Tubos Múltiplos, da Membrana Filtrante ou do Substrato Cromogênico Definido (Collilert). Cada um desses métodos, segundo APHA *et al* (1992), é aplicado levando-se em conta as especificações e o propósito do estudo.

1.5.1 Tubos Múltiplos

Na técnica de quantificação a partir da fermentação em tubos múltiplos, os resultados do estudo são expressos em termos de Números Mais Prováveis (NMP) de microorganismos existentes. Esse número, baseado em determinadas fórmulas de probabilidade, é uma estimativa da densidade média de coliformes na amostra.

O ensaio se processa em uma única etapa e consiste na semeadura de volumes determinados de amostras utilizadas com o caldo *lauril triptose*. A produção de gases (hidrogênio e dióxido de carbono) e de ácido, a partir da fermentação da lactose em meio de cultura específico, é prova confirmativa da presença de bactérias do grupo dos coliformes fecais. Esse processo ocorre com a inoculação dos tubos, de acordo com a técnica dos tubos múltiplos utilizando algum meio de cultura apropriado. Efetua-se uma pré-incubação a $35 \pm 0,5^\circ$ C, durante 3 horas e, em seguida, transfere-se os tubos para um banho-maria a $44,5 \pm 0,2^\circ$ C dando continuidade a incubação durante 21 ± 2 horas. A produção de gás no tubinho de *Durham* indica teste positivo, com a presença de coliformes de origem fecal. Após a leitura dos tubos positivos, determina-se a população coliformes fecais utilizando-se a tabela estatística do Número Mais Provável (NMP) em 100 ml da amostra de água.

1.5.2 Membrana Filtrante

A técnica da membrana filtrante é bastante utilizada para analisar grandes volumes de amostras e proporciona resultados mais rápidos do que o método dos tubos múltiplos. No entanto, esta técnica apresenta limitações no caso de águas com turbidez elevada, visto que as partículas em suspensão podem obstruir os poros da membrana.

O ensaio, após a filtragem da amostra em bomba de vácuo, a membrana filtrante é transferida para a superfície do meio m FC Agar, com posterior incubação a $44,5 \pm 0,2^\circ$ C. Os coliformes fermentam a lactose, ocorrendo acidificação do meio, que é evidenciada pela coloração azul das colônias, decorrente da viragem do indicador (anilina azul). Uma solução

de ácido rosólico é adicionada ao meio com a finalidade de suprimir o crescimento de outras bactérias. Sem o efeito inibitório desta substância, pode ocorrer um crescimento substancial de colônias atípicas. Após o período de incubação, efetua-se a contagem das colônias típicas de coliformes fecais (com coloração azul) e seus resultados são expressos em UFC (Unidade Formadora de Colônia) /100 ml de água.

1.5.3 Substrato Cromogênico Definido (Collilert)

A técnica do substrato cromogênico definido, ou técnica do collilert, utiliza reagentes indicadores que produzem cor/ fluorescência quando são metabolizados pelas bactérias do grupo coliforme. A reação produz uma cor amarela facilmente reconhecida na presença de coliformes totais e um fluorescente azul com *de E. coli*. Os coliformes são detectados e identificados em densidades de população, UFC/ 100ml (UFC = Unidade Formadora de Colônia), em 24 horas \pm 2 de incubação a $35 \pm 0,5^\circ$ C. O teste é considerado bastante eficaz, exceto para águas marinhas.

1.6 ASPECTOS LEGAIS

1.6.1 Legislação Brasileira

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático podem ser afetados pelas condições de balneabilidade, e ainda, considerando a necessidade de serem criados instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, foi formulada a legislação brasileira. Baseou-se nos níveis estabelecidos para a balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário. A Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece critérios para a classificação das águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade, avaliada nas categorias “Própria” e “Imprópria”. Tal classificação é realizada mediante a constatação de alguns grupos de microorganismos indicadores de contaminação fecal e baseia-se na densidade de coliformes fecais, densidade de *Escherichia coli* ou densidade de enterococos encontrada num conjunto de amostras, em cada uma de cinco semanas anteriores e consecutivas.

As águas consideradas próprias, de acordo com a Resolução, poderão ser subdivididas, como ilustra a Tabela 1.3, nas seguintes categorias:

TABELA 1.3: Classificação das Águas consideradas próprias à balneabilidade.

Categorias das águas Próprias	Padrões para recreação de contato primário
Excelente	quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 25 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 <i>Escherichia coli</i> ou 25 enterococos por 100 mililitros;
Muito Boa	quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 50 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 <i>Escherichia coli</i> ou 50 enterococos por 100 mililitros;
Satisfatória	quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 <i>Escherichia coli</i> ou 100 enterococos por 100 mililitros.

FONTE: CONAMA (2000).

A fim de assegurar benefícios à saúde pública e ao meio ambiente, quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas de acordo com o critério mais restritivo, não obstante, deve-se levar em consideração que os padrões referentes aos enterococos aplicam-se, somente, às águas marinhas.

As águas serão consideradas impróprias para banho quando apresentarem valores acima dos limites máximos estabelecidos na última categoria das águas próprias, em no mínimo duas amostras de cinco analisadas, ou quando o valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes fecais ou 2.000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros.

Também estão previstos, na Resolução, outros critérios complementares passíveis à interdição das praias e balneários, como:

- incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

A amostragem deverá ser efetuada preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários, em local que apresentar a isobata (linha que une pontos de igual profundidade) de um metro e onde houver maior concentração de banhistas.

Os métodos de amostragem e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial - INMETRO ou, na ausência destas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-AWWA-WPCF, última edição.

Aos órgãos de controle ambiental (municipal, estadual ou federal) compete a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a divulgação das condições de balneabilidade das praias e dos balneários e a fiscalização para o cumprimento da legislação pertinente. Além disso, recomenda-se a estes órgãos, a avaliação das condições parasitológicas e microbiológicas da areia, para futuras padronizações.

1.6.2 Legislação Mundial

O estabelecimento de padrões de qualidade da água para fins recreacionais é tema bastante discutido entre os membros da OMS. Os padrões adotados mundialmente representam, primeiramente, o consenso entre peritos em riscos à saúde pública e são baseados na revisão crítica das evidências disponíveis. A Tabela 1.4, adiante, apresenta valores assumidos por alguns países, a cerca dos padrões recomendados para balneabilidade.

TABELA 1.4: Padrões mundiais de qualidade da água para fins recreacionais.

<i>País</i>	<i>Coliformes fecais (termotolerantes) /100ml</i>	<i>Referência</i>
Brasil	80% < 1000 ⁱ	Brasil, Ministério da Saúde (1976)
Colômbia	200	Colômbia, Ministério da Saúde (1979)
Cuba	200 ^a 90% < 400	Cuba, Ministério da Saúde (1986)
EEC ^b , Europa	80% < 100 95% < 2000	EEC (1976) CEPPOL (1991)
Equador	200	Equador, Ministério de Saúde (1987)
França	< 500	WHO (1977)
Peru	80% < 1000 ^c	Peru, Ministério da Saúde (1983)
Porto Rico	200 ^d 80% < 400	Porto Rico, JCA (1983)
EUA, Califórnia	200 ^{a,e} 90% < 400 ^f	California State Water Resources Board (sem data)
UNEP/ WHO	50% < 100 ^h 90% < 1000 ^h	WHO/ UNEP (1978)
Uruguai	< 500 ^h < 1000 ⁱ	Uruguai, DINAMA (1998)
Venezuela	90% < 200 100% < 400	Venezuela (1978)

FONTE: Adaptado de OMS (1999).

Legenda:

a – Média logarítmica das 5 últimas amostra num período de 30 dias.

b – Frequência de amostragem mínima

c – Pelo menos 5 amostras por mês

d – Últimas 5 amostras de água colhidas seqüencialmente num determinado instantes.

e – Dentro de uma área a partir de 1000 pés da costa, ou a uma profundidade de 30 pés, aquele que for mais distante.

f – Período de 60 dias

g – Água “satisfatória” de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores

h – Média geométrica das últimas 5 amostras.

i – Não pode exceder nas últimas 5 amostras.

1.7 PROGRAMA ÁGUA VIVA: PROJETO ESTUDO DE BALNEABILIDADE DAS PRAIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

O Programa Água Viva, estruturado para atender às especificações da Resolução CONAMA nº 274/00 - que define critérios para classificação de águas destinadas à recreação de contato primário - foi implementado pelo Governo do Estado do Rio Grande do Norte, por meio do Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN (IDEMA), em

parceria com o Centro Federal de Educação Tecnológica do RN (CEFET-RN) e a Fundação de Apoio à Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do RN (FUNCERN).

O monitoramento é realizado através de coletas de água do mar seguido de análises bacteriológicas (coliformes termotolerantes). Semanalmente é emitido um boletim contendo a classificação das praias quanto a sua qualidade em termos de balneabilidade, o qual é divulgado através da imprensa e de sites¹ e distribuído às autoridades municipais, órgãos estaduais responsáveis pela saúde pública, saneamento básico e ambiental, bem como aos órgãos de desenvolvimento turístico.

O projeto teve seu início em janeiro de 2001, quando, com a obrigatoriedade de monitorar e divulgar os resultados das condições de balneabilidade, prevista pela citada resolução, o órgão ambiental competente (IDEMA) assumiu a referida incumbência.

Inicialmente o projeto acompanhou semanalmente as condições sanitárias apenas das praias inseridas nos municípios de Nízia Floresta, Parnamirim e Extremoz, envolvendo 19 estações de monitoramento (sendo 01 localizada em praia fluvial – Rio Pium – e as demais distribuídas ao longo da costa).

Embora o projeto tenha se mantido estável até o 1º (primeiro) bimestre de 2003, devido à falta de recursos financeiros, o trabalho foi interrompido, sendo retomado em definitivo no mês de outubro do mesmo ano.

Em 2004 o programa foi reestruturado, assumindo o seguinte formato:

- Monitoramento semanal de 30 (trinta) estações de análises, durante todo o ano - desde a praia de Tabatinga, no Litoral Sul do estado, à praia de Pitangui, no Litoral Norte, incluindo agora a Região Metropolitana de Natal-RN;
- Em época da alta estação (dezembro-fevereiro), 16 novos pontos foram acrescentados à pesquisa, estendendo-a de Baía Formosa a Tibau, em virtude do aumento do fluxo de veranistas e turistas em todo litoral do estado;
- No mesmo período, foi realizado o monitoramento das condições de balneabilidade do rio Pium e dos seus principais afluentes; e de alguns Balneários Interiores: Gargalheiras (Acari), Caldeirão (Parelhas), Passagem das Traíras e Itans (Caicó), Lucrécia (Lucrécia), Cortez Pereira (Alexandria), Barragem de Pau dos Ferros (Pau dos Ferros), Santa Cruz (Apodi) e Barragem Armando Ribeiro Gonçalves (Itajá).

¹<http://www.rn.gov.br/secretarias/idema/>;
<http://www.cefetrn.br/programaaguaviva/>;
http://www4.climatempo.com.br/climatempo/praias_rn.php/.

No verão de 2005/06 o projeto foi enriquecido com campanhas educativas realizadas por promotores ambientais nas praias monitoradas.

Atualmente, apenas os pontos localizados no município de Parnamirim, Nízia Floresta e Natal são sinalizados com placas verdes ou vermelhas (Figura 1.4), de acordo com a condição de balneabilidade do local, sendo as classificações PRÓPRIA e IMPRÓPRIA relacionadas às referidas cores, respectivamente. Após a conclusão das análises que avaliam a presença de coliformes fecais na água, as placas indicarão se o banho é próprio ou impróprio.



FIGURA 1.4: Placas sinalizadoras das condições de balneabilidade das praias monitoradas.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O primeiro passo para a consecução da caracterização da área de estudo partiu da consulta a estudos ambientais referentes a diversas áreas de Natal, junto à Secretaria especial de Meio Ambiente e Urbanismo – SEMURB e ao Instituto de Desenvolvimento Econômico do Rio Grande do Norte – IDEMA, como: RIMA para execução de derrocagem, guia de correntes e dragagem da boca da barra do estuário do Rio Potengi (TC/ BR – TECNOLOGIA E CONSULTORIA BRASILEIRA, 1996); EIA do Projeto de infra-estrutura para Urbanização da Praia de Ponta Negra (ENGE SOFT/ GOVERNO DO ESTADO, 1997); EIA da segunda Ponte sobre o Estuário do Rio Potengi (ARTE-ARQUITETURA Ltda/ CEJEN ENGENHARIA Ltda, 1999); - RIMA do Projeto de recuperação da Praia de Areia Preta, Natal – RN (GEOCONSUT, 2000); Relatório Ambiental do Projeto de proteção e recuperação da praia de Redinha Nova (TECNOAMBIENTE/ BR Ltda, 2001).

Além das fontes citadas, trabalhos acadêmicos, dentre eles, os realizados por NOGUEIRA (1982), VILAÇA (1985), DINIZ (2002) e CUNHA (2004); Estudos técnicos elaborados pela IPT (1981) e ACQUA-PLAN (1988); e os Planos Diretores da Cidade de Natal, auxiliaram na consubstanciação deste capítulo.

2.1 LOCALIZAÇÃO

O Município de Natal está localizado na Região Nordeste do Brasil, no Estado do Rio Grande do Norte, com limites norte e sul compreendidos entre os paralelos 5°56'10'' e 6°00' de latitude sul, respectivamente e, os limites leste e oeste entre os meridianos 35°9' e 35°16'30'' de longitude oeste. Abrange uma superfície territorial de 167,90 km², limitando-se territorialmente, a Norte com o Município de Extremoz; a Sul com o Município de Parnamirim; a Leste, com o Oceano Atlântico e a Oeste, com os Municípios de Macaíba e São Gonçalo do Amarante (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2003).

A área de estudo (Figura 2.1) compreende parte da costa do Oceano Atlântico, em sua porção sul, na latitude de localização da cidade de Natal, apresentando, no sentido sul-norte, as praias de Ponta Negra, Via Costeira, Mãe Luíza, Miami, Areia Preta, Artistas, Do Meio, Forte, Redinha e Extremoz.

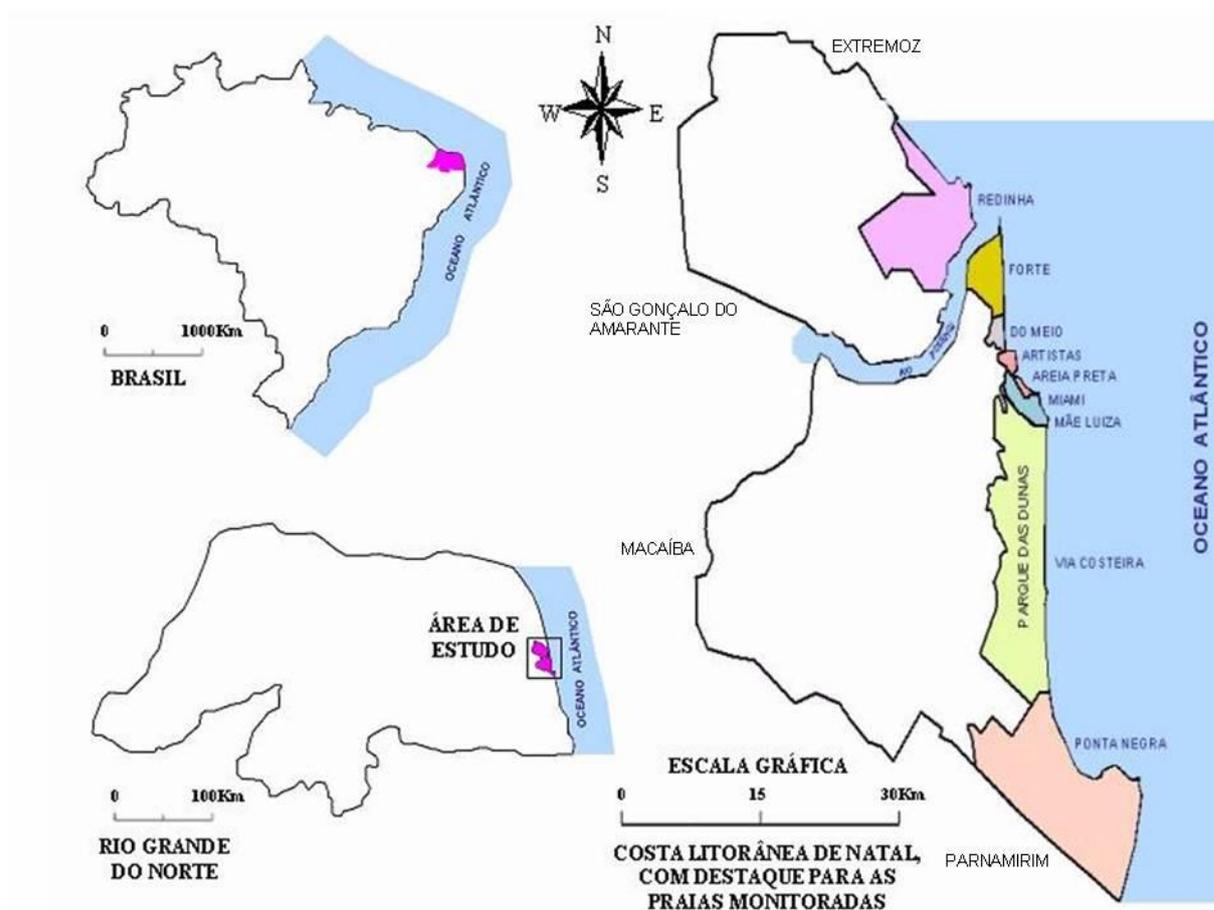
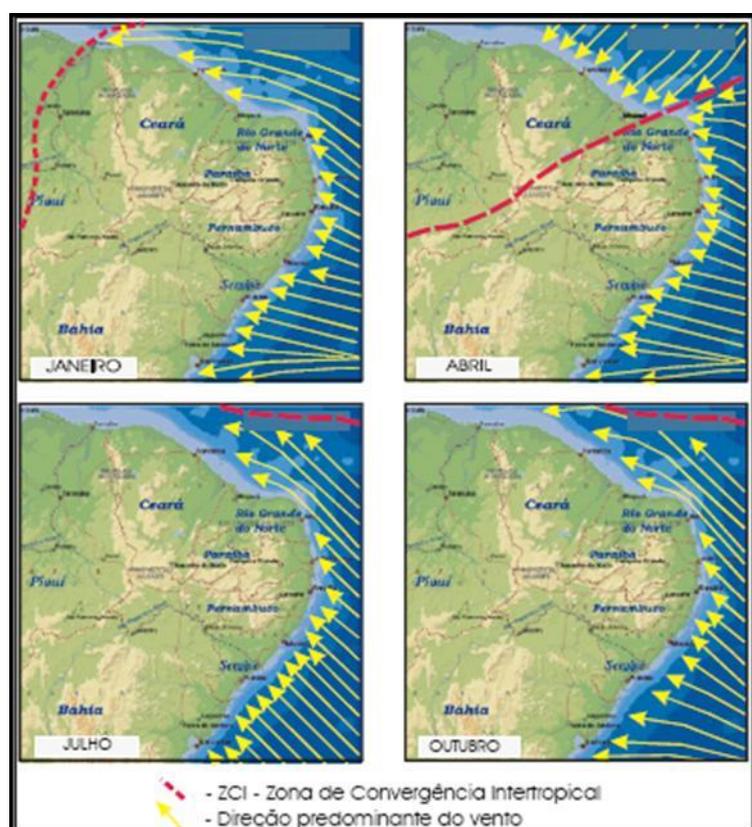


FIGURA 2.1: Localização da área de estudo.

2.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

2.2.1 Aspectos regionais

De acordo com Molinari e Johns (1994, *apud* DINIZ, 2002), o clima no Nordeste brasileiro é fortemente influenciado pela presença da zona de convergência intertropical (ZCIT). A ZCIT é uma zona de baixa pressão atmosférica, com chuvas e trovoadas intensas, originada pela convergência dos ventos alísios dos dois hemisférios, que normalmente migra sazonalmente de sua posição mais ao norte até posições mais ao sul, durante o verão austral (Figura 2.2).



FONTE: DINIZ (2002).

FIGURA 2.2: Ilustração das diferentes posições ocupadas pela ZCIT durante o ano e padrão dos ventos sobre a costa do Nordeste brasileiro.

Quando a ZCIT está mais ao norte, situação mais comumente verificada nos meses de agosto a outubro, os ventos alísios de sudeste são mais intensos, ocorrendo uma progressiva diminuição da intensidade desses ventos à medida que a ZCIT migra em direção ao Equador, alcançando os valores mínimos anuais durante os meses de março e abril. Este movimento da ZCIT influencia o padrão de circulação oceânica e de correntes costeiras (DINIZ, 2002).

Modificações substanciais no padrão climático acima descrito são registradas nos anos de incidência do “*El Niño*” e “*La Nina*”.

Conceitualmente, o fenômeno *El Niño* caracteriza-se pelo aquecimento das águas superficiais do setor centro-oeste do Oceano Pacífico, predominantemente na franja equatorial, dificultando a migração da ZCIT em direção ao Equador e trazendo como consequência para grande porção da região Nordeste do Brasil, extensos períodos de estiagens (MAIA, 1998; DINIZ, 2002; CUNHA, 2004).

O fenômeno inverso é denominado *La Niña*, que se caracteriza pelo resfriamento das águas na franja equatorial do Oceano Pacífico e frequentemente resulta em períodos de maiores precipitações pluviométricas no Nordeste brasileiro – tem-se um ligeiro acréscimo na incidência dos ventos de NE sobre o litoral estudado (MAIA, 1998; MARTIN, DOMINGUEZ & BITTENCURT, 1998).

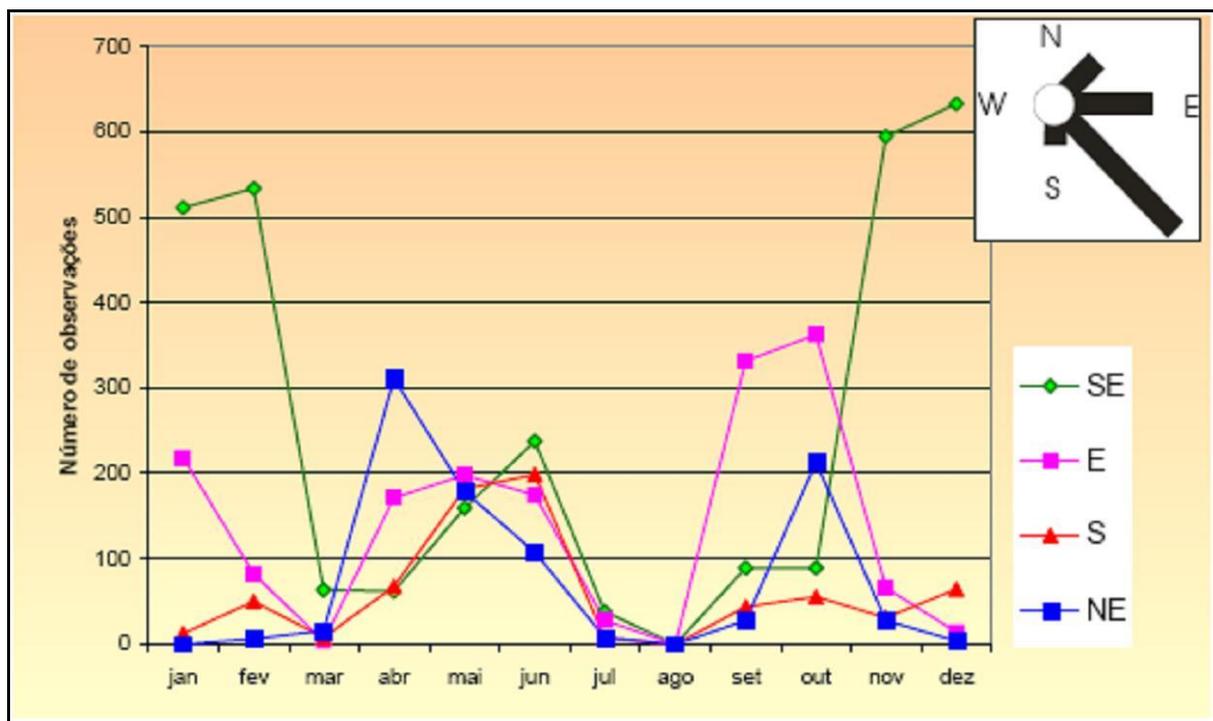
É importante destacar que a magnitude das anomalias negativas de temperatura na superfície do mar observadas durante este episódio é menor que a das anomalias positivas observadas nos episódios do *El Niño*.

2.2.2 Clima local

O clima da região de Natal enquadra-se na categoria As, segundo tipologia climática de Köppen, sendo, portanto, definido como clima tropical chuvoso com o verão seco, conforme cita Vianello & Alves (1991). De acordo com a classificação bioclimática de Gaussen, a região é classificada como tipo 3cTh, caracterizada pelo bioclima mediterrâneo nordestino quente de seca atenuada, com 3 a 4 meses secos por ano e índice xerotérmico moderado entre 40 e 100, segundo Galvão (1967), ou ainda como clima tropical de monção com pequena amplitude térmica anual e curto período seco, segundo Ayode (1986).

2.2.3 Ventos

Em média, os ventos no litoral do Rio Grande do Norte sopram predominantemente de SE, no período novembro-fevereiro. Ventos de E apresentam ligeiro domínio em maio e absoluto domínio nos meses de setembro e outubro. Os ventos de NE dominam no mês de abril, e os ventos de S se apresentam como secundários durante todo o ano (Figura 2.3).



FONTE: DINIZ (2002).

FIGURA 2.3: Frequência mensal de incidência dos ventos na estação meteorológica do DOL/UFRN, durante o ano de 1999.

A velocidade média anual dos ventos em Natal é de 4,3 m/s (15,5 km/h), com as maiores médias mensais ocorrendo de agosto a novembro, e as menores em março e abril. As velocidades médias diárias máximas são elevadas ao longo de todo o ano, oscilando entre 8,3 e 10,3 m/s (30,0 e 37,0 Km/h).

2.2.4 Temperatura do ar

O regime térmico na região de Natal apresenta-se relativamente uniforme com temperaturas elevadas ao longo de todo ano.

O comportamento da temperatura relativa às médias mensais indica uma pequena variação ao longo do ano, com uma amplitude térmica de 2,6°C. As temperaturas médias mantêm-se em torno de 25°C, as mínimas, acima de 20°C, e as máximas, em torno de 30°C.

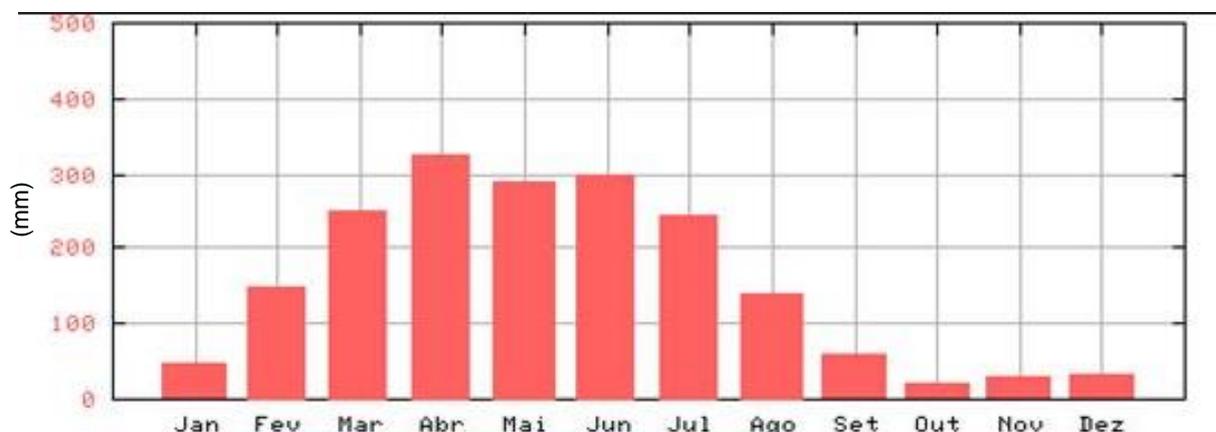
A amplitude térmica diária normalmente não ultrapassa os 10°C. A razão da amplitude térmica diária ser maior do que a amplitude térmica anual está relacionada a fatores como baixa latitude local, à amplitude próxima ao nível do mar, além da massa d'água oceânica próxima.

Essas características são devidas à grande quantidade de radiação solar incidente sobre a superfície terrestre associada a altas taxas de nebulosidade. Além disso, a proximidade do mar induz a redução da amplitude térmica.

2.2.5 Precipitação

O regime pluviométrico da região é do tipo tropical, onde ficam bem individualizadas duas estações distintas. Geralmente o período chuvoso inicia-se no mês de fevereiro, consolidando-se a partir de março com as chuvas concentrando-se nos 6 meses consecutivos, com máximas, dependendo do ano, podendo ocorrer de abril a julho. Em seguida inicia-se o período de estiagem, prolongando-se até o início do próximo ano, com mínimas durante os meses de setembro a novembro (Figura 2.4).

A precipitação média em Natal para o período foi da ordem de 1.648 mm, com um coeficiente de variação (CV) relativamente baixo, de 28%. A menor precipitação anual, de 1.155 mm ocorreu em 1989 e a maior, de 2.438mm, em 1986 (CUNHA, 2004).



FONTE: CUNHA (2004).

FIGURA 2.4: Precipitações médias mensais no período de 1960 – 1990.

2.2.6 Umidade Relativa

A umidade relativa média anual em Natal é de 77 %, com uma pequena variação ao longo do ano, sendo os meses mais úmidos aqueles com poucas chuvas. Entretanto, o declínio na umidade não chega a se acentuado, uma vez que os ventos, soprando predominantemente do mar, abastecem de umidade o ar das regiões próximas da costa durante a maior parte do ano.

2.2.7 Pressão atmosférica

A pressão atmosférica média anual é de 1.008,2 mbar. O menor valor médio é obtido em dezembro (1.006,4 mbar), permanecendo em torno de 1.007 mbar até abril. A partir de maio a pressão atmosférica começa a aumentar rapidamente até atingir o valor médio mensal máximo em agosto (1.010,4 mbar), decrescendo continuamente até dezembro. O curso anual da pressão atmosférica é inverso ao da temperatura do ar, uma vez que massas de ar de temperatura menor apresentam maior densidade e vice-versa.

2.3 CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS

As águas oceânicas estão dispostas ao longo de toda a zona da costa e, estando em movimento contínuo, são renovadas constantemente pelas correntes marinhas, movimentos de marés, ondas, correntes eólicas etc..

2.3.1 Correntes Marinhas

As correntes marinhas, de uma forma em geral, têm origem nas diferenças de pressão e temperatura das massas de água, inclusive estando substancialmente interligada aos períodos de gelo e degelo das calotas polares. Na região de plataforma, as correntes marinhas têm direção preferencial Norte Sul, sendo que o sentido de Sul Norte, denominado tecnicamente de deriva regular, é mais atuante junto a linha da costa do continente. Essa corrente faz o arrasto continuado de todos os materiais no meio aquoso, moldando e remoldando o fundo, e atuando como agente erosional da linha de costa, associada aos efeitos de marés.

Nas plataformas leste e nordeste, mais estreitas e rasas, os episódios de estabilização do mar estão representados por terraços de abrasão na borda da plataforma. Os terraços erosionais mais notáveis correspondem aos níveis de 60 e 75 metros que delineiam a quebra da plataforma em vários segmentos do setor na região de Natal.

2.3.2 Ondas

As frentes frias geradas na costa Sul do Brasil sofrem uma redução na frequência e energia ao migrarem para o norte, geralmente não atingindo ou chegando muito atenuadas à região Nordeste. As ondas geradas no hemisfério norte, por sua vez, atingem fracamente a costa oriental norte-rio-grandense. Assim, a faixa costeira estudada está inserida numa área

com rara incidência de tormentas de grande magnitude, encontrando-se essencialmente sob a ação de ondas geradas pelo cinturão de ventos alísios (DINIZ, 2002).

Segundo medições realizadas pela HIDROCONSULT (na Estação Ondográfica Leste-Reis Magos, 1978-1979), confirmadas pelas observações visuais realizadas por DINIZ (2002), o regime de ondas locais mostrou-se controlado pelos campos de ventos regionais, coincidindo com a direção e padrão de variação dos ventos alísios, com variações na altura significativa possivelmente associadas às flutuações de velocidade dos ventos, com um ciclo anual onde as menores alturas ocorrem no início do ano e estão associadas a velocidades de vento mais baixas, enquanto as maiores alturas estão presentes durante o período de junho a setembro, período de ventos mais intensos.

Esses estudos mostraram, ainda, que as ondas estão concentradas em apenas três direções, sendo as ondas provenientes de SE as maiores responsáveis pela deriva litorânea atuante ao longo da costa estudada, seguidas das ondas de E e de NE.

Os valores da deriva, calculados a partir de diagramas de refração, indicaram para o litoral estudado uma deriva resultante no sentido S-N, excetuando-se apenas um trecho situado na praia da Redinha, onde a modelagem numérica indica uma pequena deriva efetiva no sentido contrário (DINIZ, 2002).

2.3.3 Ciclo de Mares

Os efeitos da maré sobre o fundo oceânico estão em função direta da coluna d'água sobreposta entre o fundo e a superfície, levando conseqüentemente a proporcionar maiores efeitos, próximo à linha de costa, onde são verificados tanto a fricção de fundo como a escavação no impacto com a praia, ambas gerando turbidez. Há também uma outra condição local, relativa à área de Ponta Negra, que é a presença de paredões em falésias, onde existe o efeito de ricochete ou reflexão, pois as ondas são rebatidas no anteparo rochoso, provocando uma vaga em sentido contrário.

Poucos são os registros de marés encontrados para a região estudada. Estudos realizados pela HIDROCONSULT (1979, *apud* DINIZ, 2002), através de uma rede com quatro postos maregráficos instalados no estuário do rio Potengi, no período 1977 a 1978, mostraram que o nível máximo variou de 2,85 a 2,95 m; com nível médio de 1,4 m e com um nível mínimo entre -0,05 e -0,25 m, identificando a maré local como do tipo mesomaré de regime semidiurno, com periodicidade em torno de 12 a 42 horas.

2.4 ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

2.4.1 Enquadre Geológico e Geomorfológico da área de estudo

A geologia da área de estudo está representada pelas unidades lito-estratigráficas posicionadas desde o Plioceno até o Holoceno, como ilustra a Tabela 2.1, compreendendo o Grupo Barreiras, os Sedimentos recentes, representados pelas dunas antigas e recentes e os Sedimentos Fluviais (ENGE SOFT, 1997).

TABELA 2.1: Estrutura das unidades lito-estratigráficas da área de estudo.

Período	Época	Unidades
4°	Pleistoceno Holoceno	Qa – Quaternário – Aluviões: Areias, siltes, argilas, cascalhos. Qd Quaternário – Dunas: Areias quartzosas. TQda Terciário – Quaternário – Dunas Antigas: Sedimentos quartzosos.
3°	Plioceno/ Mioceno	TQb Terciário – Quaternário – Grupo Barreiras: Sedimentos areno-argilosos.

FONTE: Adaptado de ENGE SOFT (1997).

De acordo com o Projeto Radambrasil (BRASIL, 1981), Folha SB. 23 – Jaguaribe/Natal, a região do estudo está inserida nas Unidades Geomorfológicas denominadas Planície Litorânea e Tabuleiros Costeiros. A primeira correspondendo aos depósitos de origem marinha remoldados por ventos e/ou fixados por vegetação, e a segunda correspondendo a superfície plana elaborada por processos de pediplanação, representada pelos tabuleiros do Grupo Barreiras.

Regionalmente, o Grupo Barreiras é reconhecido em toda faixa litorânea, recobrando as formações mais antigas e é constituído por sedimento areno-argilosos de textura granular, pontualmente apresentando seixos e grãos maiores de quartzos, normalmente em formas ovais, mas também sendo comuns as formas angulares.

As formações tabulares que alcançam as vertentes costeiras ou litorais aparecem na forma de falésias, ora expostas à ação marinha, sucedendo em formações ativas ou vivas (falésias vivas), ora em posições mais elevadas, convertendo-se então nas chamadas falésias

mortas, na verdade, testemunhos de um nível do mar mais alto que o atual (GEOCONSULT, 2000; CUNHA, 2004).

Na região de Natal as falésias mais notáveis são a da Ponta do Morcego, Barreira Roxa e Ponta de Mãe Luíza, as quais em geral mostram topos aplainados, provavelmente por ação das ondas do mar num nível em torno de 7 metros acima do atual.

As Dunas – primeira das feições geomorfológicas da planície litorânea, que serão comentadas a seguir – são sedimentos arenosos, bem selecionados, de granulometria fina a média, cores brancas, amarelas ou avermelhadas, que se distinguem na faixa costeira, capeando os sedimentos terciários da Formação Barreiras. Estão morfologicamente dispostas em formas de pequenas colinas suavemente modelados com o eixo maior paralelo a semi-paralelo segundo a orientação geral SE para NW, em virtude do intenso controle dos ventos predominantes SE.

As praias são feições de idade atual que formam uma estreita faixa constituída predominantemente por areias médias, ocasionalmente grossas, inconsolidadas. Morfologicamente, possuem uma inclinação de baixa a média e se acham instaladas nas entradas litorâneas, de formas não estáveis, normalmente separadas pelas formações rochosas de arenitos limonitizados, similares aos da Formação Barreiras. As formas atuais destas feições estão intimamente ligadas ao processo de regularização da linha de costa, resultantes da estabilização do nível do mar atual, através dos mecanismos hidrodinâmicos costeiros, ou seja, a atuação das ondas e correntes combinadas com a resistência litológica dos sedimentos terciários.

Além dessa litologias, ocorrem os recifes de arenitos, também conhecidos como arenitos de praia ou “beach rocks” (DINIZ, 2002), comumente encontrados próximos a embocadura na maioria dos rios do nordeste brasileiro, encontram-se distribuídos ao longo das praias da região de Natal, em forma de bancos alongados, paralelos à linha litorânea. São constituídos por material variando de areias médias e grossas a níveis conglomeráticos cimentados por material carbonático.

Os sedimentos fluviais estão relacionados às calhas e margens de transbordamento do Rio Potengi. São sedimentos de composição preferencialmente arenosas, com participação de argilas e siltes. Sua idade tem atribuição ao Quaternário, tendo em vista a continuidade nos processos de sedimentação.

Os manguezais, ou planícies fluvio-marinhas ocorrem margeando todo o ambiente do estuário do Potengi até a sua porção mais superior. Sua importância ecológica é inquestionável, visto que estão entre os principais responsáveis pela manutenção de boa parte

das atividades pesqueiras das regiões tropicais. Servem de refúgio natural para reprodução e desenvolvimento assim como local para alimentação e proteção para crustáceos, moluscos e peixes de valor comercial. Além dessas funções, as manguezais ainda contribuem para a sobrevivência de aves, répteis e mamíferos, muitos deles integrando a lista de espécies ameaçadas ou em risco de extinção.

2.4.2 Geologia da Margem Continental

Segundo terminologia de Heezen & Meneral (1966, *apud* CUNHA, 2004), as margens continentais apresentam três regiões principais bem desenvolvidas: plataforma, talude e sopé continental.

Além das feições fisiográficas básicas, a margem continental brasileira também é composta por platôs e cadeias marginais, canais, cânions, cones, leques submarinos e montes submarinos.

A Plataforma Continental, na região de Natal, constitui uma planície de largura variável, sub-horizontal, que se estende desde a face de praia até o limite com o talude continental, quando ocorre a quebra ou borda da plataforma, marcada por uma zona de brusco aumento de declividade (ENGE SOFT, 1997).

Na latitude de Natal, a faixa de plataforma é uma das mais estreita da margem continental brasileira, com cerca de vinte quilômetros de extensão, seguida por aproximadamente oitenta quilômetros de talude, e mais aproximados seiscentos e cinquenta quilômetros de sopé, até atingir o fundo abissal que lhe limita a base, e sendo este o mais profundo do País, com cerca de 5.700 metros, na denominada planície abissal de Pernambuco.

A Plataforma Continental é a região privilegiada dos depósitos carbonáticos, pois é a zona mais favorável à vida, sendo a mais clara e a mais rica em material nutriente e é igualmente a zona de maior valorização de temperatura, de pressão e do pH susceptível à precipitação de calcários inorgânicos (MABESOONE, 1972; SUMMERHAYES *et al.*, 1975).

O Talude Continental mostra uma largura média entre 85 e 105 km, com valor máximo de 140 km nas adjacências do Platô de Pernambuco, com declividade de 1:130 na área Natal-Recife (CUNHA, 2004).

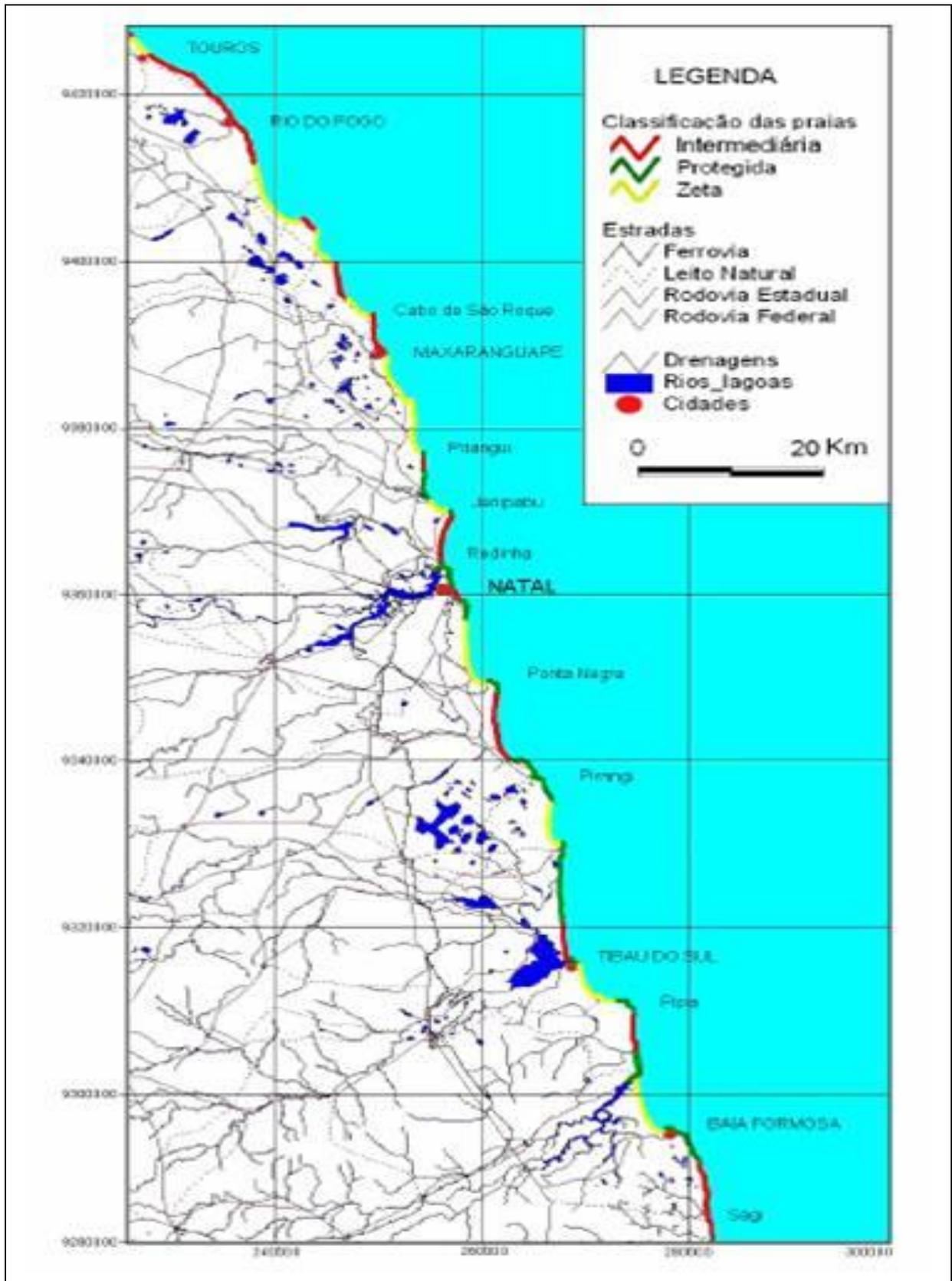
O Sopé Continental é a província fisiográfica mais extensa da margem continental brasileira na região de Natal, sendo constituído pela superfície de uma cunha de sedimentos que se inclina desde a base do talude continental até profundidades abissais.

2.5 PRAIAS ARENOSAS

De acordo com Diniz (2002), as praias do litoral de Natal-RN apresentam-se, predominantemente, em zetas ou protegidas, no que se refere à classificação morfológica (Figura 2.5).

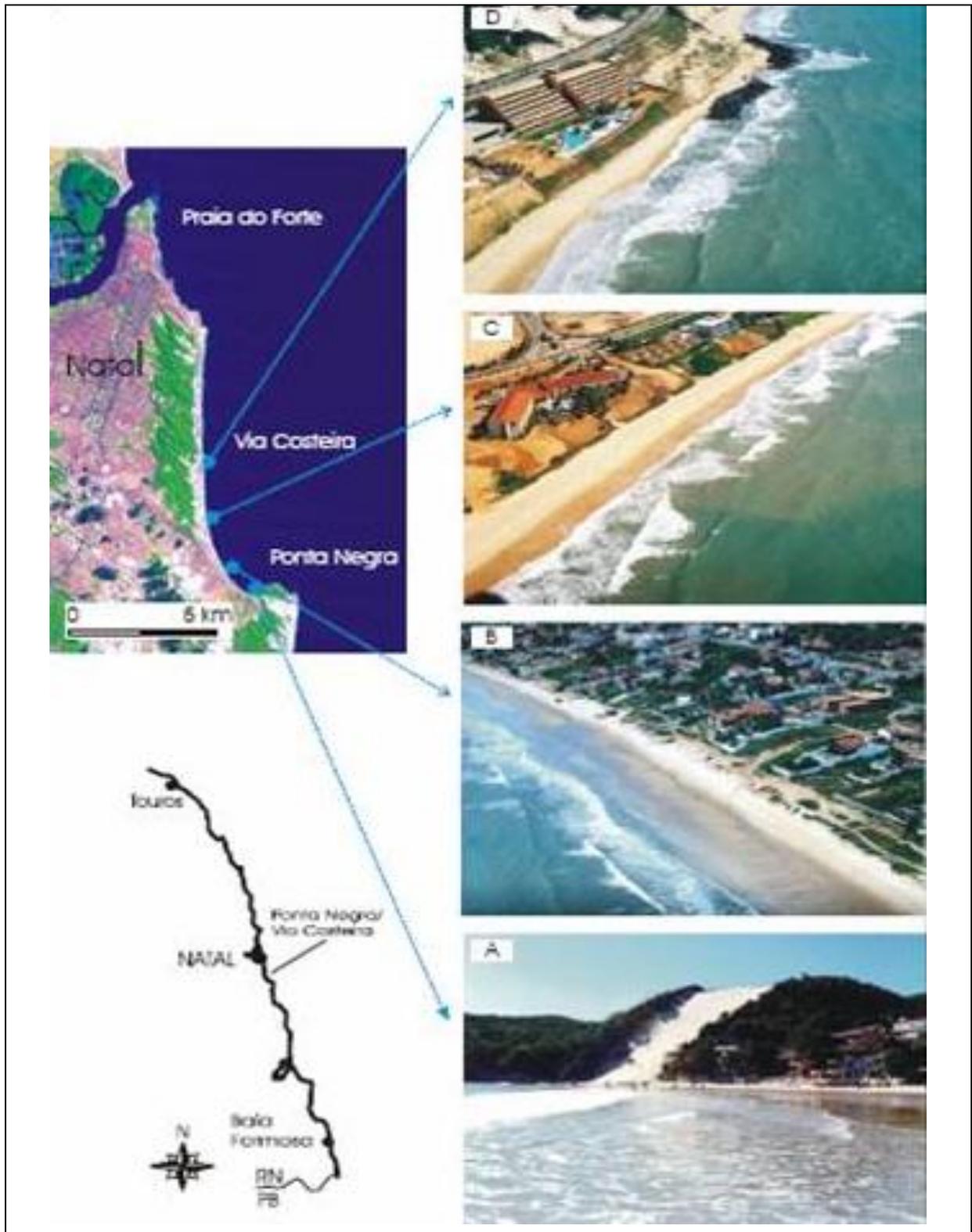
As primeiras, em zetas, caracterizam-se pela disposição morfológica da sua linha de costa em forma aproximada de um anzol. Este tipo de praia se caracteriza por não apresentar propriedades estanques, verificando-se mudanças gradativas nas suas características de ondas, correntes e granulometria dos sedimentos, à medida que se percorre a praia do promontório principal, na sua porção sul, para o seu limite norte (WHIGHT & SHORT, 1984, *apud* DINIZ, 2002).

À medida que se aproxima a parte mais protegida da baía (parte sul da zeta), ocorre um decréscimo gradual nas condições de energia (DINIZ, 2002), com diminuição na altura das ondas, na velocidade das correntes e na granulometria dos sedimentos praias, favorecendo a existência de praias mais calmas e com inclinação da face da praia mais suave (Figura 2.6A). Nestas zonas de menor energia, comumente as ondas são inferiores a 1 m, enquanto a face da praia apresenta inclinação inferior aos 3°, sendo constituída por areia fina a média. As condições hidrodinâmicas reinantes nestes pequenos trechos de praia facilitam as ações de embarque e desembarque dos pequenos barcos pesqueiros e uso pelos banhistas, atraindo a instalação dos primeiros povoados pesqueiros na região, os quais, posteriormente, deram lugar a núcleos urbanos de veraneio. De forma diferente, à medida que se distancia do promontório, percorrendo a praia no sentido S-N, ocorre um gradativo acréscimo na altura das ondas e velocidade das correntes costeiras, de forma que a porção da praia em zeta mais distal do promontório já apresenta características bastante próximas àquelas descritas para as praias intermediárias (Figuras 2.6 B, C e D).



FONTE: DINIZ (2002).

Figura 2.5: Mapa mostrando a distribuição das praias (intermediária, protegida e em zeta) existentes no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte.

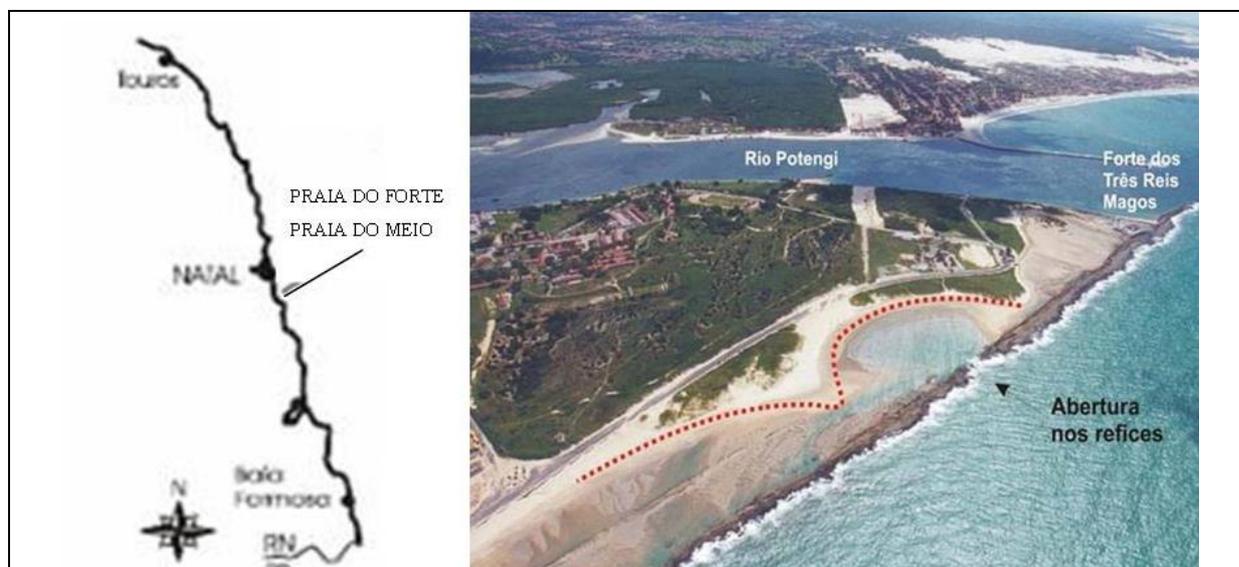


FONTE: DINIZ (2002).

FIGURA 2. 6: Detalhes da linha de costa em zeta, nas praias de Ponta Negra e Via Costeira, situadas no município de Natal-RN: (A) praia com ondas pequenas, sedimentos mais finos, face da praia mais ampla e com menor inclinação, passando gradativamente à praias com ondas maiores, sedimentos mais grossos e face da praia mais inclinada (B, C e D).

A composição essencialmente arenosa para estas praias em zeta (segmento costeiro compreendido entre as praias de Ponta Negra e Redinha, no município de Natal-RN) revelou, segundo estudos realizados pela GEOCONSULT/TECNOAMBIENTE (2000, *apud* DINIZ, 2002) o mineral quartzo como constituinte principal, com percentagens secundárias de feldspato e biodetritos, além de traços de minerais pesados. Na zona de arrebenção destas praias, ondas freqüentemente inferiores a 1,0 m, na porção sul da zeta e variaram entre 1,0 a 1,5 m de altura, nas suas porções mais a norte, gerando correntes costeiras longitudinais em torno de 0,1 a 0,8 m/s, quase sempre no sentido S-N, em função do padrão de ondas S-SE dominante. Ocasionalmente, também foram observadas correntes de retorno e uma deriva litorânea no sentido N-S, esta última decorrente da entrada de ondas de NE.

As praias protegidas, segundo tipo morfológico encontrado na região estudada, são todas aquelas que se apresentam protegidas ou semiprotégidas da ação das ondas por obstáculos naturais existentes na praia e proximidades desta. Estes obstáculos naturais atuam reduzindo a altura das ondas e amenizando a intensidade das correntes costeiras. Bons exemplos dessa tipologia de praia podem ser observados nas praias Do Meio e Do Forte (Figura 2.7).



FONTE: Adaptado de DINIZ (2002) e CUNHA (2004).

FIGURA 2.7: Fotografia aérea mostrando praia protegida por extenso cordão de arenito de praia, com a formação de pequenas baías protegidas da ação das ondas. Praias Do Forte e Do Meio.

Essas praias caracterizam-se principalmente pela presença de corpos de arenitos de praia (*beach-rocks*), normalmente ocorrendo sob a forma de cordões alongados e dispostos paralelos ou subparalelos à linha de costa atual comumente situados no limite da antepraia

com a zona de estirâncio e constituindo grandes piscinas naturais protegidas da ação das ondas. A região situada entre o recife natural e a linha de costa apresenta excepcionais condições para banho, com águas caracteristicamente calmas e rasas, com ondas e profundidade na maioria das vezes inferiores a 1 m.

2.6 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIOLÓGICO

A área de estudo bioecológico reporta-se à faixa litorânea que se estende da praia de Ponta Negra a praia da Redinha, totalizando aproximadamente 30 km de extensão, com uma faixa entre marés (faixa intertidal) constituída de trechos que intercalam áreas com substratos rochosos (*beach rock*) e área com substrato arenoso. A composição da fauna bentônica entre marés vai variar, portanto, tanto em função da localização dentro desta faixa quanto do tipo de substrato.

As faixas de areia típicas de praias arenosas se distinguem por apresentar substrato instável, com ausência de vegetação macroscópica fixa intertidal. Estas praias constituem-se num sistema dinâmico, no qual a variabilidade das condições ambientais é uma constante. No que se referem à fauna, as praias arenosas expostas são caracterizadas por apresentarem um pequeno número de espécies com alto grau de mobilidade e adaptados a variação dos fatores abióticos.

As praias que apresentam faixas de substrato rochosos, como é o caso das praias dos Artistas, Meio e Forte, abrigam uma flora e fauna muito mais ricas do que as praias com areia. Muitos animais intertidais podem tolerar a subida e descida da água e o bater das ondas, quando conseguem fixar-se firmemente a um substrato estável. Existe um zoneamento distinto de algas e vários tipos de animais entre a marca da maré baixa e a zona respingos supratidal. Num ambiente rochoso é característico o aparecimento de poças de marés. Estas poças são um microcosmo da vida marinha encontrado na faixa intertidal e facilmente acessíveis quando a maré está baixa.

2.7 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO ANTRÓPICO

2.7.1 Demografia

No município de Natal, e na sua correspondente Região Metropolitana, já ocorrem fenômenos coletivos como favelização, violência urbana, desemprego, problemas de trânsito e ambientais e tantos outros, como consequência direta ou indireta de sua rápida urbanização (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2004).

Em 2000, a cidade apresentava-se com uma população de 712.317 habitantes (IBGE, 2000), distribuídos em 36 bairros. As projeções apresentadas no documento Natal 2015 apontam que serão 880,5 mil habitantes residindo em Natal nesse ano, resultando numa densidade demográfica de 5.182,5 hab/km².

O crescimento do município nas três últimas décadas foi, em grande medida, decorrente da migração campo-cidade e de seus efeitos indiretos e não, especificamente, do seu próprio crescimento vegetativo. Em 1980, Natal tinha uma população de 417 mil habitantes, passando, em 2000, para 712,3 mil. Esses números significam um crescimento relativo neste período de 71%, que corresponde em termos absolutos a 295,4 mil pessoas, resultando em um acréscimo médio de 15 mil novos habitantes a cada ano (NATAL 2015, 2000).

Segundo o Censo Demográfico de 2000, a composição da população, por gênero, era de 334,3 mil homens e 377,9 mil mulheres, equivalendo a população feminina a 53% da população total. Quanto à distribuição da população por faixa etária, a maioria, 66,2%, é constituída por adultos na faixa de 15 a 64 anos, seguindo-se a população jovem de 0 a 14 anos com 28,3% e, por último, os idosos com 65 anos e mais de idade com 5,5%. As regiões Norte e Oeste concentram as maiores parcelas da população jovem sendo, respectivamente, 32,2% e 31,2%. Por sua vez, a região Leste concentra o maior contingente de idosos com 9,7%.

2.7.2 Educação

A cidade de Natal apresentava em 2000 uma taxa de analfabetismo de 16% para a população de 7 a 14 anos de idade e de 11,9% para a população com 15 anos ou mais. A região Oeste da cidade apresentava a mais alta taxa de analfabetismo de pessoas com 15 anos ou mais, contando com 18,2%. Em seguida, a região Norte com 13,5% e, com menores taxas, as regiões Leste, com 9,8%, e a Sul, com 4,3%. A taxa de analfabetismo da população de 25 anos e mais de idade, em 2000, era de 13,4%, enquanto que a população escolarizada possuía, em média, 7,2 anos de estudo (IBGE, 2000).

2.7.3 Saúde

O Sistema Único de Saúde (SUS) no município de Natal dispõe de cerca de 1.900 leitos hospitalares distribuídos entre prestadores públicos, com 1.050 leitos (55,3%); filantrópicos, com 170 (9%); e privados, com 680 (26,8%). Para uma população estimada para

2004 de 755.068 habitantes, isto corresponde a uma média de 2,51 leitos para cada 1.000 habitantes. Do total geral de leitos, aproximadamente 10% são leitos de Obstetrícia, 17% de Pediatria e 25% de Psiquiatria, e os 48% restantes, de outras especialidades.

2.7.4 Esgotamento Sanitário

Segundo especialistas da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), os índices ideais para a cobertura do sistema de esgoto de Natal seriam de 80% a 90%, no entanto, atualmente o sistema de esgotamento sanitário atende a uma população de 240.000 habitantes, o que corresponde a 32% da cobertura de coleta da cidade.

O sistema de esgotos de Natal possui: 130 km de extensão de Redes e Emissários, 16 Estações elevatórias e 6 Estações de tratamento. O volume diário coletado é de 52.000 m³, entretanto apenas 12.000 m³ são tratados.

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) implantada recentemente no bairro de Ponta Negra, constituída de um sistema de lagoas de estabilização em série, sendo uma facultativa seguida de duas de maturação, inicialmente foi planejada para atender a este bairro. Entretanto, hoje sua cobertura estende-se a Via Costeira e ao bairro de Mãe Luíza, excedendo em muito a capacidade para a qual foi projetada.

Apesar do sub-dimensionamento, o sistema tem contribuído para a manutenção das condições da balneabilidade das praias urbanas de Natal-RN, salvo algumas irregularidades como a realização de ligações clandestinas de esgotos em galerias pluviais.

Dos 177.783 domicílios de Natal apenas 25,5%, que corresponde a 45.261 domicílios, possuíam esgotamento sanitário em 2000. O esgotamento do restante dos domicílios era feito por fossa séptica com 46,4%, fossa rudimentar, 25,4%, e os demais, 2,7%, por outras formas de desaguadouros. Dos domicílios ligados à rede geral de esgoto, a maioria encontra-se nas regiões Leste e Oeste, correspondendo a 89,3% do total de domicílios ligados à rede (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2003).

A distribuição dos domicílios com esgotamento sanitário em cada região administrativa apresentava a região Leste com 70,7% e a região Oeste com 40,6%, enquanto nas regiões Norte e Sul os percentuais baixam consideravelmente para 3,8% e 6,2%, respectivamente (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2003).

Com relação aos outros componentes do saneamento ambiental, do total de domicílios existentes em Natal, 97,2 % são ligados à rede geral de água e 97,6% são atendidos pela coleta de resíduos domiciliares.

Em 2000 o município contava com 177.783 domicílios particulares permanentes, com uma densidade domiciliar de 4,0 pessoas por domicílio. Deste total, 33,6% estão na região Norte, 26,5% na Oeste, 23% na Sul e 16,9% na Leste. Segundo dados da SEMTAS apud SEMURB (2003) em 2001 existiam em Natal 70 assentamentos subnormais, distribuídos nas quatro Regiões Administrativas, abrigando uma população de 65.122 habitantes, 9% da população total da cidade; e 14.458 habitações, com uma densidade domiciliar de 4,5 pessoas, maior que a média verificada em Natal.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O planejamento experimental adotado neste trabalho obedeceu às seguintes etapas:

- 1ª Trabalhos de campo;
- 2ª Análises Laboratoriais;
- 3ª Coleção de Dados Complementares;
- 4ª Tratamento estatístico dos dados.

3.1 TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado periodicamente segundo uma variação sazonal, no período compreendido entre janeiro a dezembro de 2005. A primeira etapa caracterizou um período chuvoso e a segunda, identificou um período de estiagem típico da região.

Para efeito de avaliação das condições de balneabilidade das praias urbanas de Natal/RN, foram estabelecidas 15 estações de monitoramento, no trecho compreendido entre a Praia de Ponta Negra e a Praia de Redinha.

A escolha dos pontos foi determinada em função da frequência de público, da fisiografia da praia e dos possíveis riscos de interferência na qualidade da água (possíveis fontes de contaminação fecal), como por exemplo: proximidade com galerias de drenagem, rede de esgoto, barracas e presença de corpos d'água afluindo ao mar (rios, riachos etc.).

Paralelo ao estudo de balneabilidade, entre os meses de agosto e setembro de 2005 foi realizado um estudo preliminar das condições sanitárias das areias de algumas praias do litoral potiguar.

Visando caracterizar contrastes, a escolha dos 5 (cinco) pontos de amostragem para análise de areia elegeu 2 (dois) pontos enquadrados na categoria própria em 100% das semanas até então amostradas (NA-09 e NA-12); 1 (um) ponto em cuja qualidade sanitária da água oscilou entre as categorias própria e imprópria (NA-03) e 2 (dois) pontos em cuja qualidade apresentou-se predominantemente comprometida durante o período monitorado (NA-07 e NA-13).

3.1.1 Estações de Monitoramento

A figura a seguir (Figura 3.1) apresenta a distribuição das 15 (quinze) estações de monitoramento ao longo da faixa de estudo. Suas coordenadas precisas (UTM – Datum: Córrego Alegre; Zona 25S) encontram-se na tabela 3.1.



FONTE: SEMTAS (2005).

FIGURA 3.1: Localização das 15 Estações de monitoramento.

TABELA 3.1: Localização precisa dos pontos de coleta de amostras de água.

Estações de monitoramento	Praia/Local da Coleta	Coordenadas UTM (m)	
		ESTE	NORTE
NA-01	Ponta Negra/Morro do Careca	260046	9349179
NA-02	Ponta Negra/Acesso principal	259680	9349347
NA-03	Ponta Negra/Free Willy	259152	9349887
NA-04	Ponta Negra/Final do Calçadão	258698	9350841
NA-05	Via Costeira/Cacimba do Boi	258612	9351454
NA-06	Via Costeira/Barreira D'Água	258376	9354778
NA-07	Via Costeira/Mãe Luíza	258458	9358850
NA-08	Miami/Relógio Solar	257937	9359259
NA-09	Areia Preta/Praça da Jangada	257590	9359784
NA-10	Artistas/Centro de Artesanato	257182	9360452
NA-11	Do Meio/Iemanjá	256876	9361497
NA-12	Do Forte	256678	9362510
NA-13	Redinha/Rio Potengi	255996	9363613
NA-14	Redinha/Igreja	256049	9363809
NA-15	Redinha/Barracas	255859	9365009

As figuras 3.2 a 3.16, a seguir, mostram, respectivamente, as 15 (quinze) estações de monitoramento.



FIGURA 3.2: NA – 01 (Praia de Ponta Negra/ Morro do Careca).



FIGURA 3.3: NA – 02 (Praia de Ponta Negra/ Acesso Principal).



FIGURA 3.4: NA – 03 (Praia de Ponta Negra/ Free Willy).



FIGURA 3.5: NA – 04 (Praia de Ponta Negra/ Final do Calçadão).



FIGURA 3.6: NA – 05 (Praia da Via Costeira/ Cacimba do Boi).



FIGURA 3.7: NA – 06 (Praia da Via Costeira/ Barreira D'Água).



FIGURA 3.8: NA – 07 (Praia de Mãe Luiza).



FIGURA 3.9: NA – 08 (Praia de Miami).



FIGURA 3.10: NA – 09 (Praia de Areia Preta / Praça das Jangadas).



FIGURA 3.11: NA – 10 (Praia dos Artistas/ Centro de Artesanato).



FIGURA 3.12: NA – 11 (Praia do Meio/Iemanjá).



FIGURA 3.13: NA – 12 (Praia do Forte).



FIGURA 3.14: NA – 13 (Praia da Redinha/Rio Potengi).



FIGURA 3.15: NA – 14 (Praia da Redinha/Igreja).



FIGURA 3.16: NA – 15 (Praia da Redinha/Barracas).

3.1.2 Amostragem de águas das praias

As amostras de água foram coletadas semanalmente (às quintas-feiras), sempre durante a maré vazante e à isobata aproximada de 1 (um) metro - que representa a região mais utilizada para recreação – conforme as especificações estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 274.

O método de amostragem, de acordo com a APHA *et al* (1998), consistiu em coletar as águas em frascos estéreis, devidamente identificados, com capacidade de 250 ml, na profundidade de 30 cm abaixo da superfície da água, direcionando o frasco de modo que a boca ficasse no sentido contrário à correnteza.

O volume de água amostrado respeitou a necessidade de um espaço vazio dentro do frasco, desprezando-se pequena porção da amostra no ato da coleta, a fim de permitir a homogeneização da amostra, bem como a vida dos seres aeróbios durante várias horas.

Após as coletas as amostras foram preservadas em caixa térmica com gelo e conduzidas ao Laboratório de Água e Esgotos do CEFET-RN, para as determinações de Coliformes Fecais.

O tempo decorrido entre a coleta das amostras e o início do exame bacteriológico foi, em média, de 8 (oito) horas, nunca ultrapassando o limite de armazenamento das mesmas, que é de 24 (vinte e quatro) horas, segundo APHA *et al* (1992).

3.1.3 Amostragem das areias das praias

As amostragens de areia foram realizadas semanalmente, simultâneas às coletas de água do mar, durante os meses de agosto e setembro de 2005. Todas as coletas foram realizadas em frente às respectivas estações de monitoramento.

Em cada ponto monitorado foram colhidas 2 (duas) amostras de areia, com o propósito de caracterizar duas zonas distintas da praia: zona seca, que normalmente não é atingida pela água do mar, correspondente à área habitualmente freqüentada pelos banhistas; e zona úmida, que sofre influência das marés.

O procedimento de coleta adotado, de acordo com a metodologia utilizada pela CETESB (1998), considerou, em cada uma dessas zonas, uma área delimitada de 2m², de onde foram coletadas 5 sub-amostras de cerca de 100g, a uma profundidade de 5 a 15 cm (ABAE, 2005), colocadas em sacos esterilizados e devidamente identificados (Figuras 3.17 e 3.18).



FIGURA 3.17: Fotografia ilustrando a coleta da areia seca.



FIGURA 3.18: Fotografia ilustrando a coleta da areia úmida.

Após as coletas, os sacos foram acondicionados em caixas térmicas com gelo e transportados ao Laboratório de Água e Esgotos do CEFET-RN, para as determinações de Coliformes Fecais.

3.2 TRABALHOS DE LABORATÓRIO

3.2.1 Análise da água do mar

O exame bacteriológico das águas salgadas provenientes das praias urbanas de Natal/RN seguiu a metodologia descrita pela APHA *et al* (19ª edição, 1998), baseada no Método de Fermentação em Tubos Múltiplos, com a inoculação do meio de cultura A₁, com o qual determina o Número Mais Provável (NMP) de coliformes/ 100ml de amostra de água. O limite de confiança do método é de 95%, sendo considerado um dos melhores para se caracterizar as condições sanitárias de corpos d'água que apresentem poluição por esgotos domésticos.

O ensaio se processa em uma única etapa e consiste na semeadura de volumes determinados de amostras em tubos de ensaio contendo o meio A₁, de acordo com a técnica dos tubos múltiplos (Figura 3.19). Efetua-se uma pré-incubação a $35 \pm 0,5^\circ \text{C}$, durante 3 horas e, em seguida, transfere-se os tubos para um banho-maria a $44,5 \pm 0,2^\circ \text{C}$, dando continuidade a incubação durante 21 ± 2 horas.



FIGURA 3.19: Fotografia ilustrando a Técnica dos tubos múltiplos.

A produção de gases (hidrogênio e dióxido de carbono) dentro dos tubos de *Durham*, a partir da fermentação da lactose do meio A₁, é prova confirmativa da presença de bactérias do grupo dos coliformes fecais. Após a leitura dos tubos positivos, determina-se a densidade de coliformes fecais utilizando-se a tabela estatística do Número Mais Provável (NMP) em 100 ml da amostra de água.

3.2.2 Análise da areia

Como parâmetro bacteriológico indicador de qualidade das areias, foi escolhido o mesmo grupo indicador de contaminação fecal usado na classificação da qualidade de águas balneares: os *coliformes fecais* ou *coliformes termotolerantes*.

Para determinação da densidade de *coliformes fecais* na areia da praia adaptou-se a metodologia adotada pela ABAE (2005), consistindo, portanto, na pesagem de 50 g da amostra de areia (balança de precisão, d= 0,01g) que, sob condições de assepsia, foi introduzida em frasco âmbar (capacidade, 1000 ml) contendo 500 ml de água do mar esterilizada (coletada no respectivo ponto). Em seguida, procedeu-se a agitação do frasco por 30 minutos, a fim de garantir uma lavagem eficiente da areia. Do “lavado” retirou-se as alíquotas e prosseguiu-se a análise da água sobrenadante, através da Técnica dos Tubos Múltiplos descrita no item 3.2.1.

3.3 COLEÇÃO DE DADOS COMPLEMENTARES

3.3.1 Dados meteorológicos

Os dados da precipitação pluviométrica ocorrida no período estudado foram obtidos das estações meteorológicas da UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte) e da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte).

3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

A análise e interpretação dos resultados obtidos na presente pesquisa foi realizada com o auxílio do Programa Statistic 7.0 para Windows.

Para a análise estatística básica (estatística descritiva) foram obtidos valores de tendência central (média, média geométrica, mediana e moda) e valores de dispersão (desvio padrão, limites de confiança, variância, quartiz e faixa de variação).

Com o objetivo de verificar a normalidade dos dados foram realizados testes estatísticos específicos, tais como Kalmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk's, juntamente com as interpretações gráficas através de histogramas de frequência e distribuição normal de probabilidade.

Foi, ainda, realizada a aplicação da ANOVA (Análise de variância) aos dados transformados à escala logarítmica para verificar diferenças entre as médias de coliformes para a estação seca e chuvosa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os resultados de coliformes termotolerantes nas águas do mar, encontrados para as 52 semanas de monitoramento da balneabilidade das praias urbanas do Município de Natal-RN, nas 15 estações de coletas, estão apresentados na Tabela 4.1.

TABELA 4.1. Resultados da estatística descritiva das 15 estações de coletas de amostras monitoradas durante 52 semanas no ano de 2005.

	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA ARITIMÉTICA	MÉDIA GEOMÉTRICA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
NA 01	2	3000	344	104	95	683
NA 02	8	2400	323	112	110	559
NA 03	20	9000	1059	224	130	2213
NA 04	2	30000	848	69	50	4160
NA 05	2	2400	217	49	50	523
NA 06	2	280	53	19	17	77
NA 07	1600	500000	89098	33115	29000	117882
NA 08	2	3000	371	95	80	775
NA 09	9	5000	385	124	110	863
NA 10	2	16000	1064	124	80	3183
NA 11	2	9000	556	119	95	1393
NA 12	2	2400	204	59	33	466
NA 13	50	90000	4251	1104	1100	13202
NA 14	13	2400	302	120	80	477
NA 15	4	1600	264	100	95	418

Analisando os dados apresentados na Tabela 4.1 fica evidente que ocorreu grande variação nas concentrações de coliformes termotolerantes em todas as praias monitoradas. Vale salientar que, para todos os pontos amostrados, os valores dos desvios padrões foram muito superiores aos valores das médias aritméticas, confirmando a dispersão dos dados. Outra característica importante foi a notável diferença entre os valores das médias aritméticas em relação às médias geométricas e medianas, as quais apresentaram valores mais próximos, indicando provável ausência de normalidade dos dados.

Com o objetivo de verificar a normalidade dos dados foram realizados testes estatísticos específicos, tais como Kalmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk's, juntamente com as interpretações gráficas através de histogramas de frequência (Figura 4.1) e distribuição normal de probabilidade (Figura 4.2). Analisando as duas figuras (4.1 e 4.2) foi verificada a completa falta de ajuste dos dados a distribuição normal ($p < 0,05$) para os pontos NA-01 e NA-07 (tomados apenas como exemplos), sendo este comportamento o característico para

todas as estações de coleta. Também foi observado que a maior quantidade de resultados se concentra nas classes inferiores de frequência, indicando a ocorrência de assimetria, o que pode ter contribuído para o aumento das médias aritméticas que são mais influenciadas por valores extremos.

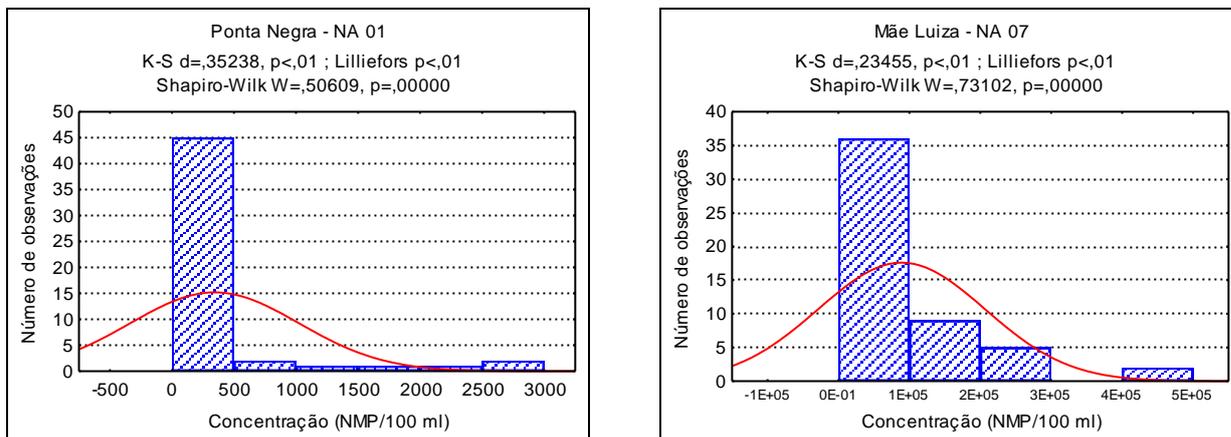


FIGURA 4.1. Histogramas de frequência de coliformes termotolerantes para o ano de 2005 nos pontos de coleta NA-01 (Ponta Negra) e NA-07 (Mãe Luiza).

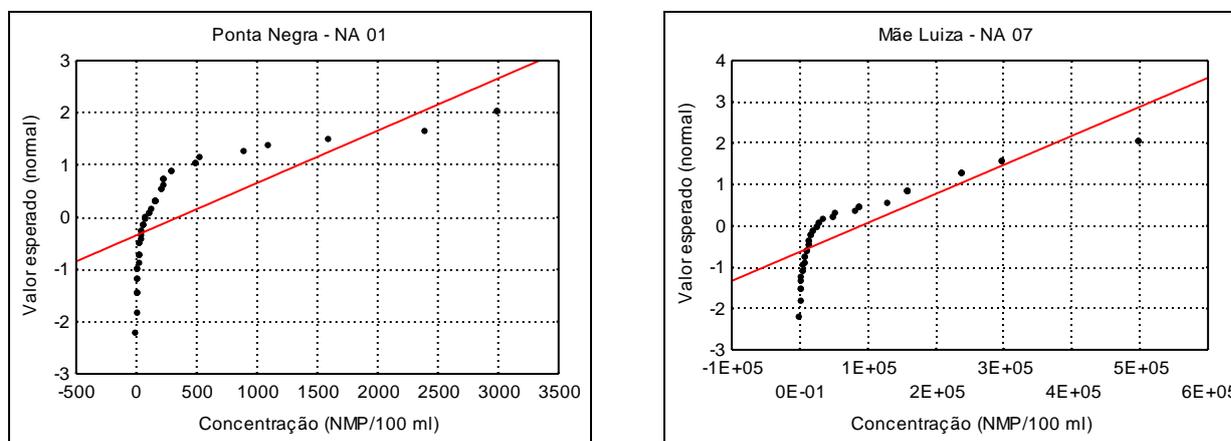


FIGURA 4.2. Distribuição normal de probabilidade de coliformes termotolerantes para o ano de 2005 nos pontos de coleta NA-01 (Ponta Negra) e NA-07 (Mãe Luiza).

Na tentativa de normalização dos dados, para posterior aplicação da Análise de Variância (ANOVA), foi efetuada a transformação logarítmica para todos os resultados das 15 (quinze) estações de coleta sendo os testes de verificação de normalidade novamente aplicados. As Figuras 4.3 e 4.4 apresentam os histogramas de variação e os gráficos de

distribuição normal de probabilidade, respectivamente, para os mesmos pontos apresentados anteriormente (NA-01 e NA-07). Através destas figuras pode ser verificado que os dados transformados (Log da concentração) tiveram um comportamento tendendo para a distribuição normal (mais ajustados às linhas de tendência), sendo obtidos para todas as estações de coleta valores de $p > 0,05$.

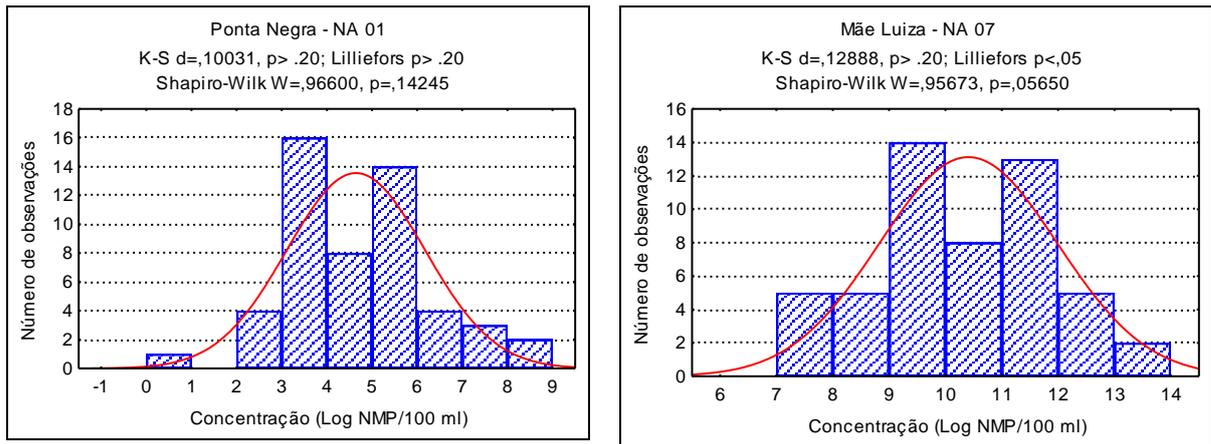


FIGURA 4.3. Histogramas de frequência de coliformes termotolerantes após transformação logarítmica nos pontos de coleta NA-01 (Ponta Negra) e NA-07 (Mãe Luiza).

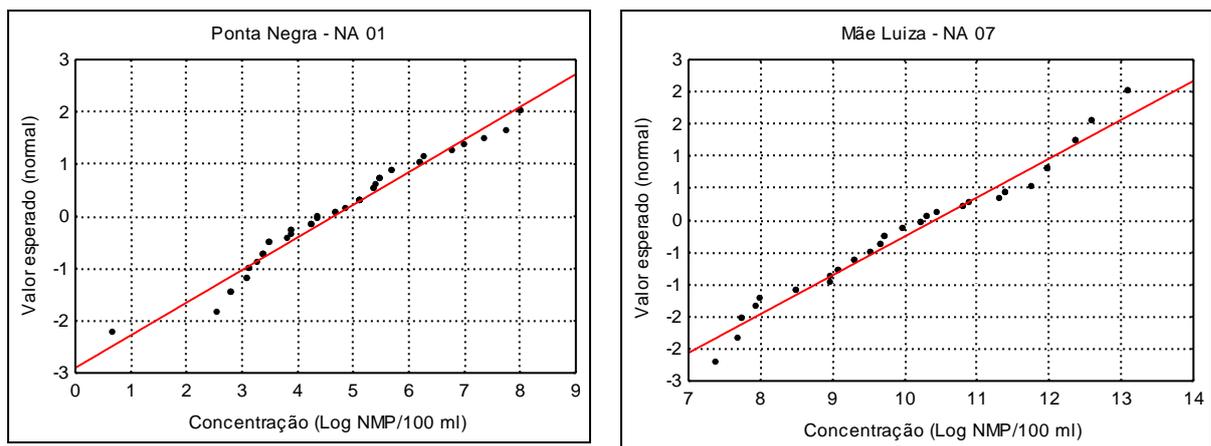


FIGURA 4.4. Distribuição normal de probabilidade de coliformes termotolerantes após transformação logarítmica nos pontos de coleta NA-01 (Ponta Negra) e NA-07 (Mãe Luiza).

Os resultados normalizados foram submetidos à ANOVA para se verificar a existência de diferenças significativas entre as médias dos números mais prováveis (NMP) de coliformes

termotolerantes para as estações seca e chuvosa. Os valores de p significativos ($p < 0,05$) e altamente significativos ($p < 0,001$) para a maioria dos pontos, observados na Tabela 4.2 revelaram uma variação sazonal da balneabilidade para as praias monitoradas.

TABELA 4.2: Análise de variância para as estações seca e chuvosa.

PONTOS DE COLETAS	ANOVA	
	F	P
NA 01	2,1146	0,1521
NA 02	8,3298	0,0057 **
NA 03	8,0151	0,0066 **
NA 04	12,9832	0,0007 **
NA 05	12,2328	0,0009 **
NA 06	26,1636	0,0000 **
NA 07	5,9990	0,0178 *
NA 08	6,8771	0,0115 *
NA 09	3,6451	0,0619
NA 10	1,4621	0,2322
NA 11	5,2302	0,0264 *
NA 12	8,9187	0,0043 **
NA 13	4,3096	0,0430 *
NA 14	6,0993	0,0169 *
NA 15	2,4338	0,1258

*Variações significativas ($p < 0,05$);**Variações altamente significantes ($p < 0,001$).

Com base nos resultados apresentados foi decidido trabalhar segundo a sazonalidade típica da região (estação seca e estação chuvosa), bem como, com os valores das medianas e médias geométricas, visto que estes apresentam menor variação em relação às médias aritméticas.

Graficamente foi feita a opção de se trabalhar com gráficos “Box-Plot” para apresentar simultaneamente valores centrais (medianas), valores de dispersão (quartis) e valores extremos (mínimos e máximos), gráficos de pizza para apresentação de grupos percentuais e gráficos de barras para caracterizar as médias (geométrica) dos pontos de coleta.

4.2 AVALIAÇÃO DOS VALORES DE TENDÊNCIA CENTRAL (MEDIANAS)

A Figura 4.5 a seguir, ilustra o comportamento dos 15 pontos monitorados ao longo da costa litorânea do Município de Natal-RN, durante o ano de 2005, para as estações seca e chuvosa, respectivamente.

Durante a estação seca observaram-se, para todos os pontos, as menores médias colorimétricas quando comparadas às médias verificadas para o período chuvoso.

As concentrações médias dos pontos NA-07 e NA-13, respectivamente, Mãe Luíza e Redinha/Rio Potengi, tanto na estação seca como na chuvosa ultrapassaram o limite de 1000 CF/100 ml, sendo, portanto considerados pontos críticos, com destaque negativo para o ponto NA-07 com mediana igual a 52000 CF/100 ml no período chuvoso. Tais resultados atestam que estes dois pontos recebem continuamente cargas poluidoras como lançamento clandestino de esgotos na rede de drenagem pluvial, no caso de Mãe Luíza, e o lançamento de esgotos domésticos e industriais no estuário do Rio Potengi, no caso da Redinha.

Em todos os outros 13 pontos monitorados as concentrações médias de coliformes fecais (medianas) foram inferiores a 110 CF/100 ml, no período seco, e 315 CF/100ml, no período chuvoso, possibilitando enquadrá-los nas categorias PRÓPRIA EXCELENTE e PRÓPRIA MUITO BOA em relação à sazonalidade, respectivamente.

Tais valores atestam que mesmo os pontos que apresentaram maiores índices de impropriedade durante a estação das chuvas, devem ter sido contaminados esporadicamente provavelmente por esgotos ou devido às chuvas.

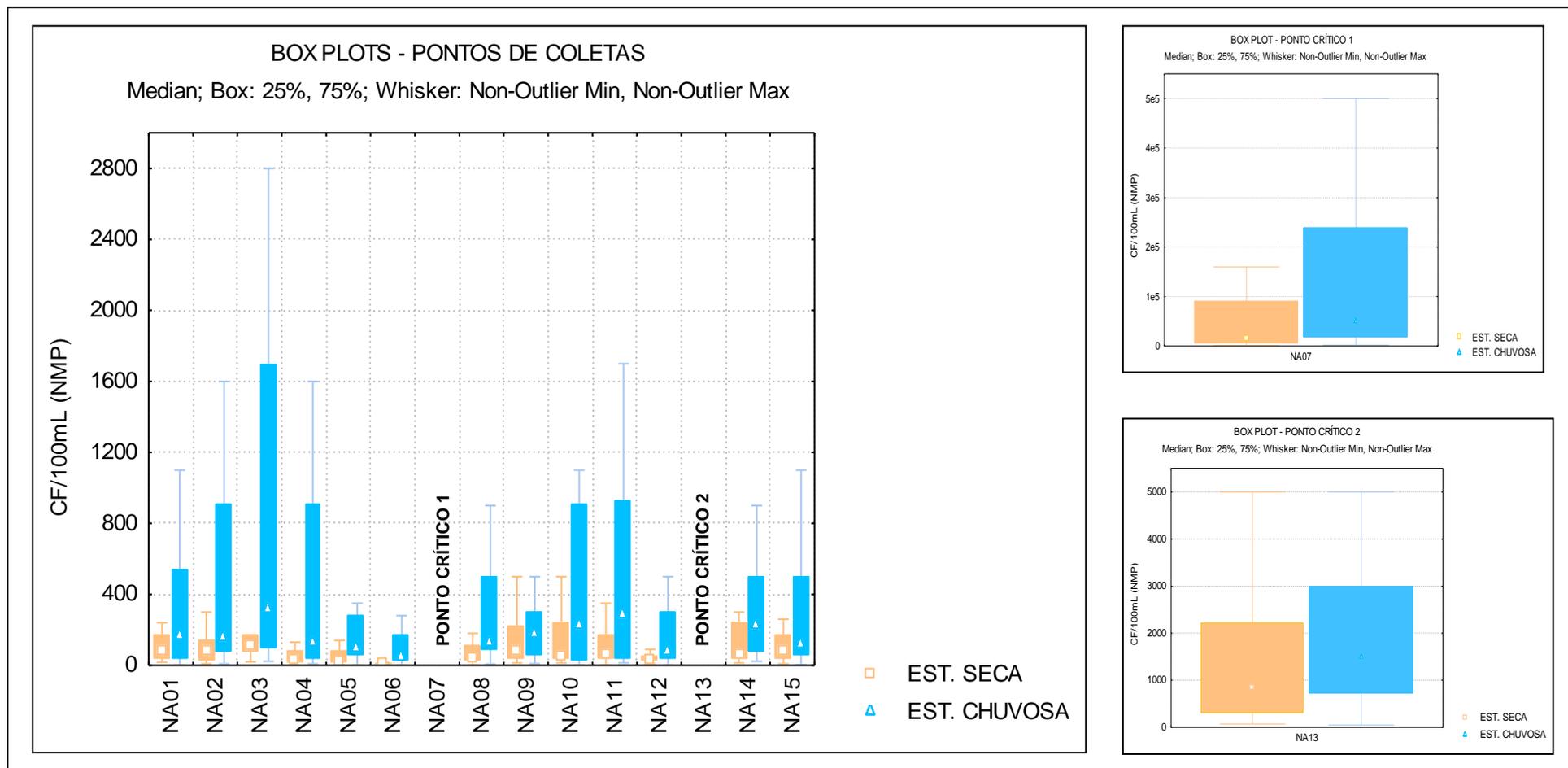


FIGURA 4.5: Box Plots para as 15 estações de monitoramento.

No caso específico da praia de Ponta Negra que apresentou índices de impropriedade nos quatro pontos amostrados (NA-01 a NA-04), valores acima de 1000 CF/100 ml (entre os meses de março a agosto), provavelmente estão associados com falhas no sistema de coleta de esgotos. Vale salientar que durante o ano de 2005, vários foram os casos de sobrecarga na rede coletora que causaram extravasamento de esgoto a partir dos poços de visita para as praias (Figura 4.6).



Figura 4.6: Extravasamento de esgoto nas galerias pluviais ao longo da praia de Ponta Negra (Fotos registradas no dia 14/06/2005).

4.3 CORRELAÇÃO ENTRE NMP DE COLIFORME TERMOTOLERANTE E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

As correlações entre os valores de coliformes termotolerantes, para os 15 (quinze) pontos de monitoramento, com a pluviosidade, para as duas estações sazonais durante o ano de 2005, são mostradas na Tabela 4.3. Nota-se que existem relações positivas e significativas que podem influenciar na balneabilidade das praias em estudos, principalmente em épocas de maior precipitação (estação chuvosa).

TABELA 4.3: Coeficiente de Correlação (n=26) entre os valores de coliformes termotolerantes e a precipitação pluviométrica para os 15 pontos de monitoramento.

	NA01	NA02	NA03	NA04	NA05	NA06	NA07	NA08	NA09	NA10	NA11	NA12	NA13	NA14	NA15
P.S.	-0,23	0,17	0,25	-0,23	0,27	0,36	0,02	-0,12	0,28	0,64**	-0,06	0,56	-0,11	-0,08	0,15
P.C.	0,29	0,26	0,13	0,53*	0,35	0,05	0,59**	0,43*	0,29	0,46*	0,22	0,15	0,48	-0,03	0,47*

*Variações significativas ($p < 0,05$); ** Variações altamente significativas ($p < 0,001$); P.S. = Precipitação pluviométrica na estação seca; P.C. = Precipitação pluviométrica na estação chuvosa. OBS: Unidades utilizadas – Coliformes termotolerante (NMP/100mL), Precipitação pluviométrica (mm).

Os pontos NA – 04 (Ponta Negra/ Final do calçadão), NA – 07 (Mãe Luíza), NA – 08 (Miami), NA – 10 (Artistas) e NA – 15 (Redinha/ Barracas) apresentaram as mais significativas correlações para o período chuvoso. Observa-se que tais pontos estão associados com proximidade à galerias pluviais que sofrem constantes problemas de extravasamento de esgoto doméstico proveniente de ligação clandestina (Figura 4.7).



FIGURA 4.7: Detalhe para o flagrante de uma ligação clandestina de águas servidas à rede coletora pluvial localizada em frente ao ponto NA-04 (Ponta Negra/ Final do Calçadão).

Também merece destaque o ponto NA – 13 (Redinha/ Rio Potengi), que apresentou correlação negativa para a estação seca e positiva para a chuvosa (embora não significativas). Tais valores apontam para a hipótese de que a maior fonte de poluição dessa praia durante a

estação seca está associada às águas contaminadas do próprio Rio Potengi, fato que não se observa no período chuvoso devido à diluição de suas águas.

4.3.1 Evolução da qualificação semanal segundo as condições climáticas

Analisando a Tabela 4.4, adiante, observou-se que as variações espaciais e temporais da concentração de coliformes fecais, estiveram associadas às variações climáticas.

Na praia da Via Costeira/ Barreira D'água (NA – 06), durante o período de monitoramento, não foi registrado, em nenhuma semana, a categoria de IMPRÓPRIA, Observou-se que apenas uma amostra apresentou concentrações acima de 250 NMP/100m, no mês de abril, predominando a condição EXCELENTE de balneabilidade.

As praias de Ponta Negra/ Morro do Careca, Ponta Negra/ Final do calçadão, Via Costeira/ Cacimba do Boi, Areia Preta/ Praça das Jangadas e Forte (NA – 01, NA – 04, NA – 05, NA – 09 e NA – 12) predominaram nas categorias EXCELENTE E MUITO BOA durante as estações de estiagem. As pequenas oscilações coincidiram com o período de chuvas.

As praias de Ponta Negra/ Acesso principal e Redinha/ Barracas (NA – 02 e NA – 15) sofreram alteração na qualidade da água ao longo do ano de 2005. Os valores, que eram muito baixos (oscilando entre as categorias EXCELENTE, MUITO BOA e SATISFATÓRIA), elevaram-se em algumas semanas dos meses de abril, maio, junho e julho, provavelmente, por carreamento de material orgânico no escoamento de água das chuvas.

As praias de Ponta Negra/ Free Willy, Miami, Artistas, Do Meio e Redinha/ Igreja (NA – 03, NA – 08, NA – 10, NA – 11 e NA – 14) enquadraram-se nas categorias EXCELENTE, MUITO BOA, SATISFATÓRIA, tornando-se PRÓPRIAS para o banho, durante os períodos das estações secas, com exceção de alguns picos com concentração de coliformes fecais acima de 1.000 NMP/100ml. No período de chuvoso, foram registradas algumas ocorrências de condições IMPRÓPRIAS.

A praia da Redinha/ Rio Potengi (NA – 13) apresentou alterações na sua classificação semanal, com maior frequência de semanas na condição de IMPRÓPRIA ao banho.

A praia de Mãe Luiza (NA – 07), durante toda a pesquisa, manteve elevados índices de contaminação. Semanalmente classificou-se como IMPRÓPRIA à recreação de contato primário, ao longo de todo ano de 2005.

Numa visão geral dos dados, observou-se que em dias com alta incidência de chuvas, coincidindo e/ou antecedendo as coletas de amostras, o resultado número mais provável de coliformes fecais apresentou-se elevado em relação aos dias com baixa incidência de chuva. Ou seja, a maior vazão de água nas tubulações de drenagem pluvial possivelmente provocou arraste de material orgânico depositado em seu interior e, conseqüentemente, o envio para as praias.

Diversos autores têm demonstrado que a concentração de coliformes fecais tem relação direta com as influências ambientais e antrópicas. Frequentemente são registrados em corpos d'água a elevação de bactérias indicadoras de contaminação fecal com o aumento da pluviosidade.

Tal como neste trabalho, alterações da qualidade bacteriológica nas águas das praias do lago Michigan, na América do Norte, e do lago Burley Griffin, na Austrália foram observados por Geldreich (1977), devido ao escoamento superficial, provocado por precipitações intermitentes. Da mesma forma, no litoral do estado de São Paulo também atestam a influência da precipitação pluviométrica nas condições de balneabilidade das praias, registrando episódios críticos de poluição fecal nas águas do mar (CETESB 1994, 1997).

Em trabalho desenvolvido na praia de Cruz das Almas, litoral norte da cidade de Maceió-AL, também se constatou acentuado aumento na concentração de coliformes fecais, em período de maior precipitação pluviométrica (SANTOS e REIS, 1998).

Resultados de um estudo sobre a influencia das galerias pluviais na poluição das praias no litoral leste de Natal-RN concluíram que tais galerias contribuíram significativamente para o elevado índice de poluição na água do mar (CARDONHA, 2004).

Convém ressaltar que para o período correspondente ao verão bem como ao maior fluxo de banhistas, coincidindo com férias escolares (período de alta estação), não foram evidenciadas alterações na qualidade sanitária nas praias Natalenses, exceto em Mãe Luíza (NA-07) e Redinha/ Rio Potengi (NA-13). Esse comportamento também foi evidenciado por MOROSINE (2004) em algumas praias do litoral paraibano, como é o caso da Praia de Manaíra. Por outro lado, em estudo realizado no litoral do Paraná, nas praias de Caiobá, Matinhos, Leste, Betaras, e Guaratuba e nas praias paulistas (REINHARDT, 1984) aconteceu o oposto: as maiores alterações na concentração de coliformes fecais aconteceram na estação quente, o que foi justificado pelo elevado fluxo turístico.

Estudos realizados pela CETESB (1991, 1994 e 1997) informam que, no período de dezembro a fevereiro, correspondendo ao verão e, também, de maior aporte de banhistas, ocorreu aumento na concentração de coliformes fecais na maioria das praias paulistas, coincidindo, portanto, com os resultados de Reinhardt (1984).

4.4 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE

Apurando as condições das águas salinas destinadas à recreação, foi possível constatar que as praias urbanas do Município de Natal-RN, de forma geral, possuem boa qualidade ambiental: 66,7% das praias situaram-se na classe PRÓPRIA para banho em mais de 90% das semanas analisadas, e apenas 20% foram IMPRÓPRIAS para essa finalidade em mais de 20% do período amostrado.

A partir da distribuição percentual das condições de balneabilidade de cada um dos pontos monitorados, ilustrada na Figura 4.8 a seguir, mereceu destaque a praia da Via Costeira/ Barreira D'água (NA – 06) por apresentar melhor qualidade, permanecendo PRÓPRIA durante todo ano, além de manter-se na subcategoria EXCELENTE em 98,1% do período estudado. Essa privilegiada situação pode ser associada à localização da área pouco urbanizada e sem lançamento de esgotos nas proximidades, apresentando baixa densidade demográfica e grande extensão territorial.

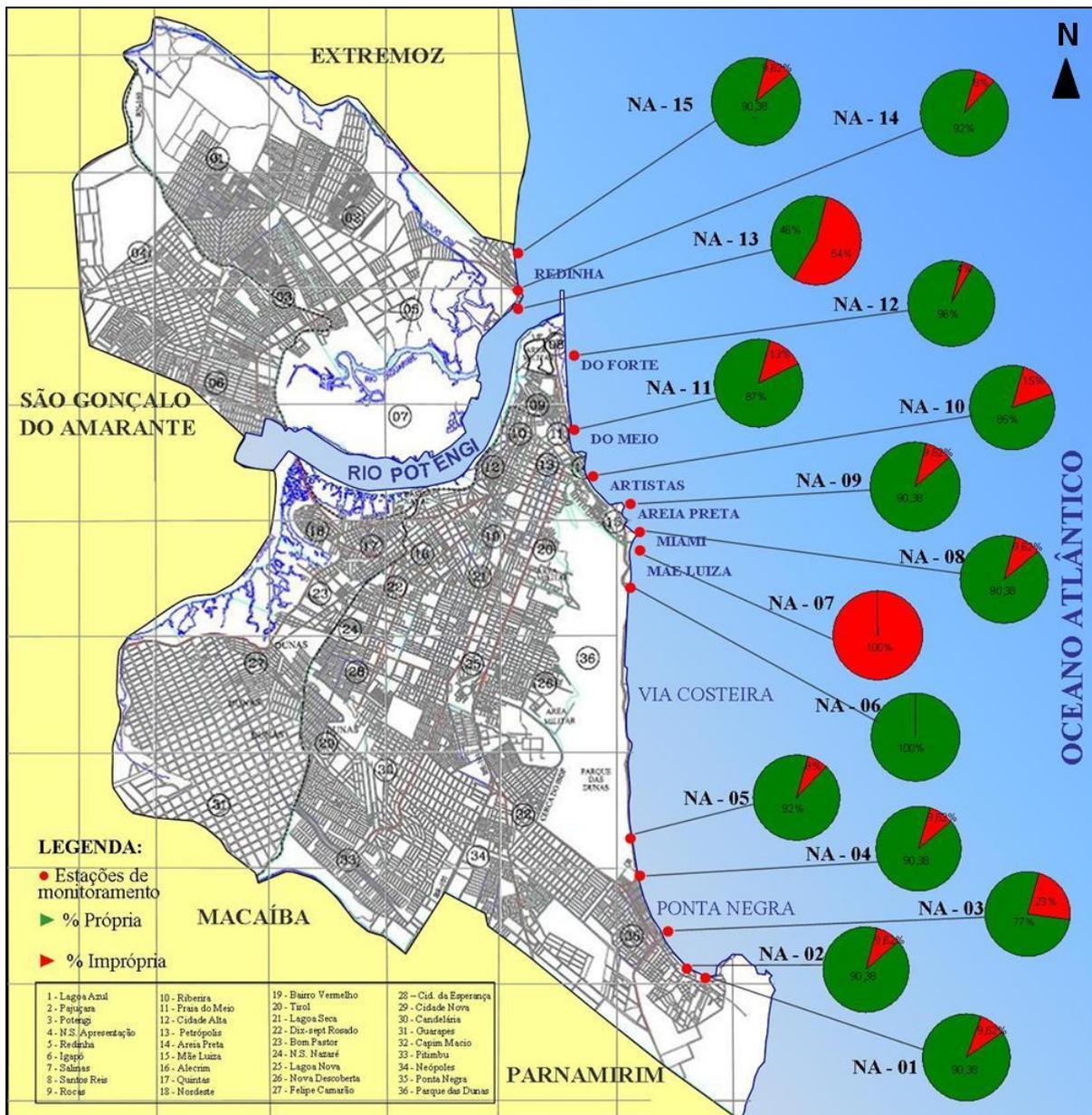


FIGURA 4.8: Distribuição percentual das categorias Própria e Imprópria nas praias urbanas do município de Natal-RN durante ano de 2005.

As praias de Ponta Negra/ Morro do Careca (NA – 01), Ponta Negra/ Acesso Principal (NA – 02), Ponta Negra/ Final do Calçadão (NA – 04), Via Costeira/ Cacimba do Boi (NA – 05), Miami/ Relógio Solar (NA – 08), Areia Preta/ Praça das Jangadas (NA – 09), Forte (NA – 12), Redinha/ Igreja (NA – 14) e Redinha/ Barracas (NA – 15) estiveram impróprias em um período correspondente a menos de 10% do ano. Tais condições de balneabilidade desfavoráveis ocorreram principalmente no período compreendido entre os meses de março a julho, coincidindo com a estação chuvosa na região. As concentrações máximas, nesse período chegaram a 5×10^3 NMP/100ml de coliformes fecais na Praia de Areia Preta (NA – 09) e 30×10^3 NMP/100ml em Ponta Negra/ Final do Calçadão (NA – 04).

Nos períodos de estiagem, as análises revelaram baixas concentrações de coliformes fecais nessas praias. Em sua grande maioria, os valores não ultrapassaram 500 NMP/100ml. Os valores máximos foram 920 NMP/100ml em Ponta Negra/ Acesso Principal (NA – 02) e Redinha/ Barracas (NA – 15) e 900/100ml em Redinha/ Igreja. Os demais resultados nunca conferiram a esses balneários condições de impropriedade no período mencionado, exceto as concentrações de 3000 NMP/100ml (em 15/09/05) e 1100 NMP/100ml (em 03/01/05) nos pontos NA – 08 e NA – 14, respectivamente.

Outras praias como Ponta Negra/ Free Willy (NA – 03), Artistas (NA – 10) e do Meio (NA – 11) mostraram-se IMPRÓPRIAS em intervalos de tempo superiores a um décimo do período monitorado: 23%, 15% e 13%, respectivamente.

A análise dos resultados nestas praias permitiu observar que os números mais prováveis de coliformes fecais apresentaram uma variação muito grande, chegando-se a registrar valores desde 2×10^1 a 9×10^3 NMP/100ml (Praia de Ponta Negra/ Free Willy), 2 a $1,6 \times 10^4$ NMP/100ml (Praia dos Artistas) e 2 a 9×10^3 NMP/100ml (Praia do Meio). Observou-se que, em média, 84% dessas ocorrências estão associadas à época de maior pluviosidade.

A constatação de violações do sistema público de drenagem pluvial reforça a hipótese de provável responsável pelo registro de quantidades expressivas de coliformes fecais nestas praias, tornando-as IMPRÓPRIAS e oferecendo alto risco à saúde dos banhistas.

As praias da Redinha/ Rio Potengi (NA – 13) e Mãe Luíza (NA – 07) destacaram-se como as praias de piores condições ambientais, tendo a primeira se caracterizado como IMPRÓPRIA em mais de 50% do ano de 2005 e a última, considerada com situação mais crítica, em 100% do período analisado.

A praia da Redinha/ Rio Potengi (NA – 13) é uma praia fluvial que esta localizada no estuário do Rio Potengi, o qual recebe grande aporte dos dejetos domésticos e industriais dos municípios que compõem a região da grande Natal. Registraram-se, para essa praia, valores entre 50 e 9×10^4 NMP/100ml, destacando-se a enorme faixa de variação dos resultados. Os valores máximos concentraram-se nos meses de maio e junho, coincidindo com o período de maior ocorrência de pluviosidade na região litorânea.

Fazendo comparação com estudo realizado por Araújo *et al* (2005) na Região Metropolitana de Natal, as praias do Balneário do Rio Pium, no Município de Parnamirim, também apresentaram más condições sanitárias, sugerindo uma forte contribuição das águas deste rio na poluição destas praias oceânicas. Quanto a outras regiões, observou-se que no litoral norte da Paraíba, na praia do Jacaré, balneário fluvial, registraram concentrações

elevadas com valores de até 21.659 UFC/100ml de coliformes fecais, devido ao aporte de esgotos domésticos lançados nessa praia (MOROSINE , 2004).

Nas praias de Fortaleza, Ceará, estudos realizados por Mota e Ribeiro Filho (1975), mediante a determinação do NMP de bactérias coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos em 110 amostras de água do mar, no trecho compreendido entre a barra do Rio Cocó até a barra do Rio Ceará, verificaram que grande parte do mesmo apresentava águas com péssimas condições sanitárias.

Quanto à praia de Mãe Luíza (NA – 07), esta apresentou uma variação muito grande nos índices de coliformes fecais, registrando-se valores que variaram de $1,6 \times 10^3$ a 5×10^5 NMP/ 100ml. As concentrações máximas chegaram a 3×10^5 NMP/100ml (em abril), $2,4 \times 10^5$ NMP/100ml (em maio) e 5×10^5 NMP/100ml (em junho). Apontou-se, como causa principal da alta incidência de coliformes, o lançamento de esgoto diretamente no mar proveniente do bairro de Mãe Luíza, através de uma galeria pluvial conforme ilustrado na Figura 4.9. Essa galeria, notadamente na rede pluvial do bairro de Mãe Luíza, apresenta ligações clandestinas de esgotos, embora a área disponha de rede coletora.



FIGURA 4.9: Galeria pluvial localizada no bairro de Mãe Luíza, com destaque para o lançamento de efluente doméstico na praia.

A praia de Mãe Luíza pode, ser comparada com a praia de Manaíra, na Paraíba e com a praia de Ipanema, no Rio de Janeiro, que recebem contribuições desse tipo de canais. Morosine (2004) e Britto *et al.* (1996), respectivamente, evidenciaram visível prejuízo na qualidade das águas na zona de balneabilidade dessas praias pela presença de canais e galerias afluentes à linha de costa.

A tabela 4.5 dá um uma idéia do grau de poluição fecal das Praias NA – 13 e NA – 07 (Redinha/ Rio Potengi e Mãe Luíza, respectivamente) em comparação com outras zonas

costeiras e rios brasileiros, mostrando assim que os resultados obtidos não diferem muito dos valores de outras regiões poluídas do Brasil.

TABELA 4.5: Concentrações de coliformes termotolerantes em algumas zonas costeiras e cursos de águas brasileiras e nas duas praias que apresentaram situação sanitária mais crítica em todo o estudo (NA – 13 e NA – 07).

Localidade	NMP/100mL	Referência
Guaratuba (PR)	136 – 10800	SURHEMA, 1977 (<i>apud</i> DIAS, 1995).
Caioba (PR)	82 – 1840000	SURHEMA, 1977 (<i>apud</i> DIAS, 1995).
Baía de Santos (SP)	50 – 1580	CETESB, 1978.
Estuário de Santos (SP)	1000 – 5010	CETESB, 1978.
Saco das Mangueiras (RS)	0 – 10700	COSTA <i>et al</i> , 1992.
Canal do Norte (RS)	70 – 3400	COSTA <i>et al</i> , 1992.
Praia do Boqueirão (Santos)	300 – 500000	CETESB, 1987.
Praia do Bispo (PA)	730 – 930000	DIAS, 1995.
Praia Grande (PA)	360 – 210000	DIAS, 1995.
Praia do Farol (PA)	910 – 210000	DIAS, 1995.
Praia do Chapéu Virado (PA)	730 – 21000	DIAS, 1995.
Praia do Murubira, (PA)	750 – 15000	DIAS, 1995.
Praia do Paraíso, (PA)	150 – 2400	DIAS, 1995.
Praia da Redinha (RN)	50 – 90000	Presente trabalho.
Praia de Mãe Luíza (RN)	1600 – 500000	Presente trabalho.

4.5 EVOLUÇÃO DA BALNEABILIDADE

Com intuito de se determinar, de uma maneira mais clara, a tendência da qualidade das praias, a CETESB desenvolveu, com base nos dados obtidos através do monitoramento semanal das praias paulistas, a Qualificação Anual, consistindo na síntese da distribuição das classificações obtidas pelas praias ao longo das 52 semanas do ano. A Qualificação Anual expressa não apenas a qualidade mais recente apresentada pelas praias, mas também a qualidade apresentada com maior constância ao longo do tempo. Assim, de acordo com a CETESB (2005), a Qualificação Anual é especificada da seguinte forma:

- Ótima – para praias classificadas como EXCELENTES em 100% do tempo;
- Boa – para praias classificadas como PRÓPRIAS em 100% do tempo, exceto as classificadas como EXCELENTES em 100% do tempo;
- Regular – para praias classificadas como IMPRÓPRIAS em percentagem de tempo inferior a 50%;
- Má – para praias classificadas como IMPRÓPRIAS em percentagem de tempo igual ou superior a 50%.

Nesse sentido, será ilustrada a seguir, através da Figura 4.10, inserida em formato de gráfico de pizza, a caracterização das condições de balneabilidade no município de Natal-RN referente ao período compreendido entre os anos de 2004 – ano de início dos estudos de balneabilidade nesta região, pelo Programa Água-Viva – e 2005.

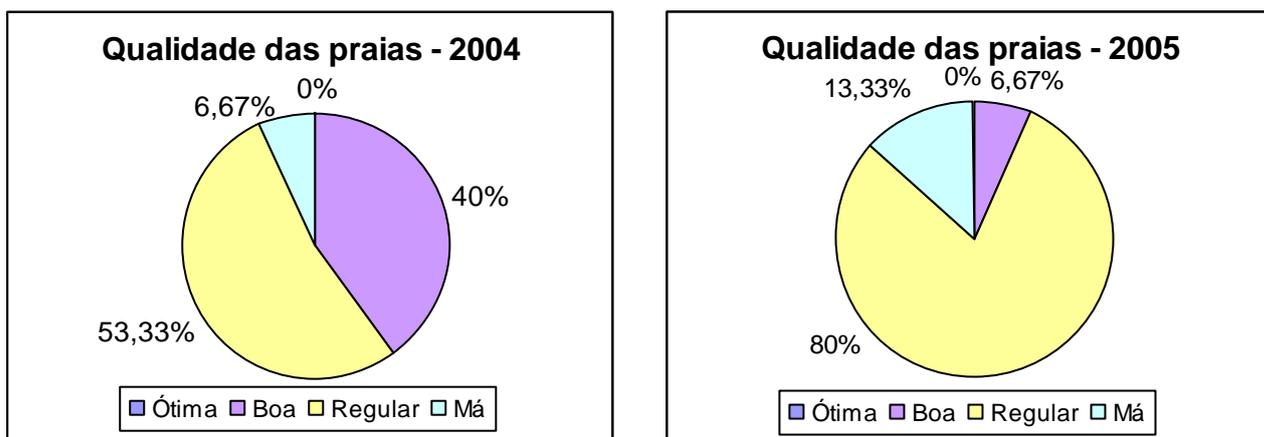


FIGURA 4.10: Classificação Anual das praias urbanas monitoradas no Município de Natal-RN.

Pode-se constatar que a maioria das praias da Região, 53,33%, foi considerada como de qualidade regular no ano de 2004, e que houve uma considerável piora em 2005, quando a

categoria regular subiu para 80% e a categoria boa abaixou de 40% para 6,67%. Quanto à fração que representa a categoria má, esta sofreu um aumento de aproximadamente 200%, de 2004 para 2005, concorrendo, também, para a piora na Classificação Anual das Praias de Natal-RN.

Apesar do comprometimento em relação à balneabilidade verificado a partir dos critérios da classificação anual, as praias natalenses podem ser consideradas praias como de boas condições ambientais. A Figura 4.11, a seguir, apresenta a comparação dos valores médios (média geométrica) encontrados em cada estação, durante os anos de 2004 e 2005.

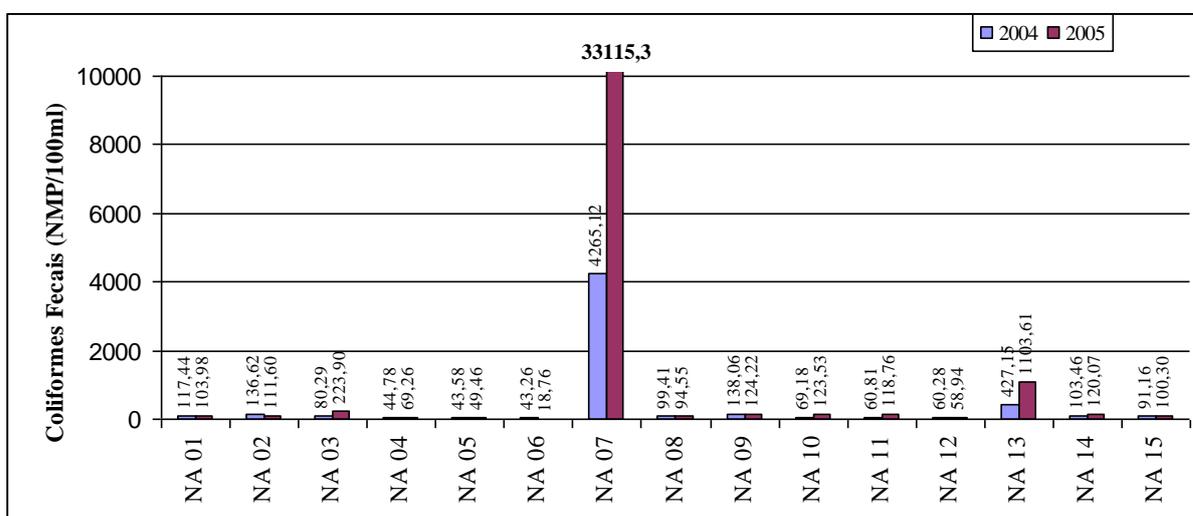


FIGURA 4.11: Comparação das médias geométricas de coliformes fecais encontradas nas 15 estações monitoradas no Município de Natal-RN nos anos de 2004 e 2005.

No conjunto, as análises efetuadas nas praias do município estudado, definem uma quantidade média (geométrica) de coliformes fecais de apenas 112 e 156 coliformes fecais/100ml por análise, para os anos de 2004 e 2005 respectivamente. Esses dados colocam a capital potiguar, entre as praias de grandes centros urbanos com melhores condições de balneabilidade.

4.6 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SANITÁRIA DAS AREIAS

Na análise dos resultados obtidos para as areias nos cinco pontos de monitoramento selecionados, não foi detectada a presença de coliformes fecais em nenhuma das amostras de areias coletadas nas praias de Ponta Negra/Free Willy (NA – 03), Areia Preta/ Jangadas (NA – 09) e Forte (NA – 12).

Amostras de areia colhidas nas praias NA – 07 (Mãe Luíza) e NA – 13 (Redinha/ Rio Potengi) apresentaram alguns resultados positivos quanto à presença de coliformes fecais. No

entanto, não foi detectada presença de coliformes fecais em nenhuma amostra de areia seca, o que parece indicar que não existem outras fontes de contaminação das areias além da própria água do mar, ou seja, na areia úmida a presença de contaminação pode está associada à contaminação da água do mar.

Os níveis de colimetria da areia úmida da Praia de Mãe Luíza (NA – 07) foram bem superiores aos obtidos na Praia da Redinha/ Rio Potengi (NA – 13).

No tratamento estatístico dessas concentrações, foi utilizado o coeficiente de Pearson, para correlacionar os valores obtidos na areia úmida com os obtidos na água do mar, para o indicador citado. O intuito dessas análises foi verificar se a contaminação observada na areia podia ser causada pela água do mar.

A análise acima descrita foi realizada a partir da transformação logarítmica (Figura 4.12) dos valores. O nível descrito dos testes foi indicado por “p”, sendo os resultados considerados estatisticamente significantes quando $p < 5\%$.

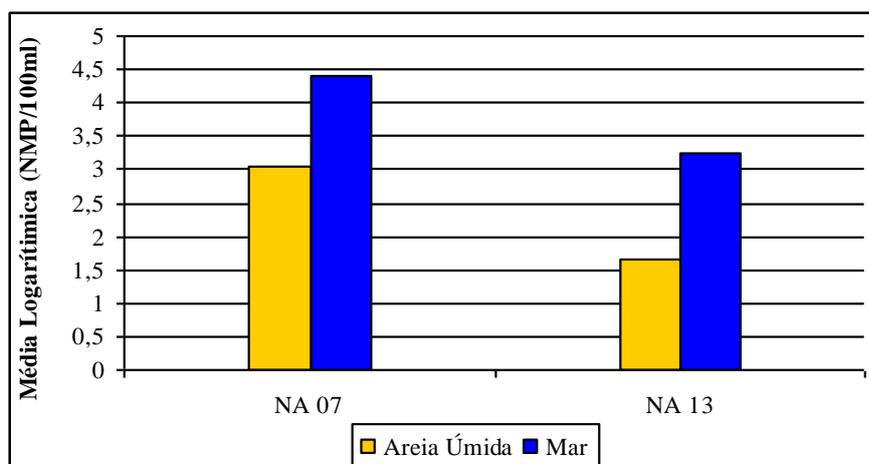


FIGURA 4.12: Média logarítmica para as concentração de coliformes fecais encontradas na areia úmida e na água do mar para os pontos NA 07 e NA 13.

Não foi detectada correlação entre a areia úmida e a água do mar para estes pontos ($p = 0,27$ e $0,15$, respectivamente). No entanto, tais resultados podem ter sofrido influência do pequeno universo amostral utilizado na pesquisa, uma vez que se observa que há uma tendência de correlação entre essas variáveis.

Correlações observadas pela Associação da Bandeira Azul da Europa (2001), em um estudo realizado pelo Instituto do Ambiente (IA) e o Instituto Nacional de Saúde (INSA) concluíram que para a monitorização da qualidade microbiológica das areias das praias é

suficiente a análise da areia seca. Segundo a pesquisa, a água já fornece informação que pode dispensar a análise da areia molhada, visto que foi demonstrada uma correlação significativa entre estas duas variáveis.

Além da amostragem insuficiente, a metodologia empregada na quantificação de coliformes fecais na areia, considerando que não existem padrões sanitários, nem critérios oficiais regularmente estabelecidos, também concorre para possíveis falhas nos resultados encontrados.

5 CONCLUSÕES

Tendo em vista a análise e a discussão dos resultados obtidos através dos dados de colimetria gerados durante as 52 (cinquenta e duas) semanas em que foi feito o monitoramento das praias urbanas de Natal-RN, pode-se concluir que:

1) Ocorreu variação sazonal na qualidade ambiental das praias, destacando-se, no âmbito geral, as melhores condições de balneabilidade nos períodos de baixa precipitação pluviométrica;

2) Houve uma predominância de pontos que apresentaram praias com qualidade PRÓPRIA para recreação de contato primário em pelo menos 89% das amostras coletadas na estação seca e 71%, na chuvosa;

3) A praia da Via Costeira/ Cacimba do Boi (NA – 06) foi classificada como EXCELENTE para balneabilidade, cuja causa está relacionada a fatores inerentes à região: baixa densidade demográfica, área pouco povoada e grande extensão territorial;

4) A praia da Redinha/ Rio Potengi (NA – 13) foi a segunda pior praia em termos de contaminação com coliformes fecais, provocada pela própria água do Rio Potengi, com grande aporte dos dejetos domésticos e industriais dos municípios que compõem a região da grande Natal;

5) A praia de Mãe Luiza (NA-07) permaneceu imprópria à balneabilidade em todo o período de monitoramento, sendo cotada como a de pior qualidade sanitária/ambiental, por ter na afluência de esgoto doméstico advindo de galeria pluvial, sua principal fonte de contaminação;

6) Nos meses de maior frequência de banhistas (janeiro, fevereiro e dezembro de 2005), não se registraram alterações significativas na qualidade da balneabilidade;

7) Em 2005, foi diminuída a porcentagem de tempo em que as praias classificaram-se como PRÓPRIAS para o banho, aumentando a frequência de tempo com qualidade IMPRÓPRIA, em relação a 2004;

8) Não foi detectada presença de coliformes fecais em nenhuma amostra de areia seca, nos pontos monitorados em 2005;

9) Nas amostras de areias úmidas foi constatada uma forte influência da contaminação da água do mar nas duas praias de pior condição sanitária (Mãe Luiza e Redinha/ Rio Potengi);

10) As condições de mar-aberto e o padrão de onda/correntes costeiras favorecem a diluição das águas eventualmente contaminadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, art. 225, Constituição Federal de 1988) ;

Considerando que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas (art. 23, VI da CF/88);

Considerando o disposto na Legislação municipal que fixa as diretrizes e as estratégias do Plano Diretor do Município de Natal, e alterações;

Considerando que a ocupação urbana já resultou em degradação ambiental em Natal, e é responsável pelos focos de poluição nas praias por esgotos domésticos, com risco de enormes prejuízos também financeiros (patrimônio turístico-econômico e saúde pública);

Considerando a necessidade de fazer cessar as irregularidades e cumprir os mandamentos legais, como forma de concretizar a preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado determinada pela legislação em vigor;

O presente trabalho recomenda aos órgãos ambientais competentes algumas ações corretivas e preventivas necessárias à manutenção da integridade sanitária do Litoral Potiguar:

- selecionar as edificações com grande volume de despejos, verificando suas condições de destino final, para definir as providências a serem tomadas em cada caso;
- exercer, rigorosamente, uma fiscalização com relação às ligações clandestinas;
- disciplinar e orientar o crescimento horizontal e vertical. As grandes edificações construídas à beira da praia, com elevada concentração de habitantes em pequena área e, conseqüentemente, com grande volume de despejos, não dispõem normalmente de condições para solucionar o problema do destino final dos esgotos, como é feito em residências unifamiliares através de fossas. O terreno disponível é insuficiente para absorver toda essa contribuição de despejos. Assim, o destino final dos esgotos dessas edificações acaba tendo o lançamento direto ao mar ou galerias de águas pluviais e cursos d'água, que também terminam nas praias;
- exigir a adoção de medidas corretivas, visando ao adequado tratamento primário dos esgotos domésticos, nas fontes de emissão;

- adotar medidas preventivas mediante a utilização de normas técnicas para a elaboração e análise de novos projetos de edifícios coletivos.

Considerando-se, ainda, as diversas variáveis intervenientes na balneabilidade das praias e sua relação com a possibilidade de riscos à saúde dos frequentadores, é recomendável, pela CETESB (1998):

- Evitar o banho nas praias que forem classificadas como impróprias;
- Evitar o uso dos cursos d'água que afluem às praias;
- Evitar o uso das praias que recebem corpos d'água cuja qualidade é desconhecida, após a ocorrência de chuvas de maior intensidade;
- Evitar a ingestão de água do mar, com redobrada atenção para as crianças e idosos, que são mais sensíveis e menos imunes do que os adultos;
- Não levar animais à praia.

REFERÊNCIA

- ACQUA-PLAN. **Avaliação das possibilidades de infiltração de efluentes domésticos do aquífero dunar na área de Natal-RN.** Natal – CAERN, 1988;
- AFONSO, C. M.. **Uso e Ocupação do solo na zona costeira do Estado de São Paulo: uma análise ambiental.** São Paulo: FAPESP, 1999.
- AISSE, M. M.. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários.** Rio de Janeiro: ABES, 2000.
- ALM, E. W.; BURKE, J.; SPAIN, A.. Fecal indicator bacteria are abundant in wet sand at freshwater beaches. **Water Research**, v. 37, p. 3978-3982, 2003.
- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association, Water Environment Federation. **Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater Analysis.** 20 ed. Washington, D.C., American Public Health Association, 1998.
- ARAÚJO, A. L. C.; FONSECA, A.L.; MELO, L. E. L.; VALE, M. B.; DINIZ, R. F.. **A balneabilidade das praias do Rio Grande do Norte.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES, 54, 2005, Campo Grande. Anais... Campo Grande, 2005.
- ARTE-ARQUITETURA LTDA/ CEJEN ENGENHARIA LTDA. **EIA da segunda Ponte sobre o Estuário do Rio Potengi.** 1999;
- ASSOCIAÇÃO BANDEIRA AZUL DA EUROPA (ABAE). **Areia limpa, praia saudável.** Disponível em <<http://www.abae.pt>>. Acesso em: 24 jun. 2005.
- AURELIANO, J. T.. **Balneabilidade das praias do Estado de Pernambuco. O núcleo da Região Metropolitana do Recife.** Dissertação (Mestrado em Gestões Políticas e Ambientais) – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife, 2000.
- AYOADE J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Trad. Maria Juraci Zani dos Santos. 1. a. ed. São Paulo: DIFEL, Difusão Editorial AS, 1986.
- BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil.* Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL Ministério da Saúde. **Manual de saneamento.** 3 ed. Brasília: FUNASA, 2001.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil. **Folha SB. 24/25 Jaguaribe/Natal:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/PNMA. **Avaliação das normas legais aplicáveis ao gerenciamento costeiro.** Brasília, 1998.
- BRITTO, E. R; JORDÃO, E. P; MACHADO, O. F; LEITÃO, J. R. **Vinte anos de operação do emissário submarino de esgotos sanitários de Ipanema.** In: CONGRESSO

INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA e AMBIENTAL-AIDIS, 25, 1996, México. Anais... México: CEDAE/SOSP/ENGENTEC-UFRJ:1996.

BRUNONI, N.. A tutela das águas pelo município. In: FREITAS, Vladimir Passos de (Coord.). **Águas: aspectos jurídicos e ambientais**. Curitiba: Juruá, 2000. p. 77-102.

CABELLI, V.J.. DUFOUR, A.P., McCABE D.J. E LEVIN M.A. **A marine recreational water quality criterion consistent with indicator concepts and risk analysis**. Journal Pollution Control Federation, 1983.

CALIXTO, R. J.. **Poluição Marinha: origens e gestão**. Brasília: Ambiental, 2000.

CARDONHA, A. M. S.. **Galerias pluviais como vetor de poluição das praias da cidade de natal, RN - Isolamento de Escherichia coli enteropatogênica (EPEC) e enteroinvasora (EIEC)**. Tese (Doutorado em Saude Publica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2004.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL DE SÃO PAULO (CETESB). **Normalização Técnica NT-07 Análise Físico-Química de Águas**. São Paulo, 1978.

_____. **Balneabilidade das praias paulistas**. São Paulo, 1987.

_____. **Relatório de Balneabilidade das praias paulistas**. São Paulo, 1991.

_____. **Relatório de Balneabilidade das praias paulistas**. São Paulo, 1994.

_____. **Relatório de Balneabilidade das praias paulistas**. São Paulo, 1997.

_____. **Relatório de Balneabilidade das praias paulistas**. São Paulo, 1998.

_____. **Evolução da qualidade das praias**. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/evolucao.asp>>. Acesso em: 19 nov. 2005.

CIDRAL JÚNIOR, J.. **Estudo da balneabilidade na Praia dos Ingleses, município de São Francisco do Sul**. 1994. Monografia (Especialização em Geografia, Universidade do Vale do Itajaí). Itajaí, 1994.

CLARK, J. R.. **Coastal zone management handbook**. CRC Press, Inc., Florida, 1996.

COMISSÃO MUNDIAL INDEPENDENTE SOBRE OS OCEANOS. **O Oceano - Nosso Futuro**. Relatório Final da Comissão Mundial Independente sobre os Oceanos. Cambridge University Press. Versão brasileira: Editora Interciência. Ltda. Rio de Janeiro, 1998.

COMISSÃO NACIONAL INDEPENDENTE SOBRE OS OCEANOS – **Relatório aos tomadores de decisão do País. Rio de Janeiro: Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos**, 1998.

CONAMA, 2000. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Brasília-DF (Brasil), Conselho Nacional de Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente.

CÓRDOVA, R. N.. **Planejando o gerenciamento costeiro integrado aos instrumentos de gestão de recursos hídricos: estudo de caso da Microbacia de Porto Belo/Município de Porto Belo – SC – Brasil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2001.

COSTA, W. J. P. & ROBRINI, M.. **Evolução Morfo Estrutural de uma ilha estuarina: Ilha do Mosqueiro. Baía do Marjó.** Norte-Brasil. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Belém, 1992. Anais ... Belém, UFPA/PROPEPS: 1992.

CUNHA, E. M. S.. **Evolução atual do litoral de Natal – RN (Brasil) e suas aplicações a gestão integrada.** Tese (Doutorado em Ciências do Mar) – Facultat de Biologia - Universitat de Barcelona. Barcelona, 2004.

DIAS, L.M.M.. **Balneabilidade das praias estuarinas da Ilha de Mosqueiro (PA): Uma visão geoquímica ambiental.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 1995.

DIÁZ, Jhe. **Zonas litorâneas do mundo em perigo.** Rev Bras Sanea Meio Amb, 2002; 24: 38-39.

DINIZ, R. F. **A Erosão Costeira ao longo do litoral oriental do Rio Grande do Norte: causas, conseqüências e influência nos processos de uso e ocupação da região costeira.** Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal da Bahia. Salvador: 2002.

ENGE SOFT/ GOVERNO DO ESTADO. **EIA do Projeto de infra-estrutura para Urbanização da Praia de Ponta Negra.** 1997;

GARCÍA, Hermínia Valdemoro. **La influencia de la morfodinamica en los usos y recursos costeiro.** 163 f. Tese de Dotourado – Barcelona, 2005.

GALVÃO, M.. **Regiões Bioclimáticas do Brasil.** Separata da Revista Brasileira de Geografia 29, (1): 3-36, jan-mar/67. 1967.

GELDREICH, E. E.. **Microbial indicador of polluiton.** literatura reviiiew. J. Water Pollut. Control Fed. 1977.

GEOCONSUT. **RIMA do Projeto de recuperação da Praia de Areia Preta, Natal – RN.** 2000;

HIDROCONSULT - Consultoria, Estudos e Projetos S.A.. **Estudo do Comportamento hidráulico do estuário e litoral adjacente à foz do Rio Potengi, Natal - Estado do Rio Grande do Norte.** Relatórios Finais, Vol. I e II. 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) - **Censo Demográfico** - Secretaria do Planejamento e Orçamento, 1997.

_____. **Censo Demográfico 2000.** Resultados Preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2001;

_____. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios.** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. – IPT. **Sedimentação atual do rio potengi, RN, em área de instalação do porto.** Relatório final, vol I e II, 1981;

KAY, R. and ALDER, J. 1999. **Coastal planning and management.** Spon Press, 375p.

LIMA, M. S.. **Aspectos geomorfológicos do médio Rio Potengi - RN.** Tese de Mestrado. Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1980.

MABESOONE, J.M.. **Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.** Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, 1972.

MAIA, L.P.. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral.** Tesis (Doctoral Estratigrafia i Paleontologia) – Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. Barcelona, 1998.

MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.. **Climatic control of coastal erosion during a sea-level fall episode.** *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 70 (2): 249,266. 1998.

MARX, K.. **Primeiro Manuscrito: Trabalho Alienado.** In: E. Fromm. *Concepção marxista do homem* (pp. 89-102), Rio de Janeiro: Zahar. 8 ed. 1983.

MEDEIROS, M. M. M.. **Avaliação das ações de saneamento básico desenvolvidas na 1ª administração do município de Bombinhas – SC.** Monografia (Especialização em Vigilância Sanitária) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 1998.

MOROSINE, M. F. M.. **Evolução espaço - temporal nas condições de balneabilidade das praias do litoral do estado da Paraíba.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2004;

MOTA, S.; RIBEIRO FILHO, H.. **Condições de Poluição e Classificação Sanitária das Praias de Fortaleza - Ceara.** In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA, 1975. Anais do VII Congresso da ABES. FORTALEZA.

MOTA, S.. **Introdução à engenharia ambiental.** ABES, 1997. 280 p.

NATAL 2015. **Bases Referenciais para o Planejamento Estratégico da Região Metropolitana do Natal.** Natal: Consórcio Natal 2015, 2000.

NOBLE R.T.; MOORE D.F.; LEECASTERC M.K.; MCGEED C.D.; WEISBERG S.B. **Comparison Of Total Coliform, Fecal Coliform, And Enterococcus Bacterial Indicator Response For Ocean Recreational Water Quality Testing.** Water Research, 2003.

NOGUEIRA, P.. **O cenozóico continental da região de Natal.** Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Peranmbuco. Recife, 1982;

PLUSQUELLEC, A.. **Enumeration of bacterial contamination of bivalves In Monitoring the marine bacterial pollution.** Mar. Pollut. Bull. Vol 14(7). Pp260-263, 1983.

PNUMA: Diagnostico regional sobre las actividades realizadas en tierra que afectan los ambientes marinos, costeros y dulceacuícolas asociados en el Atlantico Sudoccidental Superior. Informes y Estudios del Programa de Mares Regionales del PNUMA. No. 170. PNUMA/Oficina de Coordinación del PAM, 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DO NATAL. Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão estratégica (SEMPPLA) **Plano de Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Norte.** Natal, 1997.

_____. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB). **Natal – Conheça melhor a sua cidade.** Natal, 2003;

_____. Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão estratégica (SEMPPLA). **Mapeando a qualidade de vida em Natal** Natal, 2003;

_____. Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão estratégica (SEMPPLA). **Natal – Diretrizes e estratégias para uma cidade saudável.** Natal, 2004;

_____. Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão Estratégica (SEMPPLA). **Dinâmica e características do mercado de trabalho de Natal/RN: uma contribuição à política municipal de emprego e renda.** Natal, 2005;

REINHARDT. M. N.. **Condições sanitárias e classificação das águas do mar destinadas à balneabilidade de praias do estado do Paraná.** Tese de doutorado. São Paulo: USP, 1984.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura Municipal. Secretaria de Meio Ambiente. **Programa de Monitoramento da qualidade das areias da praia de Copacabana.** Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>>. Acesso em: 02 jul. 2005.

RUFINO, Gilberto D'Ávila. **Droit et aménagement du littoral: étude de droit compare.** Limoges. Tese (Doutorado em Direito Público) – Faculté de Droit et des Sciences Economiques, Universidade de Limoges. França, 1994.

SANTOS, C. R.; REIS, R. S.. **Avaliação do grau de poluição do Riacho Cruz das Almas e suas implicações na balneabilidade da praia.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1998, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do Iguaçu: 1998.

SARDÁ, R and FLUVIÀ, M. 1999. **Tourist development in the Costa Brava (Girona, Spain): a quantifiacation of pressures on the Coastal Enviorionent.** En: Salomons W, Turner K, Lacerda LD, Ramachadran S, (eds.). Perspectives on Integrated Coastal Zone Management, Springer, Berlin, 257-276.

SILVA, F. Q.. Tutela das águas do mar. In: FREITAS, V. P. (Coord.). **Águas: aspectos jurídicos e ambientais.** Curitiba: Juruá, 2000. p. 169-198.

SKINNER, B. J.; TUREKIAN, K. K.. **O Homem e o oceano.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1988.

SPERLING, M.V.. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol.1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** - DESA/UFMG, 1996 . 240 p

SUMMERHAYES, C. P., COUTINHO, P. N., FRANÇA, A. M. C. e ELLIS, J. P.. **The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments off Brazil. Part III - Salvador to Fortaleza, northeastern Brazil.** *Contr. Sedimentology*, 1975.

TC/ BR – TECNOLOGIA E CONSULTORIA BRASILEIRA. **RIMA para execução de derrocagem, guia de correntes e dragagem da boca da barra do estuário do Rio Potengi.** 1996;

TECNOAMBIENTE/ BR Ltda. **Relatório Ambiental do Projeto de proteção e recuperação da praia de Redinha Nova.** 2001.

UNIVERSIDADE DO PORTO. **Projeto Bactérias na Praia/2002.** Disponível em <<http://www.ucv.mct.pt>>. Acesso em: 24 jun. 2005.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R.. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

VILAÇA, J. G. Geologia ambiental costeira da região de Extremoz. Relatório de Graduação. UFRN. Dep. Geologia. Natal, 1985.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **“Our planet, our health”**, report of WHO Commission on Health and Environment. ISBN 9241 1561 483, 1992.

_____. **Health-based monitoring of recreational waters: the feasibility of a new approach (the “Annapolis Protocol”)**. Geneva, World Health Organization (Protection of the Human Environment, Water Sanitation and Health Series, WHO/SDE/WSH.99.1), 1999.

_____. **Health-based monitoring of recreational waters: the feasibility of a new approach.** Geneva, 1999.

_____. A practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programmes. In: WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Monitoring bathing waters.** [S.l.], 2000.

_____. **Coastal and fresh waters.** In: WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for safe recreational water environments. [S.l.], 2003. v. 1.

WRIGHT, L. D. & SHORT, A. D.. **Morphodynamics of beach and surf zone in Australia.** In: *C.R.C. Handbook of coastal processes and erosion.* P.D. Komar (ed.), C.R.C. Press., London, 35-64. 1984.