



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA

Juçara Ramalho de Medeiros

**INFLUÊNCIA DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANGI NA
BALNEABILIDADE DAS PRAIAS DE PIRANGI, NOS MUNICÍPIOS DE
NÍSIA FLORESTA E PARNAMIRIM - RIO GRANDE DO NORTE,
BRASIL**

NATAL
2009

Juçara Ramalho de Medeiros

**INFLUÊNCIA DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANGI NA
BALNEABILIDADE DAS PRAIAS DE PIRANGI, NOS MUNICÍPIOS DE
NÍSIA FLORESTA E PARNAMIRIM - RIO GRANDE DO NORTE,
BRASIL**

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 L. Calado Araújo

Co-orientador: Prof. Dr. Ronaldo F. Diniz

NATAL
2009

JUÇARA RAMALHO DE MEDEIROS

**INFLUÊNCIA DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANGI NA
BALNEABILIDADE DAS PRAIAS DE PIRANGI, NOS MUNICÍPIOS DE
NÍSIA FLORESTA E PARNAMIRIM - RIO GRANDE DO NORTE,
BRASIL**

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

Dr. Luiz Pereira de Brito – Examinador UFRN

Dra. Célia Regina Diniz – Examinador Externo UEPB

Natal, 19 de agosto de 2009.

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Jorge e Juvina.*

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, Senhor da minha vida e razão do meu viver;

Ao meu namorado, *Leonardo Costa Cartaxo*, e a sua mãe *Maria Augusta*, pela compreensão e ajuda nas horas que mais precisei;

Ao professor, amigo orientador e orientador amigo, *André Luis Calado Araújo*, pela confiança depositada em minha pessoa, se dispondo mais uma vez a me orientar em um trabalho acadêmico. Expresso aqui não só a minha gratidão, mas também minha profunda admiração pelo profissional exemplar que é;

Ao meu co-orientador, *Ronaldo Diniz*, pelas valiosas contribuições no decorrer da elaboração do presente trabalho e por sua simpatia ao me atender para o esclarecimento de dúvidas;

A *Thayse Naianne*, pela ajuda importantíssima nas análises laboratoriais da primeira campanha do Índice de Qualidade da Água (IQA);

Aos amigos do IFRN: *Jaid (Jaidnara)*, *Andrielle*, *Marcone*, *Leandro*, em especial a *Mirlene*, *Dani (Danielle)* e *Pollyana*, que conviveram comigo durante praticamente todo o período da pesquisa, tornando mais agradável o ambiente do laboratório, com muito bom humor e gentileza;

A *Najar*, funcionário da SERHID, por ter realizado uma coleta de efluente importante para o desenvolvimento deste trabalho.

A *Robson Garcia*, pela confecção do mapa de localização da área de estudo;

A *Carlos Nobre*, funcionário da SEMARH, por ter facilitado o acesso a trabalhos técnicos relevantes para a caracterização da área de estudo;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq/CT-Hidro Brasil, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da presente pesquisa;

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em especial ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária (PPgES);

Aos colegas da turma de Pós-graduação, principalmente a *Bia (Ana Beatriz)*, *Araceli*, *Raulyson*, *Yan (Yanice)*, *Takeshi* e *Mariana*;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, pela disponibilização dos laboratórios de físico-química e microbiologia para a realização das análises da presente pesquisa

E a todos que, de forma direta ou indireta, tenham contribuído para a realização deste trabalho e, que porventura não tenham sido citados, o meu sincero *MUITO OBRIGADA!*

RESUMO

A praia de Pirangi está localizada no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, nos municípios de Parnamirim e Nísia Floresta. Nela deságua a Bacia Hidrográfica Pirangi (BHP), cuja água recebe grande quantidade de poluentes, principalmente esgotos domésticos e industriais dos municípios por onde passam os rios que a compõem, comprometendo, dessa forma, a balneabilidade desta praia. Tendo em vista a importância da qualidade sanitária da água para se garantir um ambiente que não apresente riscos à saúde dos banhistas, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a influência das águas da BHP na balneabilidade das praias de Pirangi. Para tanto, foram realizadas coletas de água nas praias e nos rios com o intuito de quantificar os indicadores de contaminação fecal Enterococos e Coliformes termotolerantes, para então classificar as condições de balneabilidade de acordo com a resolução CONAMA nº 274 de 2000. Para efeito de maior embasamento sobre as condições sanitárias das Praias de Pirangi e sobre a influência que as águas da BHP exercem sobre elas, foi realizada, paralelamente ao estudo da qualidade das águas, uma investigação da qualidade sanitária das areias. Além disso, foi feita uma avaliação da qualidade da água da BHP através do Índice de Qualidade da Água (IQA). A partir dos resultados obtidos na presente pesquisa foi possível constatar, dentre outros aspectos, que a entrada das águas da BHP nas praias de Pirangi exerce influência direta na balneabilidade das mesmas, sendo a praia de Pirangi do Norte (ponto de monitoramento PA-02) a mais influenciada. Observou-se, também, redução significativa nas condições de balneabilidade das praias na estação chuvosa. Contudo, a precariedade do esgotamento sanitário da região metropolitana de Natal e a ausência de um sistema adequado de tratamento e disposição final dos esgotos domésticos e industriais são os principais fatores responsáveis pela degradação da qualidade da água da BHP, e como consequência, pelo comprometimento da balneabilidade das praias de Pirangi.

Palavras-chaves: Praias, balneabilidade, Bacia Hidrográfica, esgotos domésticos e industriais, indicadores de contaminação fecal.

ABSTRACT

The Pirangi beach is located in the eastern coastline of Rio Grande do Norte state, in the municipality of Parnamirim and Nísia Floresta. In it flow into Pirangi Watershed (PW), whose water receives large amounts of pollutants, mainly domestic and industrial sewage from districts where pass the rivers that consist it, compromising, thus, the bathing water quality of the Pirangi beach. Bearing in mind the importance of water sanitary quality to ensure an environment that no present risk to the bathers's health, this work had as main objective to assess the influence of the PW's waters in the bathing water quality of the Pirangi beaches. To that end, were made collections of water in the beaches and in the rivers with the intention of quantify the fecal contamination indicators thermotolerant coliforms and enterococci, to then classify the conditions of bathing water quality according with the CONAMA Resolution number 274 of 2000. For the purposes greater knowledge about the health conditions of the Beaches Pirangi and about the influence the PW's waters exert on it, was done paralely to the study of the water quality, an investigation of the sand sanitary quality. Furthermore, it was made an evaluation of the PW's Water Quality through Water Quality Index (WQI). Starting from the results obtained in the research present was possible to verify, among other aspects, that the entry of the PW's waters in the Pirangi beaches exerts direct influence in the bathing water quality of the same ones, being the North Pirangi beach (point tracking PA-02) the most influenced. There was noticed also a significant reduction in the conditions of bathing water quality of the beaches in the rainy season. However, the precariousness do sewerage system of the Natal metropolitan region and the absence of a right system of treatment and final disposal of domestic sewage and industrial are the main factors responsible for deterioration of the PW's Water Quality, and as a consequence, compromising the bathing water quality of the Pirangi beaches.

Keywords: Beaches, bathing water quality, watershed, domestic sewage and industrial, fecal contamination indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Relação entre os indicadores bacterianos	23
Figura 2 – Descarga de galeria pluvial contendo esgoto na praia de Mãe Luiza.	33
Figura 3 – Disposição de esgotos de hotéis na via costeira.....	33
Figura 4 – Entrada de águas de galeria pluvial na praia de Ipanema, Rio de Janeiro.....	34
Figura 5 – Curvas médias de variação da qualidade das águas (IQA-NSF)	38
Figura 6 - Evolução e taxa média de crescimento anual da população do município de Parnamirim (1970-2000).....	45
Figura 7 - População residente por bairro e zona rural do município de Parnamirim.....	45
Figura 8 - Mapa e fotografia aérea com a localização dos pontos de monitoramento das praias.....	53
Figura 9 – PA 01 (Rio Pirangi / ponte nova).....	54
Figura 10 – PA 02 (Pirangi do Norte / APURN).....	54
Figura 11 – PA 03 (Pirangi do Norte / barracas).	54
Figura 12 – PA 05 (Rio Pirangi / balneário).....	54
Figura 13 – NF 04 (Pirangi do Sul / igreja)	54
Figura 14 – Mapa com a localização dos quinze pontos de monitoramento da BHP... ..	56
Figura 15 – P 01 (Rio Pirangi)	57
Figura 16 – P 02 (Rio Pirangi)	57
Figura 17 – P 03 (Rio Pirangi)	57
Figura 18 – P 04 (Rio Pium)	57
Figura 19 – P 05 (Rio Pium)	57
Figura 20 – P 06 (Rio Pium)	57

Figura 21 – P 07 (Lagoa do Pium)	58
Figura 22 – P 08 (Rio Pitimbu)	58
Figura 23 – P 09 (Riacho Taborda)	58
Figura 24 – P 10 (Riacho Água Vermelha).....	58
Figura 25 – P 11 (Rio Pitimbu)	58
Figura 26 – P 12 (Rio Pitimbu)	58
Figura 27 – P 13 (Rio Pitimbu)	59
Figura 28 – P 14 (Rio Pitimbu)	59
Figura 29 – P 15 (Riacho Taborda)	59
Figura 30 – Desenho esquemático da delimitação das áreas de coleta da amostra de areia	60
Figura 31 – Esquema do procedimento de diluição da amostra.....	62
Figura 32 – Mediana e valores mínimo e máximo de Coliformes termotolerantes e Enterococos nos pontos de coleta PA-01, PA-02, PA-03 e NF-04.....	66
Figura 33 (a, b) - Histogramas de freqüência de Coliformes termotolerantes do teste Shapiro-Wilk's para os pontos PA-01 e NF-04	67
Figura 34 (a, b) – Histogramas de freqüência de Enterococos do teste Shapiro-Wilk's para os pontos PA-01 e NF-04	67
Figura 35 (a, b) – Distribuição normal de probabilidade de Coliformes termotolerantes para os pontos PA-01 e NF-04	68
Figura 36 (a, b) – Distribuição normal de probabilidade de Enterococos para os pontos PA-01 e NF-04.....	68
Figura 37 (a, b) - Histogramas de freqüência de Coliformes termotolerantes do teste Shapiro-Wilk's após a transformação logarítmica dos dados para os pontos PA-01 e NF-04	69
Figura 38 (a, b) – Histogramas de freqüência de Enterococos do teste Shapiro-Wilk's após a transformação logarítmica dos dados para os pontos PA-01 e NF-04.....	69

Figura 39 (a, b) – Distribuição normal de probabilidade de Coliformes termotolerantes após a transformação logarítmica dos dados para os pontos PA-01 e NF-04	69
Figura 40 (a, b) – Distribuição normal de probabilidade de Enterococos após a transformação logarítmica dos dados para os pontos PA-01 e NF-04.....	70
Figura 41 – Classificação da balneabilidade dos pontos de monitoramento PA-01, PA-02, PA-03, PA-05 e NF-04 de acordo com a resolução CONAMA nº 274 de 2000.	71
Figura 42 - Lançamento contínuo de efluente à montante do ponto PA-01.	72
Figura 43 (a, b, c, d) – Lançamento de efluente nas proximidades do ponto PA-02	73
Figura 44 – Balneário no Rio Pirangi (PA-05)	75
Figura 45 – Grande concentração de banhistas no ponto PA-05.....	75
Figura 46 (a, b, c, d, e, f) - Descarga de efluentes nas proximidades do Ponto NF-04.....	76
Figura 47 – Comparação dos indicadores CTerm (CF) e ENT na avaliação das condições de balneabilidade dos pontos de monitoramento PA-01, PA-02, PA-03, PA-05 e NF-04	77
Figura 48 – Comparação dos valores mediano, mínimo e máximo de Enterococos nos cinco pontos.	78
Figura 49 – Avaliação das condições sanitárias das areias das praias a partir da concentração dos indicadores Coliformes termotolerantes.....	80
Figura 50 – Avaliação das condições sanitárias das areias a partir dos Enterococos... ..	81
Figura 51 – Resultados do IQA para a primeira campanha (período seco) nos quinze pontos de monitoramento da BHP.....	83
Figura 52 - Resultados do IQA para a segunda campanha (período chuvoso) nos quinze pontos de monitoramento da BHP.....	83
Figura 53 - Diferença no volume dos rios em alguns pontos de monitoramento após a ocorrência de chuvas	85

Figura 54 – Avaliação das condições de balneabilidade da BHP.....	87
Figura 55 – Lançamento de esgoto à montante do ponto P01.....	87
Figura 56 – Registro da presença de banhistas no ponto P03.....	89
Figura 57 - Currais nas proximidades do ponto P06.	90
Figura 58 - Mata ciliar nativa do ponto P08.....	91
Figura 59 – Assoreamento do Rio Pitimbu (ponto de coleta P11).....	92
Figura 60 – Preparação de terreno para futuras edificações próximo a P11.	92
Figura 61 – Pressão antrópica observada no ponto P12.	93
Figura 62 – Placa indicativa na BR-304.	94
Figura 63- Ponto de coleta P13.....	94
Figura 64– Degradação ambiental observada no ponto P14.	95
Figura 65 – Ponto de coleta P15 bem preservado	95
Figura 66 – Alterações devido à duplicação da rodovia	95
Figura 67 – Mediana das concentrações de Enterococos dos pontos de monitoramento.	97
Figura 68 – Direção predominante das correntes na área de estudo (de sul para norte).....	97
Figura 69 – Correlação das concentrações de Enterococos entre os pontos NF-04 e PA-01.	98
Figura 70 – Correlação das concentrações de Enterococos entre os pontos PA-02 e PA-01.	98
Figura 71 – Placa sinalizadora do programa Água Azul indicando a condição imprópria em NF-04.	99
Figura 72 – Dispersão das águas da BHP em NF-04.	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da qualidade da água segundo o CONAMA.	17
Tabela 2 – Taxa estimada de decaimento para <i>Escherichia coli</i> e Enterococos na água do mar e em água doce.....	20
Tabela 3 – Ocorrência de Enterococos em amostras de fezes humanas e de outros animais de sangue quente.	22
Tabela 4 – Classificação da qualidade da água para banho segundo a diretriz de 2006 do Parlamento Europeu.....	31
Tabela 5 – Classificação do IQA - NSF	38
Tabela 6 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade OD	40
Tabela 7 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade CF.....	40
Tabela 8– Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade pH.....	40
Tabela 9 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade DBO.....	41
Tabela 10 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade NT.....	41
Tabela 11 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade PT	41
Tabela 12 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade Tur	41
Tabela 13 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade ST	42
Tabela 14 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade T	42
Tabela 15 – Classificação da qualidade das águas (CETESB).....	42
Tabela 16 – Dados climáticos da área de estudo da estação meteorológica do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI).....	44
Tabela 17 - Evolução mensal das descargas nas seções fluviométricas dos rios Pitimbu, Pium e do riacho Taborda.	48
Tabela 18 – Usos do solo na BHP	49
Tabela 19 - Resultados da estatística descritiva dos pontos de coleta PA-01, PA-02, PA-03 e NF-04 para o indicador Coliformes termotolerantes (período: 13/12/07 - 12/03/08 e 28/08/08 – 11/12/08).	65

Tabela 20 - Resultados da estatística descritiva dos pontos de coleta PA-01, PA-02, PA-03 e NF-04 para o indicador Enterococos (período: 13/12/07 – 24/12/08).....	65
Tabela 21 – Variação da qualidade da água em função da precipitação.	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens dos indicadores Enterococos, Coliformes termotolerantes e Escherichia coli.....	19
Quadro 2 – Organismos patogênicos de veiculação hídrica	24
Quadro 3 – Resultados de pesquisas da EPA relacionando os indicadores de contaminação fecal com as doenças de veiculação hídrica.....	26
Quadro 4 – Padrões bacteriológicos da qualidade da água para fins recreacionais	30
Quadro 5 – Limites da concentração de indicadores em outros países	31
Quadro 6 – Dados sobre o projeto de esgotamento sanitário de Parnamirim	46
Quadro 7 – Localização precisa dos pontos de monitoramento.....	51
Quadro 8 - Localização precisa dos pontos de monitoramento da BHP.	55
Quadro 9 – Comportamento das condições de balneabilidade no período de baixas precipitações nos quinze pontos monitorados na BHP	86
Quadro 10 - Dados de vazão dos rios da BHP.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAE	Associação Bandeira Azul da Europa
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APHA	American Public Health Association
BHP	Bacia Hidrográfica Pirangi
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DEFRA	Department for Environment Food and Rural Affair
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN
EPA	Environmental Protection Agency
ETA	Estação de Tratamento de Água
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEMA	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
INSA	Instituto Nacional de Saúde
IQA	Índice de Qualidade da Água
NMP	Número Mais Provável
NSF	National Sanitation Foundation
SEMARH	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos
SERHID	Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo Geral	15
1.2 Objetivos Específicos	15
2. REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 Balneabilidade	16
2.1.1 Bactérias Indicadoras de contaminação fecal	17
2.1.1.1 Coliformes termotolerantes	20
2.1.1.2 Escherichia Coli	21
2.1.1.3 Enterococos	22
2.1.2 Doenças de veiculação hídrica	23
2.1.3 Qualidade sanitária das areias de praias	27
2.1.4 Legislação mundial	29
2.1.5 Fatores que influenciam na balneabilidade	32
2.1.5.1 Rios e precipitação	33
2.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)	36
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	43
3.1 Localização	43
3.2 Aspectos climáticos e físicos	43
3.3 Aspectos demográficos	44
3.4 Esgotamento sanitário	45
3.5 Caracterização da área da Bacia Hidrográfica Pirangi (BHP)	47
4. METODOLOGIA	50
4.1 Pontos de monitoramento	50
4.2 Amostragem das águas das praias	59
4.3 Amostragem da areia das praias	60
4.4 Amostragem de água para o Índice de Qualidade da Água	61
4.5 Análise microbiológica da água	61
4.6 Análise microbiológica da areia	62

4.7 Coleção de dados complementares	63
4.7.1 Dados meteorológicos.....	63
4.7.2 Vazão dos rios da BHP	63
4.8 Tratamento dos dados.....	63
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
5.1 Estatística descritiva básica e verificação da normalidade dos dados	65
5.2 Avaliação das condições de balneabilidade através do indicador Enterococos ..	70
5.3 Comparação dos Indicadores Coliformes termotolerantes e Enterococos na avaliação das condições de balneabilidade	77
5.4 Qualidade sanitária da areia das praias de Pirangi	79
5.5 IQA da Bacia Hidrográfica Pirangi	82
5.5.1 Condições de balneabilidade da Bacia Hidrográfica Pirangi	86
5.6 Avaliação da dispersão dos poluentes da BHP nas praias de Pirangi	96
5.7 Correlação da precipitação com a concentração de Enterococos.....	99
6. CONCLUSÕES	103
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	105
REFERÊNCIAS CITADAS	108
REFERÊNCIAS CONSULTADAS	113
ANEXOS	114

1. INTRODUÇÃO

Os oceanos e mares são os derradeiros sorvedouros dos subprodutos gerados pelas atividades humanas e acolhem, direta ou indiretamente, uma grande variedade de poluentes, rejeitos urbanos, agrícolas e industriais. Pelo fato da maioria dos grandes centros urbanos está localizada em regiões costeiras, estas áreas são, comparativamente aos oceanos, as mais vulneráveis ao impacto da poluição (PEREIRA, 2002).

Considerando a crescente procura turística pelo litoral do Rio Grande do Norte, devido à beleza de suas praias e pelo clima favorável para essa atividade, que se dá principalmente no verão e, a preferência pela ocupação do litoral, que vem sendo realizada há muito tempo sem planejamento, principalmente sem a presença de infra-estrutura sanitária adequada, tem se observado uma acentuada degradação dos recursos naturais.

Dentre os impactos ambientais mais evidentes é possível destacar: a invasão de áreas de preservação (manguezais); a ocupação desordenada das margens dos rios; o lançamento de esgoto a céu aberto nas águas do mar; e a disposição inadequada de resíduos sólidos, fazendo com que esses corpos d'água recebam todos os tipos de detritos produzidos por essas atividades, provocando mudanças significativas das características físicas, químicas e biológicas desses ambientes. A alteração dessas características compromete diretamente a fauna e flora destes ecossistemas, bem como as condições sanitárias destas águas, expondo os banhistas a inúmeras doenças.

Portanto, é de extrema relevância que exista um acompanhamento sistemático das condições de balneabilidade, que se constitua numa fonte de informação para a população e para os órgãos responsáveis pelo saneamento local e preservação ambiental.

A balneabilidade das praias do Rio Grande do Norte vem sendo monitorada através do projeto Estudo da Balneabilidade das praias do RN, inserido no programa estadual Água Azul. O projeto é executado conjuntamente pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) e pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

A praia de Pirangi, foco do presente estudo, localiza-se no Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte, sendo cortada pelo Rio Pirangi, que a divide em Pirangi do Norte e Pirangi do Sul. A qualidade sanitária das águas destas praias vem sendo comprometida, devido a grande contribuição de poluentes provenientes da Bacia Hidrográfica Pirangi (BHP).

1.1 Objetivo Geral

Diante da importância da qualidade sanitária da água da praia para se garantir um ambiente que não apresente riscos à saúde dos banhistas, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a influência das águas da BHP na balneabilidade das praias de Pirangi.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos propostos foram os seguintes:

- Realizar monitoramento sistemático das condições ambientais das praias de Pirangi do Sul e do Norte;
- Identificar possíveis fontes de poluição nas praias e nos rios que compõem a BHP;
- Realizar análise comparativa entre os indicadores Coliformes termotolerantes e Enterococos em águas salinas, nos rios e nas areias das praias;
- Avaliar a dispersão dos poluentes provenientes das águas da BHP nas praias de Pirangi do Sul e do Norte, a partir da concentração encontrada dos indicadores de contaminação fecal;
- Verificar a condição de balneabilidade das praias baseado nas concentrações dos indicadores Coliformes termotolerantes e Enterococos;
- Desenvolver uma metodologia de coleta e análise das areias das praias;
- Determinar o Índice de Qualidade da água da BHP de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Balneabilidade

A Balneabilidade é definida pela CETESB, como a qualidade das águas que serão utilizadas para recreação de contato primário, sendo este entendido como um contato direto e prolongado com a água (esportes aquáticos), onde se tem elevada possibilidade de ingerir quantidades apreciáveis da mesma (CETESB, 2007).

Segundo Von Sperling (2005), a água utilizada para recreação e lazer através do contato primário, deve ser isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais à saúde, e deve apresentar baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas.

O contato secundário ocorre numa situação acidental ou esporádica, onde se tem uma pequena possibilidade de ingerir água, como por exemplo, na pesca e navegação.

No contexto da gestão ambiental, Aureliano (2000) conceitua balneabilidade como um instrumento de verificação de critério de uso, pelo fato de determinar se a praia tem qualidade para recreação de contato primário. Também é um instrumento de controle da qualidade, na medida em que consente a fiscalização visualizar a variação da qualidade das águas destinadas a recreação.

Em se tratando da legislação brasileira, a resolução do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA) nº 274 de 29 de novembro de 2000, define os critérios que devem ser avaliados quanto à condição de balneabilidade de um corpo aquático. De acordo com a mesma, esta avaliação deve ser feita através da investigação da presença de microorganismos indicadores de contaminação fecal, que são os Coliformes termotolerantes, a *Escherichia coli* e os Enterococos. As águas destinadas à balneabilidade são classificadas como própria e imprópria, sendo a primeira dividida em três categorias distintas, Excelente, Muito Boa e Satisfatória. A tabela 1 indica os limites por categoria utilizados para a classificação:

Tabela 1 - Classificação da qualidade da água segundo o CONAMA.

CATEGORIA	LIMITE DE MICROORGANISMOS (*NMP/100 ML)		
	Coliformes termotolerantes	Escherichia coli	Enterococos
Excelente ⁽¹⁾	≤ 250	≤ 200	≤ 25
Muito Boa ⁽¹⁾	≤ 500	≤ 400	≤ 50
Satisfatória ⁽¹⁾	≤ 1000	≤ 800	≤ 100
Imprópria ⁽²⁾	>1000	> 800	> 100

Fonte: adaptado de CONAMA (2000).

* Número mais provável (NMP)

(1) Receberão esta classificação se em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver no máximo os limites estabelecidos para a categoria específica. (2) A classificação IMPRÓPRIA será conferida se em mais de 20% de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, os limites estabelecidos para a categoria SATISFATÓRIA forem ultrapassados.

A resolução ainda cita que a classificação imprópria pode ser utilizada quando da observação das seguintes ocorrências: não atendimento aos critérios instituídos para as águas próprias; o valor obtido na última amostragem for superior a 2500 Coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 Enterococos por 100 mililitros; incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, apontadas pelas autoridades sanitárias; presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias que ofereçam riscos à saúde ou tornem 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.

Podem ser passíveis de interdição os trechos em que aconteçam acidentes de médio e grande porte, tais como: ocorrência de toxicidade ou formação de nata proveniente de floração de algas ou outros organismos; derramamento de óleo e extravasamento de esgoto; presença de moluscos transmissores potenciais de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica (águas doces).

2.1.1 Bactérias Indicadoras de contaminação fecal

O uso de indicadores para a avaliação da qualidade microbiológica da água do mar é uma prática realizada mundialmente, uma vez que a detecção de

organismos patógenos exige técnicos especializados, com um custo elevado e demora na obtenção dos resultados.

A quantificação dos organismos indicadores é fundamental para monitorar a qualidade ambiental, fornecendo a evidência da presença ou ausência de um patógeno, o qual sobrevive sob semelhantes características e condições.

Segundo Ceballos (2000), para uma bactéria ser utilizada como indicadora de contaminação fecal, ela deve apresentar um conjunto de características, quais sejam:

- Fazer parte da flora intestinal de indivíduos sãos;
- Estar presente, exclusivamente, nas fezes de animais homeotérmicos;
- Assegurar que os microorganismos patógenos intestinais estão presentes;
- Apresentar-se em número elevado, facilitando seu isolamento e identificação;
- Tempo de sobrevivência igual ou um pouco superior ao das bactérias patógenas (sua resistência a fatores ambientais deve ser igual ou superior a dos patógenos de origem fecal);
- Deve ser fácil de isolar e quantificar;
- Não pode ser patógena.

Os indicadores fecais mais usados são os Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e Enterococos ou Streptococos fecais, pois os mesmos apresentam o maior número de requisitos para tal função. No entanto, ainda existem dúvidas sobre a eficácia destes indicadores, devido a possível influência dos fatores físicos do meio sobre os mesmos. Além disso, vale salientar que não existe nenhum tipo de bactéria que apresente todos os critérios de um indicador fecal ideal. O quadro 1 descreve algumas vantagens e desvantagens de cada um.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens dos indicadores Enterococos, Coliformes termotolerantes e Escherichia coli.

INDICADORES	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Streptococos fecais/ Enterococos	Potencial indicador da saúde humana em águas doces e salinas; Mais persistentes em água e sedimentos do que os Coliformes.	Pode não ser válido para águas tropicais devido ao potencial crescimento em solos.
Coliformes termotolerantes	Indicadores de contaminação fecal recente.	Potencialmente não satisfatório para águas tropicais devido ao crescimento na água e em solos; Sua presença pode não estar relacionada à presença de esgotos.
Escherichia coli	Potencial indicador da saúde humana em águas doces; Indicadores de contaminação fecal recente; Possibilidade de rápida identificação se definido pela produção de β -glicuronidase.	Potencialmente não satisfatório para águas tropicais devido ao crescimento na água e em solos.

Fonte: WHO (1999).

Noble *et al.* (2003) expõem que, apesar de estas bactérias serem usadas como indicadores da qualidade da água no mundo todo, 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 aconselham um tipo específico como indicador.

Em relação à sobrevivência na água do mar e em água doce (tabela 2), estudos da *World Health Organization* (WHO) têm conduzido a conclusão de que os Enterococos, a *Escherichia coli* e os Coliformes termotolerantes morrem mais rapidamente na água do mar, do que na água doce, o que pode ser explicado devido às condições adversas desse ambiente, como por exemplo, a salinidade.

Os resultados da tabela 2 foram obtidos a partir de estudos *in loco*, onde havia descargas de águas residuárias, sendo o decaimento determinado através da contabilização dos microorganismos, em relação à dispersão e a diluição da pluma de contaminação.

Tabela 2 – Taxa estimada de decaimento para *Escherichia coli* e Enterococos na água do mar e em água doce

TAXA DE DECAIMENTO (EM DIAS) ¹				REFERÊNCIAS
Água doce		Água do mar		
E. coli	Enterococos	E. coli	Enterococos	
6,3	34,7			Blitton <i>et al.</i> (1983)
2,7	4,2			McFeters and Stuart (1974)
3,1	4,5			Keswick <i>et al.</i> (1982)
4,6	3,0	0,8	2,4	Hanes and Fragal (1967)
		0,7	2,6	Omura <i>et al.</i> (1982)
3,9²	4,4	0,8	2,5	

Fonte: WHO (1999)

1. Tempo em dias para a morte de 90% da população

2. Valores médios

Segundo Ludwing (1973 *apud* AZEVEDO, 2000) quando se trata de águas estuarinas, alguns fatores intervenientes na sobrevivência das bactérias podem ser destacados:

- Adsorção de bactérias a partículas sólidas, sujeitando-as à floculação e/ou sedimentação de tais partículas;
- Ação destrutiva da luz solar;
- Ausência de elementos nutritivos necessários ao crescimento bacteriano;
- Uso de bactérias como alimento dos protozoários e de outros predadores;
- Efeitos competitivos e antagônicos de outros microorganismos;
- Presença de substâncias tóxicas na água do mar.

2.1.1.1 Coliformes termotolerantes

De acordo com a *American Public Health Association* (APHA, 2005), o grupo coliforme é formado por todas as bactérias aeróbias e anaeróbias facultativas, gram-negativas, não formadoras de esporos e com forma de bastonete.

Os Coliformes termotolerantes constituem um subgrupo do mesmo, que têm como características a presença da enzima β -galactosidade e a 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 estarem presentes em fezes humanas e de

animais, também podem ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes que contenham matéria orgânica (CONAMA, 2000).

Este subgrupo se diferencia dos demais por suportar temperaturas mais elevadas e, por esta razão, são denominados de termotolerantes, os quais, segundo Ceballos (2000), são formados principalmente pela *Escherichia Coli* e, com menor representatividade, por outras enterobactérias que formam o grupo dos Coliformes: *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*.

Segundo Branco (1986), esses microorganismos são lançados nas águas pelos despejos, constituindo um testemunho deste, não sendo capazes de reproduzir-se e de sobreviver por muito tempo nesse ambiente. Portanto, podem ser utilizados para indicar qual a origem e há quanto tempo se deu a poluição do manancial. Além disso, essas bactérias revelam a presença de qualquer despejo de origem humana e animal e não apenas aquela proveniente de indivíduos doentes, uma vez que os Coliformes se encontram presentes em um número que varia de cinco a quinhentos milhões de bactérias por grama de fezes de qualquer pessoa.

As principais desvantagens da utilização destes organismos como indicador de contaminação fecal na água são: (i) a sua detecção em outros ambientes que não apresentam contaminação fecal (HAZEN; TORANZOS, 1990; HARDINA; FUJIOKA, 1991 *apud WHO*, 2000), e (ii) a sua baixa capacidade de sobrevivência em ambientes aquáticos quando comparados com patógenos fecais (BORREGO *et al.*, 1983; CORNAX *et al.*, 1990 *apud WHO*, 2000).

2.1.1.2 Escherichia Coli

A *Escherichia coli* pertence à família Enterobacteriaceae, sendo caracterizada, de acordo com a resolução nº 274 do CONAMA, pela presença das enzimas β -galactosidase e β -glicuronidase. Desenvolve-se em meio complexo na temperatura de 44-45°C, fermenta lactose e manitol produzindo ácido e gás, e produz indol, a partir do aminoácido triptofano (CONAMA, 2000).

Essa bactéria é abundante em fezes humanas e de animais, tendo apenas sido encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente.

Vale ressaltar que a *E. coli* é o único coliforme exclusivo das fezes de animais homeotérmicos (homens, animais selvagens, domésticos e de granja, mamíferos e

aves). Sua concentração é de aproximadamente 10^9 bactérias por grama de fezes (CEBALLOS, 2000).

2.1.1.3 Enterococos

Os Enterococos são considerados como uma das categorias de Estreptococos, possuidores de antígeno do grupo “D”. Trabulsi (1999), afirma que esses microorganismos estão amplamente distribuídos no meio ambiente e participam da microbiota normal do homem e de animais, particularmente, em nível do trato intestinal (tabela 3).

Tabela 3 – Ocorrência de Enterococos em amostras de fezes humanas e de outros animais de sangue quente.

ESPÉCIE DO ANIMAL	Nº TOTAL DE INDIVÍDUOS	E.FAECALIS ¹	E. FAECIUM ¹
Humanos	32	41	88
Cães	21	29	76
Filhotes de cães	2	100	100
Gatos	1	-	-
Filhotes de gatos	2	100	100
Porcos	22	77	100
Leitões	3	33	100
Cavalos	6	50	33
Ovinos	4	100	100
Vacas	15	-	73
Galinhas	13	92	100
Caprinos	2	100	100

Fonte: adaptado de WHO (1999)

1. Percentagem total de indivíduos

Segundo a *Environmental Protection Agency* (EPA, 2002), O grupo dos Enterococos é um dos sub-grupos dos Estreptococos fecais, sendo formado pelos microorganismos *E. faecalis*, *E. faecium* e *E. avium* (figura 1). Os Enterococos se distinguem devido a sua capacidade de desenvolver-se em cloreto de sódio (NaCl) até 6,5% e a um pH de até 9,6 em temperaturas entre 10 e 45° C. De acordo com a WHO (2000) as espécies mais comuns no ambiente apresentam essas

características e, assim, na prática, os termos *Estreptococos* fecais, *Enterococos*, *Enterococos* intestinais e grupo *Enterococcus* podem ser considerados sinônimos.

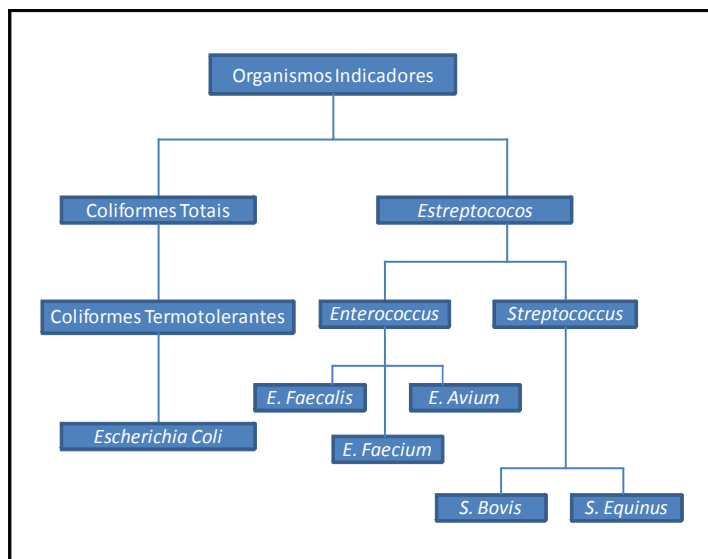


Figura 1- Relação entre os indicadores bacterianos

Fonte: adaptado de EPA (2002).

Todos os *Enterococos* apresentam alta tolerância a condições ambientais adversas (altas ou baixas temperaturas, desidratação, salinidade, luz solar, etc.). Nas fezes humanas estão em uma concentração que varia de 10^5 a 10^8 de bactérias por grama, e assim como a os *Coliformes* termotolerantes e a *E. coli*, apresentam tempo de sobrevivência semelhante a dos patógenos entéricos (CEBALLOS, 2000).

Eles não são tão presentes, em relação à concentração nas fezes de animais de sangue quente, quanto o grupo de *Coliformes* termotolerantes, no entanto, este último apresenta taxa de decaimento na água do mar maior do que os *Enterococos*, ou seja, o seu declínio, no que diz respeito à sobrevivência, é mais rápido (WHO, 2000).

2.1.2 Doenças de veiculação hídrica

A água pode atuar como um meio de transmissão de doenças, uma vez que nela for depositado algum tipo de organismo patogênico. As doenças veiculadas pela água têm origem, principalmente, a partir das fezes de seres humanos que contenham estes organismos, as quais podem atingir um corpo aquático nas localidades que não dispõem de um sistema adequado de esgotamento sanitário.

Mota (1997) ressalta que não há reprodução de patógenos na água, e que a mesma funciona somente como meio de transporte para eles, proporcionando a ligação entre uma pessoa doente e outra sadia, através do contato da água contaminada com a pele ou mucosas, ou ainda, por meio da ingestão da água ou de alimentos por ela contaminados. O quadro 2 descreve e cita alguns patógenos de veiculação hídrica.

Quadro 2 – Organismos patogênicos de veiculação hídrica

CATEGORIA	DESCRIÇÃO	ESPÉCIES E GRUPOS
Bactérias	Organismos microscópicos unicelulares em que falta um núcleo completamente definido	Víbrio cholera; Salmonella; Shigella; Legionella; Campilobacter; Yersinia S. typhi
Vírus	Grande grupo de agentes infecciosos submicroscópicos (10 a 25 nm), envoltos por uma membrana protéica ao redor de um núcleo, onde estão contidas todas as informações para sua reprodução. Não obstante, precisam de hospedeiro para se reproduzir.	Hepatite A; Enterovírus Poliovírus; Echovírus; Coxsackievírus; Rotavírus; Reovírus; Adenovírus; Norwalk Astrovírus; Calcivírus
Protozoários	Seres vivos unicelulares que se reproduzem por cissiparidade	Giardia lambia; Entamoeba histolytica; Cryptosporidium; Naegleria fowleri; Isospora
Helmintos	Vermes intestinais e parasitas	Nematóides; Schistosoma; haematobium
Algas	Grande grupo de plantas não vasculares. Certas espécies produzem toxinas que, se consumidas em grandes quantidades, podem ser nocivas	Anabaena flos-aquae; Microcystis aeruginosa; Aphanizomenon

Fonte: Chapra (1997, p.504 *apud* AZEVEDO, 2000); Boland *et al.* (1993, p.205 *apud* AZEVEDO, 2000)

O número de microrganismos (dose) que pode causar infecção ou doença depende do agente patogênico específico, da forma em que ele for encontrado, das condições de exposição e suscetibilidade do hospedeiro e de seu estado

imunológico (FEWTRELL *et al.*, 1994; TEUNIS, 1996; HAAS *et al.*, 1999; OKHUYSEN *et al.*, 1999; TEUNIS *et al.*, 1999 *apud WHO*, 2003).

Entre as doenças que podem ser contraídas por meio da ingestão da água, destacam-se: febre tifóide, febre paratifóide, cólera, desintéria bacilar, amebíase, enteroinfecções em geral, hepatite infecciosa, giardíase, poliomielite. Já as principais doenças que podem ser adquiridas através do contato com a pele ou mucosas são: esquistossomose, doenças de pele, infecções dos olhos, ouvidos, nariz e garganta (MOTA, 1997).

As doenças mais comuns relacionadas ao uso da água para recreação são as gastroenterites e as doenças de pele. Vale salientar, que a contração dessas doenças, tanto em água doce, como na água do mar, está em função, principalmente, das fontes de poluição que as atinjam.

Os riscos relativos à saúde humana a partir dessas fontes dependem de uma série de fatores. O lançamento de esgoto em um estuário que apresenta pequenas amplitudes de marés, por exemplo, pode ter um efeito diferente ao que da mesma quantidade de esgoto lançado em um estuário com grandes amplitudes. Áreas com descarga direta de efluente bruto, não tratado ou inadequadamente tratado de esgotos são susceptíveis de apresentar maior risco para a saúde pública (*WHO*, 2005).

Estudos da *EPA* indicam que a *E. coli* e os Enterococos são os indicadores disponíveis mais eficazes para a predição da presença de patógenos causadores de doenças gastrointestinais, sendo os Enterococos apontados como os mais adequados para as águas marinhas. O quadro 3 inclui resultados relevantes das pesquisas conduzidas pela *EPA* desde 1986, sobre a relação dos indicadores de contaminação fecal com as doenças de veiculação hídrica.

Quadro 3 – Resultados de pesquisas da EPA relacionando os indicadores de contaminação fecal com as doenças de veiculação hídrica.

PESQUISA/ ANO/LOCAL	TIPO DE ÁGUA	MICROORGANISMOS AVALIADOS	RESULTADOS
Fattal <i>et al.</i> (1987) Israel	Água do mar	Coliformes termotolerantes Enterococos <i>Escherichia Coli</i>	Dos indicadores testados, os Enterococos apresentaram-se como os mais preditivos para sintomas de doenças entéricas
Cheung <i>et al.</i> (1990) Hong Kong	Água do mar	Coliformes termotolerantes <i>E. coli</i> <i>Klebsiella spp.</i> Enterococos <i>Streptococcus fecalis</i> Estafilococos <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Candida albicans</i> Fungos totais	<i>E. coli</i> mostrou a maior correlação significativa como o combinado natação-gastroenterites e alguns sintomas na pele
Von Schirnding <i>et al.</i> (1992) África do Sul (Costa Atlântica)	Água do mar	Enterococos Coliformes termotolerantes Estafilococos Colifagos Bacteriófagos	A incerteza quanto à fonte de contaminação fecal pode explicar a ausência da relação estatisticamente significativa das taxas de doenças entre nadadores e não-nadadores
Corbett <i>et al.</i> (1993) Sidney, Austrália	Água do mar	Coliformes termotolerantes Streptococos fecais	Os Coliformes termotolerantes foram melhores preditores de doenças associadas à natação do que os estreptococos.
Kay <i>et al.</i> (1994) Reino Unido	Água do mar	Coliformes termotolerantes Coliformes Totais Streptococos fecais <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Estafilococos totais	Comparado aos outros indicadores testados, os estreptococos fecais foram os melhores indicadores de sintomas gastrointestinais.
Haile <i>et al.</i> (1996) Califonia, Estados Unidos	Água do mar	Coliformes termotolerantes Coliformes totais Enterococos <i>E. coli</i>	A associação dos sintomas com ambos, <i>E. coli</i> e Coliformes fecais foi muito menor.
McBride <i>et al.</i> (1998) Nova Zelândia	Água do mar	Coliformes termotolerantes Enterococos <i>E. coli</i>	Enterococos foram mais fortemente e consistentemente associados ao risco de doenças para os grupos expostos
Seyfried <i>et al.</i> (1985) Canada	Água doce	Coliformes termotolerantes Streptococos fecais Bactéria heterotrófica <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Estafilococos totais	Uma pequena correlação foi observada entre Streptococos fecais e doenças gastrointestinais.
Ferley <i>et al.</i> (1989) França	Água doce	Coliformes termotolerantes Streptococos fecais	A melhor relação é entre Streptococos fecais e doenças gastrointestinais
Francy <i>et al.</i> (1993) Ohio, USA	Água doce	Coliformes termotolerantes <i>E. coli</i>	A relação entre <i>E. coli</i> e Coliformes fecais foi estatisticamente significativa

Fonte: adaptado de EPA (2002)

Segundo Cairncross (1993), em países desenvolvidos a qualidade da água para recreação não representa normalmente um sério problema. As evidências epidemiológicas para riscos à saúde associadas com banho em água poluída são limitadas.

2.1.3 Qualidade sanitária das areias de praias

A água tem sido o principal meio para a avaliação das condições de balneabilidade, no entanto, as areias das praias também podem apresentar contaminação por microorganismos patogênicos, que pode ser provocada pela disposição inadequada de lixo, dejetos de animais, esgotos, e ainda pela introdução de poluentes carregados pela água da chuva. Essa contaminação representa um fator de risco para a saúde dos banhistas, podendo causar doenças como: hepatite, distúrbios gastrointestinais, micoses e outras infecções da pele, principalmente em crianças e idosos que utilizam a faixa de areia da praia para o seu lazer. Segundo Miller (1975; KADE, 1975 *apud* MAIER *et al*, 2003) estas doenças podem ser contraídas através da ingestão acidental, levando a mão suja de areia à boca ou pelo contato com a pele.

Por atuar como um filtro natural, a areia pode ser considerada como um reservatório de contaminantes, que acumula matéria orgânica, partículas e microorganismos. A grande área superficial de grãos de areia e os exclusivos micro habitats de fissuras e fendas formam uma grande variedade de ambientes potencialmente aptos para o desenvolvimento de bactérias e/ou aumento da sobrevivência desses microorganismos (BONILLA, 2007).

A sobrevivência das bactérias entéricas na superfície da areia seca pode ser essencialmente de curta duração, pois elas são eliminadas principalmente devido à pressão ambiental. A areia molhada, área onde normalmente as crianças passam a maior parte do tempo é a mais relevante. A areia úmida é enriquecida com substâncias orgânicas e, proporciona um ambiente favorável para bactérias entéricas, que lhes permite sobreviver mais tempo do que em água do mar (PAPADAKIS *et al.*, 1997 *apud* WHO, 2003).

Vários fatores influenciam na sobrevivência e dispersão dos indicadores de contaminação fecal e dos microrganismos patogênicos na areia da praia. Segundo a WHO (2003), estes incluem os fenômenos das marés, o escoamento de esgoto, a

estação do ano, a presença de animais, o número de banhistas e a natureza da praia.

Estudos têm demonstrado que a contaminação microbiana é maior na areia do que nas águas adjacentes, pois a areia comporta-se como um abrigo passivo para acumular poluição (OLIVEIRA; MENDES, 1991, 1992; OSHIRO; FUJIOKA, 1995 *apud WHO*, 2003).

No entanto, a resolução do CONAMA nº 274 de 2000 que trata sobre a balneabilidade não contempla critérios de análise da areia, apenas recomenda a avaliação das condições microbiológicas da mesma, com o intuito de haver futuras padronizações.

Na literatura já encontram - se disponíveis pesquisas acerca da qualidade sanitária das areias das praias, porém ainda existem poucos trabalhos publicados. No ano de 2001 em Portugal, no âmbito da campanha “Areia Limpa, Praia Saudável” da Associação Bandeira Azul da Europa (ABAE), realizou-se um estudo que teve como objetivos selecionar os indicadores de qualidade que melhor caracterizam a contaminação microbiológica das areias das praias, propor os respectivos valores de referência e os métodos de análise mais adequados para a determinação dos indicadores selecionados. As principais conclusões desse estudo foram: para o monitoramento da qualidade das areias das praias, é suficiente a análise da areia seca; os indicadores bacteriológicos com melhor desempenho foram os Coliformes totais, a *Escherichia coli* e os Enterococos (ABAE, 2007).

Nacionalmente, pode-se citar o Programa de Monitoramento da Qualidade das Areias da Praia de Copacabana, no Rio de Janeiro. Na metodologia utilizada por este programa as amostras são coletadas semanalmente em três pontos ao longo de um perfil da faixa de areia, sendo um próximo ao calçadão, um no meio da faixa de areia e o último perto da linha d’água, todos em duas profundidades. São realizadas análises de umidade, matéria orgânica, colimetria, temperatura e de parasitas causadores de micoses (RIO DE JANEIRO, 2005)

No mesmo Estado, foi desenvolvida uma proposta de metodologia para a amostragem de areia através do trabalho de Nassim Boukai (2005), que inferiu sobre os seguintes aspectos: a área de coleta do ponto de amostragem deve ser de 25 m²; a coleta deve ser feita na região de maior concentração de banhistas; com a quantidade mínima de 25 sub-amostras, a fim de melhorar a representatividade da amostra e reduzir a amplitude de dispersão dos resultados; retirar sub-amostras de

20 gramas de areia, do centro de cada quadrado de 1 m², da área de 25 m², formando uma amostra composta de 500 gramas; profundidade de coleta de 0 a 15 cm com frequência quinzenal.

Existe também o trabalho realizado pela CETESB, a qual possui um programa de monitoramento da balneabilidade das praias desde o início da década de 70. Entre os meses de setembro de 1998 e janeiro de 1999 foi realizado um estudo, por esta companhia, com o objetivo de avaliar as condições sanitárias das areias de algumas praias do litoral paulista. Para tanto, as amostragens foram realizadas em área delimitada de 2 m², de onde foram coletadas 5 sub-amostras de aproximadamente 100 g, da parte superficial do solo, sendo colocadas em sacos plásticos esterilizados. As amostras de areia seca foram retiradas de locais não alcançados pela maré, mas freqüentados pelos banhistas e, as de areia úmida, na faixa intermediária entre a areia seca e o mar (CETESB, 1998).

No Rio Grande do Norte, Sales (2005) contemplou em seu trabalho sobre o estudo da balneabilidade das praias urbanas do município de Natal-RN, a avaliação da qualidade sanitária das areias, fazendo uso do método empregado pela CETESB, porém a profundidade para coleta (5 a 15 cm) foi orientada de acordo com a ABAE. As amostragens de areia foram realizadas durante os meses de agosto e setembro de 2005 em cinco pontos de monitoramento.

2.1.4 Legislação mundial

Nos Estados Unidos a *EPA* é responsável pela legislação federal relacionada à qualidade das águas recreacionais. Esta agência tem como missão proteger a saúde humana e o meio ambiente, e vem trabalhando neste objetivo e implementando ações para este fim desde 1970. Os parâmetros utilizados para avaliar a qualidade microbiológica da água são baseados no documento “critérios ambientais para qualidade bacteriológica da água” de 1986, sendo esta qualidade verificada a partir da concentração dos indicadores de contaminação fecal *Enterococos* e *Escherichia coli* (*EPA*, 2008).

Antes da publicação do documento supracitado, a *EPA* recomendava o uso dos Coliformes termotolerantes como indicadores, para proteger a população de doenças gastrointestinais que podem ser adquiridas em corpos aquáticos. No entanto, ela constatou através de estudos epidemiológicos que avaliaram o uso de

vários organismos como indicadores de contaminação fecal, uma melhor utilização da *Escherichia coli* ou Enterococos para águas doces, e do Enterococos para água salina, pois os níveis desses organismos apresentaram-se mais preditivos para casos agudos de doenças gastrointestinais do que os níveis de Coliformes termotolerantes. Os critérios para a avaliação da qualidade bacteriológica da água recomendadas pela *EPA* estão resumidos no quadro 4.

Quadro 4 – Padrões bacteriológicos da qualidade da água para fins recreacionais

TIPO DE ÁGUA	MICROORGANISMO	LIMITE POR 100 ML*
Água doce	Enterococos	33
	<i>Escherichia coli</i>	126
Água salina	Enterococos	35

Fonte: EPA (2008).

* com base em um número estatisticamente suficiente de amostras (geralmente não inferior a 5 amostras iguais espaçadas ao longo de um período de 30 dias).

No Reino Unido a diretriz vigente para as águas balneares data do ano de 2006, a qual substitui a diretriz de 1976. As principais mudanças foram uma maior rigidez das normas de qualidade da água, a exigência de fornecer informações sobre a qualidade da água ao público, através da sinalização nas praias, e a alteração dos indicadores bacteriológicos de contaminação fecal, que antes eram os Coliformes totais e fecais, e atualmente são a *Escherichia coli* e os Enterococos (DEFRA, 2008).

Os Estados membros do Reino Unido utilizam tecnologia e meios apropriados, incluindo a internet, para divulgar informações relativas à qualidade da água para banho, classificada em pobre, suficiente, boa e excelente, dependendo da concentração encontrada dos microorganismos indicadores em 100 ml das amostras (tabela 4).

Tabela 4 – Classificação da qualidade da água para banho segundo a diretriz de 2006 do Parlamento Europeu.

CLASSIFICAÇÃO	LIMITE DE MICROORGANISMOS (UFC/100 ML)			
	Água doce		Água salobra e salgada	
	E. coli	Enterococos	E. coli	Enterococos
Excelente [1]	≤ 500	≤ 200	≤ 250	≤ 100
Boa [1]	≤ 1000	≤ 400	≤ 500	≤ 200
Suficiente [2]	≤ 900	≤ 330	≤ 500	≤ 185
Pobre [1]	> 900	> 330	> 500	> 185

Fonte: (DEFRA, 2008).

[1]: baseado no percentil 95

[2]: baseado no percentil 90

É importante ressaltar a preocupação quanto à classificação da qualidade da água em função da salinidade, fato este, que deveria ser repensado e implementado em outros lugares, uma vez que o tempo de sobrevivência dos indicadores de contaminação fecal difere da água doce para a água salgada.

No quadro 5 encontram-se os limites de indicadores em outros países, a título de uma visão mais abrangente dos padrões de balneabilidade vigentes mundialmente.

Quadro 5 – Limites da concentração de indicadores em outros países

PAÍS	INDICADORES/100 ML		REFERÊNCIAS
	Coliformes termotolerantes	Outros	
Cuba	200 ^a 90% < 400	Coliformes totais 1000 ^a	Cuba, Ministério da Saúde (1986)
EEC ^b , Europa	80% < 100 95% < 2000	Estreptococos fecais 100 ^c Enterococos 90% < 100	EEC (1976) CEPPOL (1991)
Equador	200	Coliformes totais 1000	Equador, Ministério de Saúde (1987)
Israel	-	Coliformes totais 80% < 1000 ^g	Argentina, INCYTH (1984)
México	-	Coliformes totais 80% < 1000 ^f 100% < 10000 ^k	Mexico, SEDUE (1983)
França	< 500	Coliformes totais < 2000	WHO (1977)
Peru	80% < 1000 ^c	Coliformes totais 80% < 5000 ^f	Peru, Ministério da Saúde (1983)
Porto Rico	200 ^d 80% < 400	-	Porto Rico, JCA (1983)

EUA, Califórnia	200 ^{a,e} 90% < 400 ^f	Coliformes totais 80% < 1000 ^{i,j} 100% < 10000 ^k	California State Water Resources Board (sem data)
United States,USEPA	-	Enterococci 35 ^a (marine), 33 ^a (fresh) <i>E. coli</i> 126 ^a (fresh)	USEPA (1986) Dufour and Ballentine (1986)
Uruguai	< 500 ^h < 1000 ⁱ	-	Uruguai, DINAMA (1998)

Fonte: adaptado de WHO (1999)

- a. Média logarítmica das 5 últimas amostras num período de 30 dias.
- b. Frequência de amostragem mínima
- c. Guia
- d. Obrigatório
- e. Média mensal
- f. Pelo menos 5 amostras por mês
- g. Mínimo de amostras por mês
- h. Últimas cinco amostras coletadas seqüencialmente em um dado instante

- i. Período de 30 dias
- j. Dentro de uma área a partir de 1000 pés da costa, ou a uma profundidade de 30 pés (aquele que for mais distante)
- k. Nem uma amostra coletada durante o período de verificação de 48 horas deve exceder 10.000 / 100 ml

2.1.5 Fatores que influenciam na balneabilidade

Os riscos para a saúde relacionados com a má qualidade da água das praias, normalmente dizem respeito às infecções adquiridas no contato da água com o indivíduo (banho). Uma série de poluentes entra nessas águas provenientes de várias fontes, sendo a zona costeira considerada como o “sumidouro” para os subprodutos das atividades humanas.

Geralmente, os corpos d’água que deságuam no litoral são os principais responsáveis pela variação das condições de balneabilidade das praias, porque neles são lançados vários tipos de resíduos e efluentes, principalmente esgotos domésticos e indústrias. Também se configuram como fonte de poluição das praias oceânicas, as descargas dos emissários no mar, os lançamentos de efluentes de estabelecimentos privados que não possuem um sistema sanitário adequado, como por exemplo, hotéis que ficam localizados próximos às praias, a disposição inadequada de resíduos domésticos e as descargas diretas de esgoto das moradias da população local.

As zonas balneárias de água doce estão sujeitas às mesmas fontes poluidoras das zonas costeiras, embora a amplitude e o alcance desta poluição sejam mais fáceis de prever em água doce, por estar mais claramente delimitado (WHO, 2000).

Além dos fatores supracitados que podem interferir na qualidade da água para banho das praias, ainda podem ser citados a presença de galerias pluviais (figura 2); o lançamento de esgotos a céu aberto, conhecido como línguas negras (figura 3); a ocorrência de chuvas; a geomorfologia da praia; a maré; a direção e intensidade dos ventos; e as ligações clandestinas de esgotos nas galerias pluviais.



Figura 2 – Descarga de galeria pluvial contendo esgoto na praia de Mãe Luiza.

Foto: Ronaldo Diniz



Figura 3 – Disposição de esgotos de hotéis na via costeira.

Foto: Ronaldo Diniz

Bordalo (2003) constatou alguns aspectos que influenciam na balneabilidade através de seu trabalho, que teve como objetivo otimizar a estratégia de amostragem em função da dinâmica da água, onde foi analisada a qualidade microbiológica de duas praias de Portugal (Pastoras e Ourigo) por 18 dias consecutivos. As amostragens foram realizadas no início da manhã, por volta do meio-dia e à tarde, sendo coletado um total de 184 amostras. A periodicidade dos indicadores fecais nos esgotos brutos, os estados das marés e as condições do vento influenciaram drasticamente na qualidade da água. Pela manhã a água apresentou a pior qualidade, independente das condições da maré, mas melhorou durante o dia, particularmente durante a maré alta e sob a influência de ventos.

2.1.5.1 Rios e precipitação

Os rios contribuem com uma parcela significativa da carga de poluição que adentra as praias. Eles trazem consigo o somatório de todos os poluentes lançados ao longo da bacia hidrográfica. Essa poluição pode ser proveniente de fontes pontuais ou difusas. Segundo Von Sperling (2005), a poluição pontual se dá quando

os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço, como por exemplo, a descarga em um rio de um emissário que transporta esgotos de uma comunidade. Na poluição difusa os poluentes adentram o corpo d'água de forma distribuída ao longo de parte da sua extensão.

Fontes difusas dizem respeito principalmente à drenagem pluvial natural. Já as principais fontes pontuais são os esgotos domésticos ou industriais, currais ou outros locais onde os animais fiquem confinados e, ainda, as galerias pluviais, as quais normalmente recebem esgotos através de ligações clandestinas, acarretando no comprometimento da qualidade da água do corpo receptor.

No dia 14 de novembro de 2008, Márcia Foletto, da agência O Globo, presenciou a entrada de águas de galerias pluviais na praia de Ipanema, Rio de Janeiro (figura 4). “Após a chuva, que deixou 22 desabrigados no Estado do Rio de Janeiro, uma língua negra se mistura às águas de Ipanema, na Zona Sul do Rio. Segundo a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), esse ‘rio negro’ vem das galerias de águas pluviais que desembocam na praia e contém esgoto. Ainda segundo a Feema, o problema se repete sempre que a cidade é atingida por uma chuva intensa. O banho de mar deve ser evitado no trecho próximo ao canal do Jardim de Alah”. (APÓS CHUVAS..., 2008).



Figura 4 – Entrada de águas de galeria pluvial na praia de Ipanema, Rio de Janeiro.

Foto: Márcia Foletto.

As chuvas são os principais determinantes das concentrações de bactérias em um corpo aquático, podendo influenciar positiva ou negativamente na balneabilidade do mesmo. Por exemplo, no momento em que a chuva incide

diretamente na superfície da água, há melhora nas condições sanitárias da mesma, tendo em vista que ocorre a diminuição das bactérias presentes em determinada quantidade de água, ou seja, há uma maior diluição.

Pode haver influência negativa se a intensidade e duração da precipitação forem suficientes para realizar a “lavagem” das superfícies urbanas e/ou agrícolas, carreando, dessa forma, os contaminantes para os rios, e, conseqüentemente, para praias que recebam a contribuição desses.

No trabalho realizado por Sales (2006), sobre a balneabilidade das praias urbanas do município de Natal - RN durante o ano de 2005, foram encontradas relações positivas e significativas, através de correlações entre os valores de Coliformes termotolerantes e a pluviosidade, que sugeriram interferência na balneabilidade das praias, principalmente em épocas de maior precipitação. Nos seus resultados, observou-se que na estação seca 46,66% dos pontos monitorados (7 pontos) apresentaram-se com condições impróprias para banho em alguma parte do tempo, enquanto que, na estação chuvosa, 93,33% deles (14 pontos) apresentaram-se impróprios.

Segundo Ming e Zhen-Li (2008), em virtude de considerar a existência da influência das chuvas na balneabilidade, são emitidos, na Califórnia, boletins para a população quando a concentração das bactérias indicadoras de contaminação fecal (Coliformes totais, Coliformes termotolerantes, *Escherichia Coli* e Enterococos) ultrapassa os padrões sanitários para as águas recreativas, ou quando ocorre precipitação com intensidade e duração acima do limite pré-determinado para a segurança sanitária em corpos aquáticos.

As chuvas também determinam as mudanças no fluxo dos rios, que têm um impacto significativo na concentração dos microorganismos transportados. Em águas fluviais, este fato provoca o revolvimento dos sedimentos, ocasionando re-suspensão das bactérias presentes no leito dos rios e o aumento do tempo de sobrevivência das mesmas. Combinado com o aumento do fornecimento de bactérias da superfície da bacia hidrográfica e de algumas fontes pontuais de poluição, durante eventos de chuva, todos os rios demonstram correlação entre o fluxo e a concentração bacteriana (WHO, 1999).

A influência de rios na balneabilidade de praias oceânicas foi abordada no trabalho de Sales (2006). A autora cita em seus resultados que um dos pontos monitorados (praia da Redinha), considerado crítico para banho, recebe contribuição

das águas do Rio Potengi, contaminadas com esgotos domésticos e industriais. Neste ponto, o limite de 1000 CF/100 ml foi superado tanto na estação seca, quanto na chuvosa. No entanto, vale ressaltar que para se ter uma melhor compreensão sobre como e em que grau os escoamentos pluviais e a contribuição das águas de uma bacia hidrográfica exercem impacto na qualidade da água de praias, tornam-se necessárias o conhecimento de processos complexos, tais como o comportamento hidrodinâmico, as descargas de poluentes, a taxa de renovação da água, entre outros.

2.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

A qualidade da água pode ser expressa através de índices, os quais resumem um grande número de informações, tornando os resultados mais fáceis de serem interpretados pela população. Os índices e indicadores ambientais são utilizados sempre que há necessidade de informações adequadas, objetivas e simplificadas, para auxiliarem os gestores na tomada de decisões em matéria de política ambiental e satisfazer à demanda de informações ambientais pelo público em geral. Ademais, contribuem para reduzir a grande quantidade de informações científicas porventura existentes, transformando-a em um número de parâmetros mais facilmente trabalhável (ENVIRONMENT CANADA, 1994).

Com este objetivo foi desenvolvido o Índice de Qualidade da Água (IQA). Sua criação foi baseada numa pesquisa de opinião, financiada pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, junto a mais de cem especialistas em qualidade das águas. Através da mesma foram determinados os parâmetros mais importantes a serem medidos, seus respectivos pesos, atribuídos de acordo com sua importância para a conformação global da qualidade, sendo ainda estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas, em função do estado ou da condição de cada parâmetro.

Através deste índice se tem indicação relativa da qualidade da água, que permite uma comparação espaço-temporal de pontos distribuídos ao longo de um corpo aquático ou entre distintas coleções hídricas, como por exemplo, a comparação entre a qualidade da água de dois reservatórios diferentes.

Para a elaboração do índice foram classificados nove parâmetros: oxigênio dissolvido; densidade de Coliformes termotolerantes; pH; demanda bioquímica de oxigênio; nitratos; fosfatos totais; gradiente de temperatura, sólidos totais e turbidez.

Os pesos referentes aos parâmetros são os seguintes:

- pH (0,12);
- Oxigênio dissolvido (0,17);
- Demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C) (0,10);
- Coliformes termotolerantes (0,15);
- Nitrogênio total (0,10);
- Fósforo total (0,10);
- Sólidos totais (0,08);
- Turbidez (0,08);
- Temperatura (0,10).

O IQA pode ser calculado através do método aditivo ou multiplicativo, sendo este último o mais usado devido a sua simples construção e por permitir a influência dos parâmetros de baixa qualidade, uma vez que o resultado se dá por meio do produto de todos os níveis de qualidade dos parâmetros individuais. Dessa forma, o IQA assumirá o valor zero quando qualquer parâmetro tiver um nível de qualidade nulo.

A seguinte fórmula é utilizada para se determinar o IQA pelo método multiplicativo (equação 1):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi : sub-índice de qualidade: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida e

wi : peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

A partir do cálculo efetuado com o auxílio das curvas de variação de qualidade da água (figura 5), determina-se a qualidade das águas indicada pelo IQA, que varia numa escala de 0 a 100 (tabela 5).

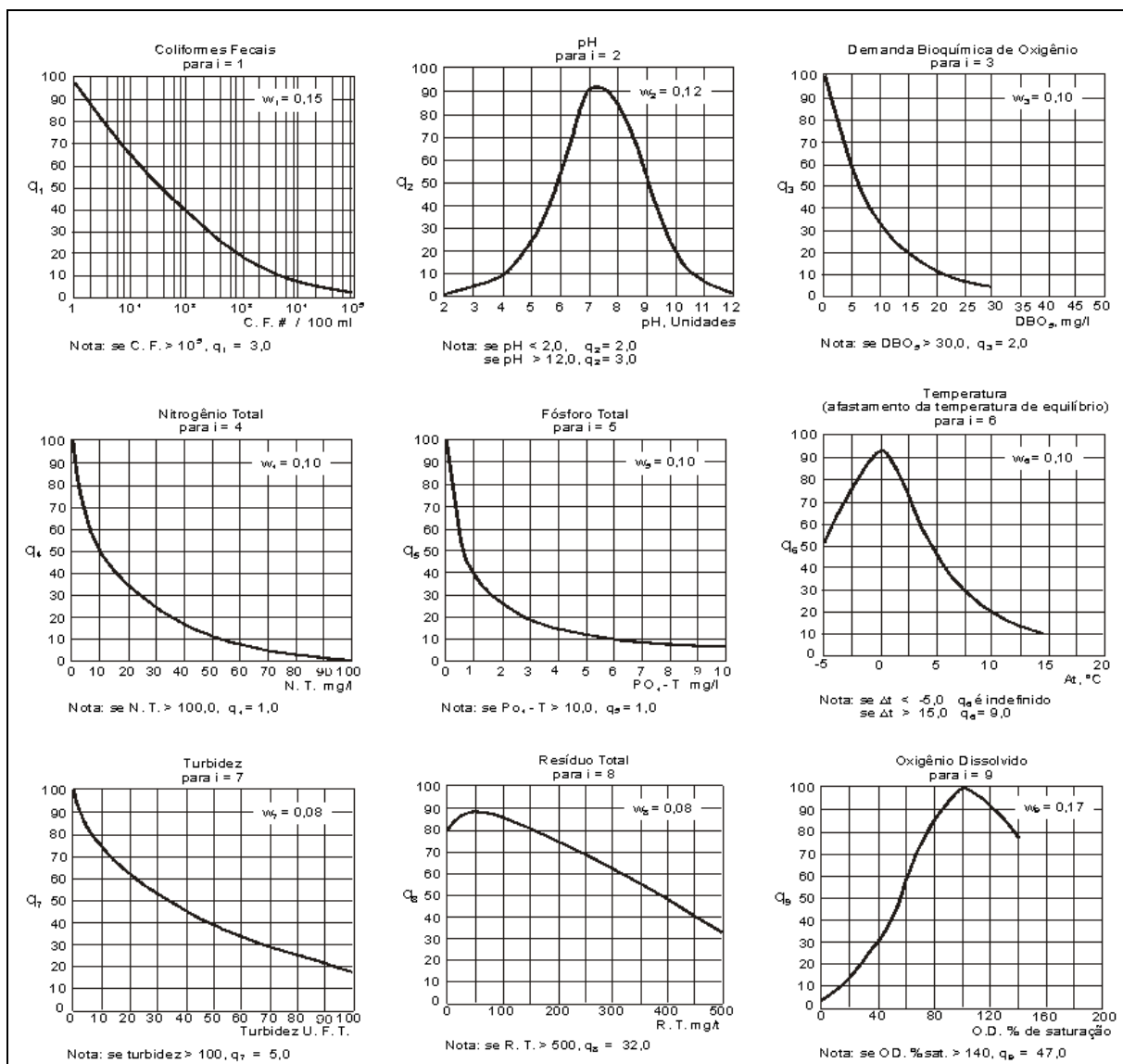


Figura 5 – Curvas médias de variação da qualidade das águas (IQA-NSF)

Fonte: CETESB (2007)

Tabela 5 – Classificação do IQA - NSF

FAIXA DE VALORES	CLASSIFICAÇÃO	COR
0-25	Muito ruim	Vermelho
26-50	Ruim	Laranja
51-70	Regular	Amarelo
71-90	Bom	Verde
91-100	Excelente	Azul

Fonte: Ott (1978)

A partir desse estudo, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA para as condições do Estado de São Paulo, considerando a temperatura, o lançamento de esgotos predominantemente domésticos nos rios, entre outras características particulares.

O IQA modificado pela CETESB abrange os mesmos parâmetros do IQA-NSF, utilizando os mesmos pesos, e sendo determinado pelo produtório ponderado das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade (equação 1), que são obtidas através da aplicação das equações específicas para cada variável (tabelas 6 à 14).

No cálculo original do IQA pela NSF, considera-se o nitrogênio na forma de nitrato. Já nos cálculos do IQA da CETESB houve uma adaptação em relação a esse parâmetro, uma vez que no Estado de São Paulo os rios se mostram mais comprometidos por esgotos domésticos, que são ricos em outras formas de nitrogênio, tais como o nitrogênio orgânico e o amoniacal. Dessa forma, os cálculos são feitos considerando-se o nitrogênio total (nitrogênio amoniacal, orgânico, nitrito e nitrato).

No IQA da CETESB, para encontrar a quantidade de OD saturado faz-se o uso das equações 2 e 3:

$$c5 = (14,62 - (0,3898 * b5) + (0,006969 * (b5^2)) - (0,00005896 * b5^3)) * ((1 - 0,0000228675 * b6) * 5,167)$$

(Equação 2)

Onde:

c5: equação geral para cálculo de oxigênio dissolvido considerando a temperatura e a altitude;

b5: temperatura;

b6: altitude

$$c6 = \frac{b4 * 100}{c5} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

b4: valor medido de OD em mg/l de O₂;

c5: equação geral para O₂ considerando T e altitude;

c6: equação geral para cálculo de OD envolvendo temperatura, altitude e valor medido de OD em mg/l de O₂.

Tabela 6 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade OD

% OD_{SAT}.	EXPRESSÃO
0 – 50	$q1=[0,34.(\%OD_{SAT.})+0,008095.(\%OD_{SAT.})^2+1,35252.10^{-5}.(\%OD_{SAT.})^3]+3$
51 – 85	$q1=[-1,166.(\%OD_{SAT.})+0,058.(\%OD_{SAT.})^2-3,803435.10^{-4}.(\%OD_{SAT.})^3]+3$
86 – 100	$q1=[3,7745.(\%OD_{SAT.})0,704889]+3$
101 –140	$q1=[2,90.(\%OD_{SAT.})+0,025.(\%OD_{SAT.})^2+5,60919.10^{-5}.(\%OD_{SAT.})^3]+3$
> 140	$q1=50$

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 7 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade CF

CF/ 100 ML	EXPRESSÃO
0	$q2=100$
1 – 10	$q2=100- 33,5.\log CF$
11 – 105	$q2=100- 37,2\log CF+ 3,607145.(\log CF)^2$
> 105	$q2=3$

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 8– Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade pH

PH	EXPRESSÃO
$\leq 2,0$	$q3=2,0$
2,1–4,0	$q3=13,6- 10,64.pH+ 2,4364.(pH)^2$
4,1–6,2	$q3=155,5- 77,36.pH+ 10,2481.(pH)^2$
6,3–7,0	$q3=-657,2+ 197,38.pH- 12,9167.(pH)^2$
7,1–8,0	$q3=-427,8+ 142,05.pH- 9,695.(pH)^2$
8,1–8,5	$q3=21,6- 16,0.pH$
8,6–9,0	$q3=1,415823.e-(1,1507.pH)$
9,1–10,0	$q3=288,0- 27,0.pH$
10,1–12,0	$q3=633,0- 106,5.pH+ 4,5.(pH)^2$
>12,0	$q2=3,0$

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 9 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade DBO

DBO ₅	EXPRESSÃO
0,0–5,0	$q_4 = 59,96 \cdot e^{-(0,1232728 \cdot DBO)}$
5,1–15,0	$q_4 = 104,67 - 31,5463 \cdot \ln DBO_5$
15,1–30,0	$q_3 = 4.394,91 \cdot (DBO_5)^{-1,99809}$
>30,0	$q_2 = 2,0$

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 10 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade NT

NT (MG/L)	EXPRESSÃO
0,0–10,0	$q_5 = 100,0 - 8,169 \cdot NT + 0,3059(NT)^2$
10,1–60,0	$q_5 = 101,9 - 23,1023 \cdot \ln NT$
60,1–100,0	$q_5 = 159,3148 \cdot e^{-(0,0512842 \cdot NT)}$
>100,0	$q_5 = 1,0$

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 11 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade PT

PT (MG/L)	EXPRESSÃO
0,0–1,0	$q_6 = 99,9 \cdot e^{-(0,91629 \cdot PT)}$
1,1–5,0	$q_6 = 57,6 - 20,178 \cdot PT + 2,1326 \cdot (PT)^2$
5,1–10,0	$q_6 = 19,08 \cdot e^{-(0,13544 \cdot PT)}$
>10,0	$q_6 = 5,0$

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 12 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade Tur

TUR (UT)	EXPRESSÃO
0,0–25,0	$q_7 = 100,17 - 2,67 \cdot Tur + 0,03755 \cdot (Tur)^2$
25,1–100,0	$q_7 = 84,96 \cdot e^{-(0,016206 \cdot Tur)}$
>100,0	$q_7 = 5,0$

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 13 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade ST

ST (MG/L)	EXPRESSÃO
0–150	$q_8 = 79,75 + 0,166 \cdot ST - 0,001088 \cdot (ST)^2$
151–500	$q_8 = 101,67 - 0,13917 \cdot ST$
>500	$q_8 = 32,0$

Fonte: CETESB (1979).

Tabela 14 – Expressões analíticas para cálculo do sub-índice de qualidade T

ΔT	EXPRESSÃO
$\leq -5,0$	$q_9 = 30,0$
-4,9–0,0	$q_9 = 92,5 + 1,3 \cdot \Delta T - 1,32 \cdot (\Delta T)^2$
0,1–3,0	$q_9 = 92,5 - 2,1 \cdot \Delta T - 1,8 \cdot (\Delta T)^2$
3,1–5,0	$q_9 = 233,17 \cdot (\Delta T)^{-(1,09576)}$
5,1–150	$q_9 = 75,27 - 8,398 \cdot \Delta T + 0,265455 \cdot (\Delta T)^2$
>15,0	$q_9 = 9,0$

Fonte: CETESB (1979).

A classificação da qualidade da água segundo o IQA da CETESB é realizada utilizando os critérios da tabela 15.

Tabela 15 – Classificação da qualidade das águas (CETESB)

VALOR	CLASSIFICAÇÃO	COR
80-100	Ótima	Azul
52-79	Boa	Verde
37-51	Regular	Amarelo
20-36	Ruim	Vermelho
0-19	Péssima	Preto

Fonte: CETESB (2007)

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Com o intuito de se ter uma melhor compreensão dos resultados obtidos na presente pesquisa, no que diz respeito ao monitoramento das condições de balneabilidade das praias de Pirangi, temas como aspectos climáticos, populacionais e a situação do esgotamento sanitário na região são apresentados por possuírem significativa influência na qualidade das águas.

3.1 Localização

As praias de Pirangi estão inseridas nos municípios de Parnamirim e Nísia Floresta, localizados no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, a aproximadamente 14 km de distância da cidade de Natal. O acesso se faz essencialmente pela rodovia RN-063, partindo-se de Natal pela rodovia BR-101.

Parnamirim integra a Região Metropolitana de Natal juntamente com os municípios de Ceará Mirim, Extremoz, São Gonçalo do Amarante, Macaíba, São José de Mipibu e Nísia Floresta, abrangendo uma área de 126,6 Km², que corresponde a 0,24% da área do Estado e a 5% da área da Região Metropolitana (Parnamirim, 2009).

Já o município de Nísia Floresta possui uma área total de 312,2 km², equivalente a 0,59% da superfície do Estado e, conta com os seguintes povoados: Sapé, Golandi, Currais, Genipapeiro, Morrinhos, Oitizeiro, Campo de Santana, Timbó, Boa Água, Bonfim, Mazapas, Cachoeira, Pium, Alcaçus, Pirangi do Sul, Barra de Tabatinga, Camurupím, Barreta e Búzios (Nísia Floresta, 2009).

3.2 Aspectos climáticos e físicos

Segundo a classificação de Köppen, o Litoral Oriental do Rio Grande do Norte apresenta clima do tipo AS´ quente e úmido e está caracterizado por duas estações bem definidas: uma seca (meses de setembro a fevereiro) e outra chuvosa (meses de março a agosto) (IDEMA, 2003).

Nas praias do litoral oriental potiguar, as ondas que chegam à costa, quase sempre de SE, geram correntes costeiras no sentido S-N. No entanto, correntes costeiras no sentido N-S podem ser verificadas nos raros períodos com influência significativa dos ventos de NE (DINIZ, 2002).

A área em estudo está localizada em região xerotérmica, de secas no verão, com tipo climático nordestino (3 cTh), cuja temperatura mínima nunca é inferior a 15°C, de acordo com a classificação bioclimática de GAUSEN, baseada no ritmo das temperaturas e precipitações durante o ano. A ocorrência pouco comum do clima (3 cTh) no litoral do Rio Grande do Norte é devido à predominância dos alísios de E e SE, da massa equatorial atlântica (mEa) (ARCO, 2007). Tinôco (2008) corrobora com esta informação e acrescenta que na área da praia de Pirangi o sentido predominante dos ventos, ao longo do ano, é o de SE. A tabela 16 traz informações detalhadas sobre o comportamento do clima da área em tela no ano de 2006.

Tabela 16 – Dados climáticos da área de estudo da estação meteorológica do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI)

MESES (2006)	VENTO				TEMPERATURA			PRECIPITAÇÃO		
	Dir.	Vel.	Dir.	Vel.	Média	Máx.Abs.	Mín.Abs.	SOMA	Maior	DIAS
	Graus	m/s	Graus	m/s	°C	°C	°C	MM	MM	QTD
Jan	150	3,3	160	7,1	28,4	33,0	22,0	2,8	1,5	6
Fev	120	2,7	150	6,1	29,0	33,2	24,0	35,0	24,7	9
Mar	090	2,5	100	5,1	29,2	33,7	24,5	116,1	43,3	13
Abr	120	2,0	150	6,1	28,1	33,4	24,0	305,6	93,6	21
Mai	120	2,3	150	8,7	27,5	32,2	23,0	191,0	44,1	24
Jun	180	2,1	150	6,1	26,1	32,0	22,0	327,2	92,6	25
Jul	150	2,1	120	6,6	25,8	31,0	21,0	111,8	25,7	19
Ago	150	2,6	160	9,2	26,0	31,0	20,7	60,7	26,8	15
Set	120	2,8	180	7,7	26,8	31,2	21,0	42,5	9,9	14
Out	120	2,9	120	6,6	28,0	32,0	23,0	5,0	3,6	4
Nov	090	2,7	120	6,6	28,3	32,6	24,6	62,8	55,8	6
Dez	100	3,0	120	6,6	28,3	32,8	24,0	104,0	86,6	10

Fonte: CLBI (2006)

3.3 Aspectos demográficos

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007), o município de Parnamirim apresenta uma população estimada de 172.751 habitantes, enquanto que, no município de Nísia Floresta, este valor corresponde a 22.906 habitantes. As figuras 6 e 7 apresentam a evolução e a taxa

média de crescimento anual da população do município de Parnamirim no período de 1970 à 2000 e a população residente por bairro e zona rural, respectivamente.

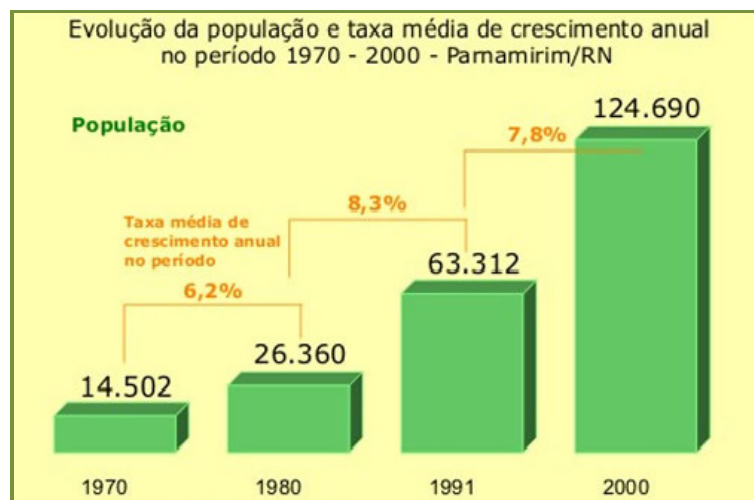


Figura 6 - Evolução e taxa média de crescimento anual da população do município de Parnamirim (1970-2000).

Fonte: Parnamirim (2009)

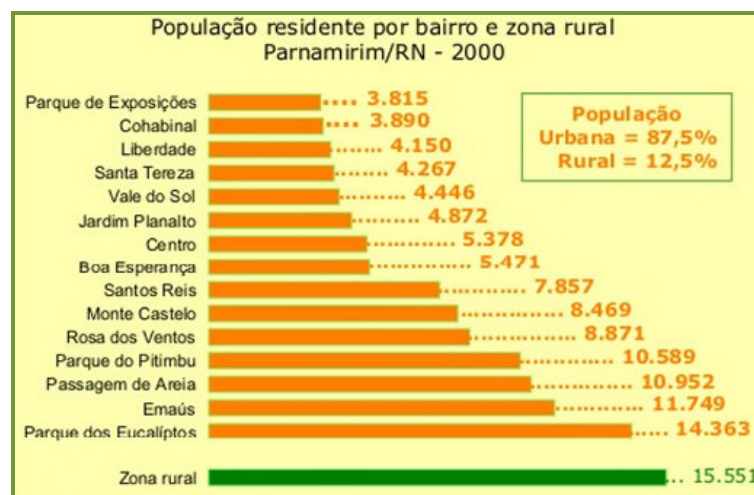


Figura 7 - População residente por bairro e zona rural do município de Parnamirim.

Fonte: Parnamirim (2009).

3.4 Esgotamento sanitário

A situação atual do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) de Parnamirim é bastante precária. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2006) demonstraram que, enquanto o índice de atendimento total de água era

de 93,93% e o urbano 100%, os índices de atendimento total e urbano de esgoto eram respectivamente de 0,11 e 0,13%. No município de Nísia Floresta não há atendimento em relação à coleta de esgoto e, apenas 38% da população é atendida com abastecimento de água potável pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

A maior parte da população destes municípios utiliza a combinação fossa séptica-sumidouro como forma de tratar e dispor os esgotos produzidos. Existem ainda aqueles que os direcionam para as sarjetas das ruas ou fazem ligações clandestinas para as galerias pluviais, as quais são geralmente direcionadas para cursos d'água, ocasionando, dessa forma, a contaminação dos mesmos e a redução da qualidade da água, além do comprometimento dos seus diversos usos.

Essa degradação ambiental será provavelmente mitigada quando estiver implantado e em funcionamento o novo SES do município de Parnamirim, o qual está atualmente em processo de análise e aprovação pelo órgão ambiental do estado (IDEMA).

Os bairros a serem atendidos por este sistema serão: Boa Esperança, Cohabinal, Emaús, Jardim Planalto, Monte Castelo, Nova Parnamirim (Parque do Pitimbu e Parque dos Eucaliptos segundo a classificação do IBGE), Passagem de Areia, Rosa dos Ventos, Santa Tereza, Santos Reis, Vale do Sol e Vida Nova (ACQUATOL, 2008). O quadro 6 apresenta outras informações sobre o projeto.

Quadro 6 – Dados sobre o projeto de esgotamento sanitário de Parnamirim

POPULAÇÃO TOTAL ATENDIDA EM 2027	371.913 HAB.
Vazão média	550 l/s
Vazão máxima	963 l/s
Concentração de Coliformes	1,0x10 ⁷ NMP/100 ml
Sistema de tratamento	Gradeamento fino, caixas de areia, Reatores Anaeróbios de fluxo Ascendente (RAFA), filtros biológicos aerados submersos, câmaras anóxicas, decantadores secundários e desinfecção por ultravioleta.

Fonte: ACQUATOL (2008).

Além deste projeto, existe um outro que irá abranger a comunidade de Pium, e as Praias de Cotovelo e Pirangi, pertencentes ao município de Parnamirim. O

projeto prevê atender a uma população inicial de 29.680 habitantes e estima que em 2027 a população beneficiada seja de 51.386. O sistema de tratamento adotado será o de lagoas de estabilização, formada por duas lagoas anaeróbias, seguida por uma lagoa facultativa e duas lagoas de maturação, com pós-tratamento físico-químico e cloração. O efluente tratado deverá ser lançado no Rio Pirangi, a jusante da ponte que liga Cotovelo a comunidade de Pium (ARCO, 2007).

3.5 Caracterização da área da Bacia Hidrográfica Pirangi (BHP)

A Bacia Hidrográfica Pirangi (BHP) localiza-se na Região Nordeste do Brasil, no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Segundo a Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos – SERHID (RIO GRANDE DO NORTE, 2009), sua área é de aproximadamente 458 km², correspondendo a 0,9% do território estadual, abrangendo parte dos municípios de Parnamirim, São José de Mipibu, Vera Cruz, Nísia Floresta, Macaíba e Natal, sendo formada pelos rios Pitimbu, Pium e Pirangi e pelos riachos Taborda e Água Vermelha.

Um dos rios mais importantes da bacia para a cidade de Natal, no que diz respeito ao abastecimento de água para consumo humano, é o rio Pitimbu, pois ele é o principal afluente da lagoa do Jiqui, responsável por 30% da água potável que abastece a Região Metropolitana de Natal.

A vazão de alguns destes cursos d'água foi medida no desenvolvimento do trabalho de Lucena (2005), sobre a implicação da compartimentação estrutural no aquífero barreiras na área da bacia hidrográfica referida, incluindo as entradas e saídas das lagoas do Pium e Jiqui e a foz do Rio Pirangi (tabela 17).

Tabela 17 - Evolução mensal das descargas nas seções fluviométricas dos rios Pitimbu, Pium e do riacho Taborda.

MÉDIAS MENSAIS		ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS				
Q (M³/S)	Rio Pitimbu	Rio Pitimbu	Rio Pium	Rio Pium	Riacho	
ANO: 2001	(in Lagoa do Jiqui)	(out Lagoa do Jiqui)	(in Lagoa do Pium)	(out Lagoa do Pium)	Taborda	Rio Pirangi
Março	2,02583	1,48393	0,31107	1,17835	3,88875	6,95664
Abril	1,66649	1,48886	0,38560	0,73313	3,34195	4,62655
Maio	1,34412	0,90022	0,25743	0,70395	2,40389	3,21716
Junho	1,59480	1,36667	0,17793	0,74822	-	3,60115
Julho	1,45440	0,90392	0,11353	0,51002	2,33858	3,45646
Agosto	1,12501	0,81524	0,09799	0,41457	2,02763	3,07435
Setembro	1,04101	0,60978	0,08546	0,34740	1,55175	2,50390
Outubro	0,90082	0,51586	0,08632	0,33901	1,77673	2,55696
Novembro	0,79617	0,37974	0,14810	0,20684	1,42359	2,09665
Dezembro	0,80006	0,37312	0,10703	0,28344	1,39744	2,30853

Fonte: adaptado de Lucena (2005)

O Rio Pirangi, por sua vez, desemboca na praia homônima e forma uma pequena extensão de manguezais propiciada por um ligeiro alargamento do seu leito na depressão costeira local. Os sedimentos de manguezal ocorrem na desembocadura do Rio Pirangi, entre as praias de Pirangi do Norte e Pirangi do Sul, sendo facilmente identificáveis pela flora (*Rhizophora mangle*), fauna e odor característicos. O conteúdo sedimentológico é constituído por um substrato lamoso de coloração escura, com uma crescente percentagem de areia em direção ao domínio de praias recentes (LUCENA, 2005).

Do ponto de vista geológico, o embasamento da bacia em questão é constituído, predominantemente, por sedimentos quaternários (dunas, paleodunas, aluviões e coberturas indiferenciadas) e terciário-quaternários do Grupo Barreiras (RIO GRANDE DO NORTE, 1998).

Na tabela 18 está apresentada a distribuição espacial das diversas classes de uso do solo identificadas na bacia.

Tabela 18 – Usos do solo na BHP

CLASSES DE USO DO SOLO	ÁREA	
	KM ²	%
Mata	1,2	0,3
Vegetação de Tabuleiro	48,5	10,6
Vegetação Antropizada de Tabuleiro	302,4	65,9
Manguezais	18,0	3,9
Agricultura	69,9	15,2
Áreas Urbanas	7,1	1,5
Lagoas/Açudes	11,8	2,6
Total	458,9	100,0

Fonte: Rio Grande do Norte (1998)

A região onde fica inserida a BHP é representada climatologicamente por dois períodos chuvosos, um que tem início no mês de fevereiro e estende-se até maio, com pico das chuvas no mês de abril, e outro que se inicia em maio, prolongando-se até agosto, com pico em junho. A estação chuvosa apresenta em média um período úmido de 150 dias (BRISTOT, 1999 *apud* LUCENA, 2000).

A economia é constituída principalmente por um conjunto de atividades agropecuárias. A agricultura apresenta-se bastante diversificada, com cultivos significativos de coco, cana-de-açúcar, mandioca, banana, mamão, laranja e hortaliças em geral. A existência de uma grande quantidade de culturas se dá tanto pelas condições técnicas (dentre as quais os perímetros irrigados com água proveniente das lagoas locais), como pela proximidade de Natal, grande centro consumidor. Em termos de pecuária, destacam-se a bovino-cultura de corte e a de leite, além da avicultura de corte e de postura. A atividade industrial vem obtendo novos incentivos do Governo do Estado, através de melhorias na infra-estrutura do Centro Industrial Avançado (CIA), situado no parque industrial de Parnamirim, o que favoreceu a instalação de novas indústrias na região (LUCENA, 2005).

Além disso, os cursos d'água da BHP são utilizados pela população para o lazer com a presença de vários balneários e bares, localizados, principalmente, nos rios Pium e Pirangi.

4. METODOLOGIA

O trabalho de campo foi realizado no período de 13 de dezembro de 2007 a 24 de dezembro de 2008, onde foram coletadas e analisadas amostras de água das praias de Pirangi do Sul, Pirangi do Norte e do Rio Pirangi, em cinco pontos de monitoramento já estabelecidos pelo programa Água Azul.

Para efeito de maior embasamento sobre as condições sanitárias das Praias de Pirangi do Sul e do Norte e sobre a influência da Bacia Hidrográfica Pirangi nas mesmas, foi realizada, paralelamente ao estudo da qualidade das águas, uma investigação da qualidade sanitária das areias destas praias. As amostras coletadas foram submetidas à análises microbiológicas, com o intuito de identificar e quantificar os microorganismos indicadores de contaminação fecal escolhidos para a presente pesquisa, que foram os Enterococos e os Coliformes termotolerantes. As amostragens e análises microbiológicas foram realizadas em semanas consecutivas. Além disso, foi feita uma avaliação sobre a qualidade da água da BHP, através do Índice de Qualidade da Água (IQA), em quinze pontos distribuídos ao longo da mesma.

Durante todo o período de duração do trabalho de campo houve o levantamento de dados qualitativos e quantitativos das condições ambientais da área de estudo, tais como observação de resíduos sólidos e líquidos, presença de animais e dados de precipitação pluvial.

4.1 Pontos de monitoramento

As localizações precisas dos cinco pontos de monitoramento das praias (PA-01, PA-02, PA-03, PA-05 e NF-04) estão apresentadas no quadro 7 e ilustradas na figura 8.

Quadro 7 – Localização precisa dos pontos de monitoramento

PONTOS DE MONITORAMENTO	MUNICÍPIO	REFERÊNCIAS	COORDENADAS UTM	
			ESTE	NORTE
PA-01	Parnamirim	Rio Pirangi (ponte nova)	264611	9338124
PA-02		Praia de Pirangi do Norte (em frente à APURN)	264971	9338824
PA-03		Praia de Pirangi do Norte (coqueiros)	264577	9339500
PA-05		Rio Pirangi (balneário)	260627	9341446
NF-04	Nísia Floresta	Praia de Pirangi do Sul (igreja)	265398	9337990

Fonte: adaptado de IDEMA (2006)

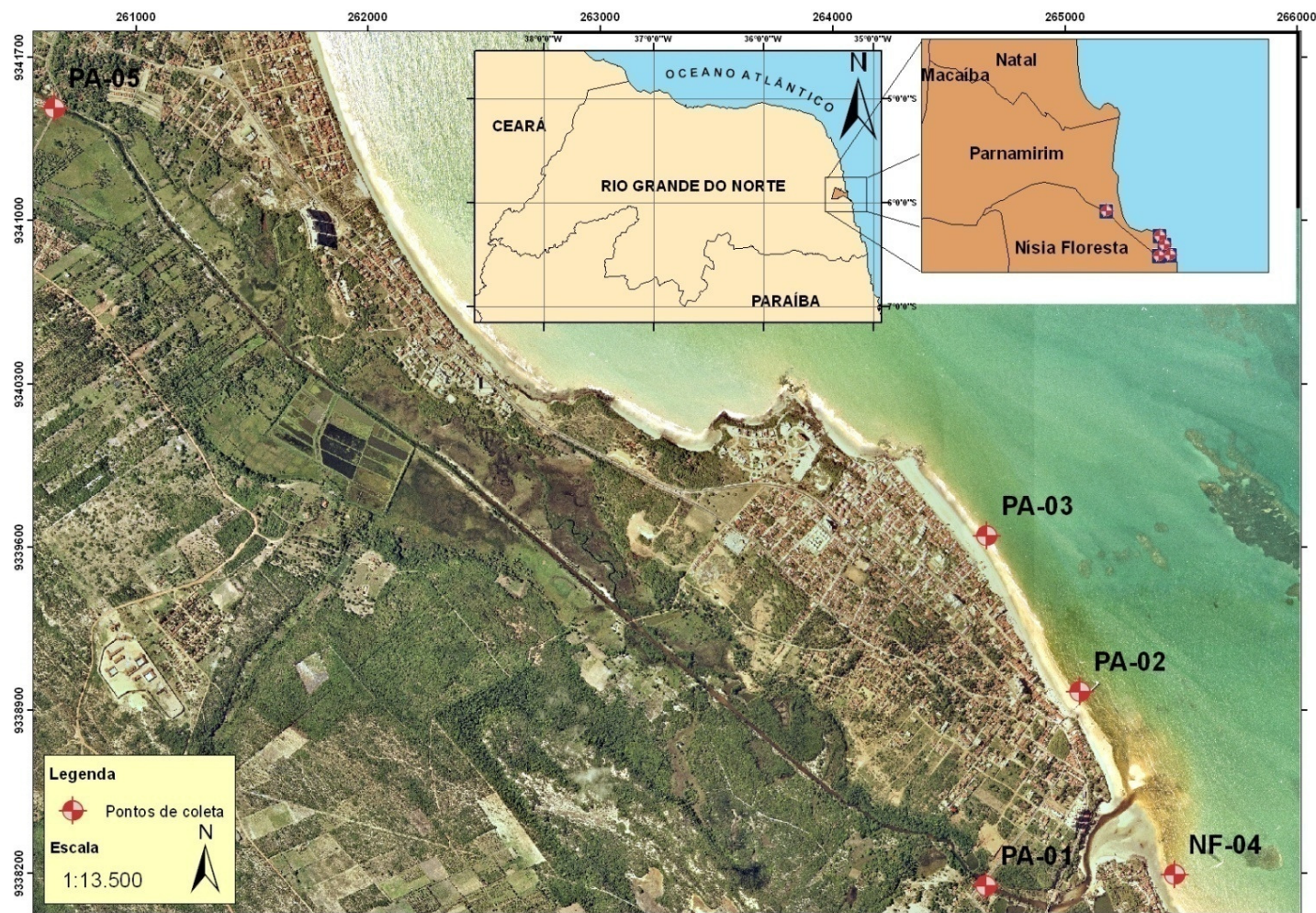


Figura 8 - Mapa e fotografia aérea com a localização dos pontos de monitoramento das praias

Elaborador por: Robson G. da Silva / Fonte de dados: Prodetur/IBGE (2007)

As figuras 9 à 13 apresentam os cinco pontos de monitoramento supracitados.



Figura 9 – PA 01 (Rio Pirangi / ponte nova).



Figura 10 – PA 02 (Pirangi do Norte / APURN).



Figura 11 – PA 03 (Pirangi do Norte / barracas).



Figura 12 – PA 05 (Rio Pirangi / balneário).



Figura 13 – NF 04 (Pirangi do Sul / igreja)

As localizações precisas dos quinze pontos de monitoramento da BHP estão apresentadas no quadro 8 e ilustradas na figura 14.

Quadro 8 - Localização precisa dos pontos de monitoramento da BHP.

PONTOS DE MONITORAMENTO	MUNICIPIO	REFERÊNCIAS	COORDENADAS UTM	
			ESTE	NORTE
P01	Parnamirim	Rio Pirangi (ponte velha)	264834	9337870
P02		Rio Pirangi (ponte nova)	264559	9337966
P03		Rio Pirangi (circo da folia)	263047	9339108
P04		Rio Pirangi/RN 313 (balneário)	260572	9341470
P05		Rio Pium (à montante do Balneário)	260091	9341700
P06		Rio Pium/RN 313 (casa do chico)	260077	9340812
P07		Lagoa do Pium	256805	9339011
P08		Rio Pitimbu (EMPARN)	258688	9344222
P09		Riacho Taborda/RN 313	252447	9342091
P10		Riacho Água Vermelha	252034	9343177
P11		Rio Pitimbu (Nova Parnamirim)	256172	9347013
P12		Rio Pitimbu/BR 101	253588	9349474
P13		Rio Pitimbu (Ponte na BR 304)	248625	9348690
P14		Rio Pitimbu (Passagem de Areia)	247580	9346930
P15		Riacho Taborda/BR 101	249340	9340455

Fonte: adaptado de IDEMA (2008)

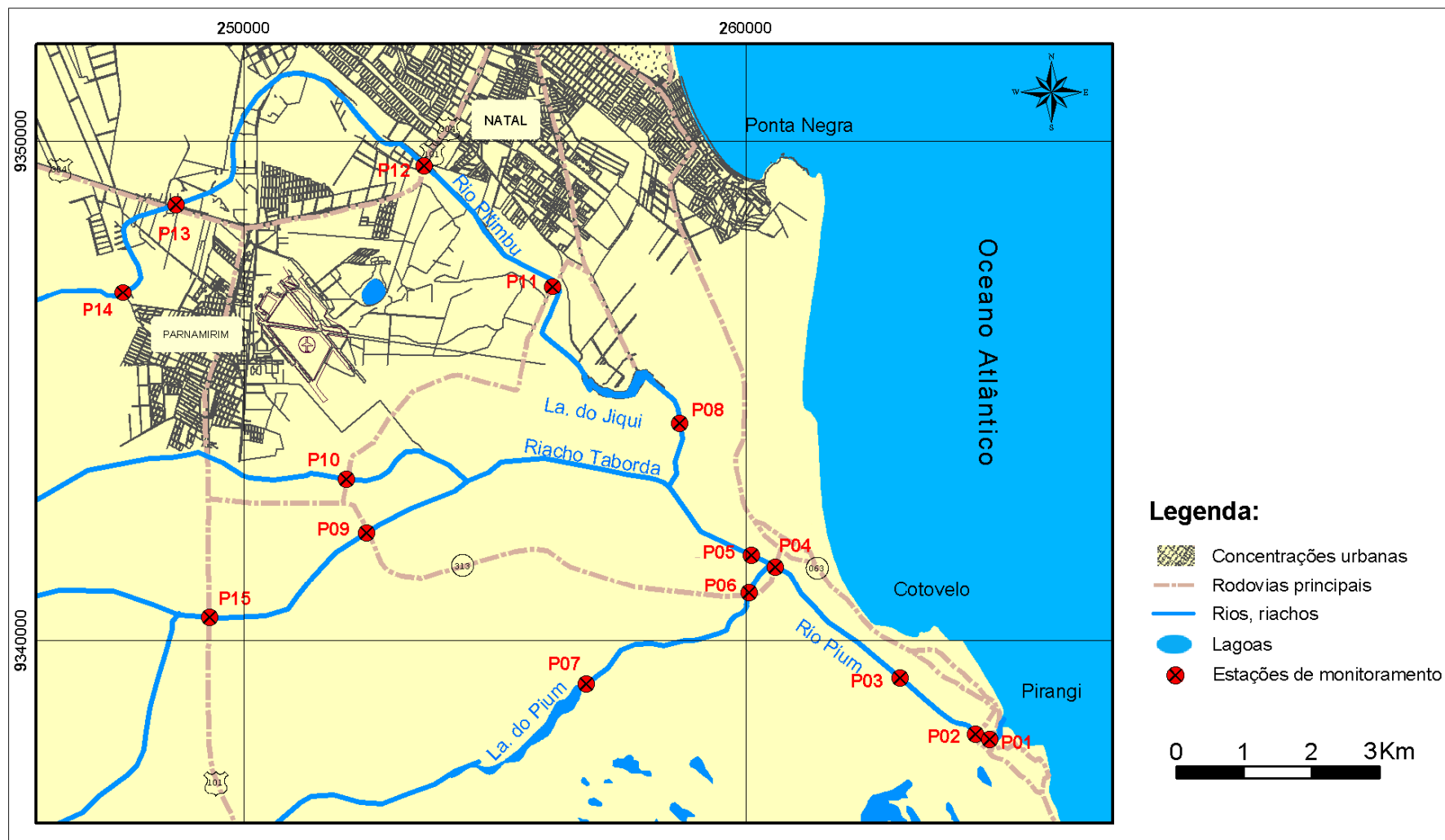


Figura 14 – Mapa com a localização dos quinze pontos de monitoramento da BHP.

Fonte: IDEMA (2008)

As figuras 15 à 29 mostram os quinze pontos de monitoramento distribuídos ao longo da BHP.



Figura 15 – P 01 (Rio Pirangi)



Figura 16 – P 02 (Rio Pirangi)



Figura 17 – P 03 (Rio Pirangi)



Figura 18 – P 04 (Rio Pium)



Figura 19 – P 05 (Rio Pium)



Figura 20 – P 06 (Rio Pium)



Figura 21 – P 07 (Lagoa do Pium)



Figura 22 – P 08 (Rio Pitimbu)



Figura 23 – P 09 (Riacho Taborda)



Figura 24 – P 10 (Riacho Água Vermelha)



Figura 25 – P 11 (Rio Pitimbu)



Figura 26 – P 12 (Rio Pitimbu)



Figura 27 – P 13 (Rio Pitimbu)



Figura 28 – P 14 (Rio Pitimbu)



Figura 29 – P 15 (Riacho Taborda)

4.2 Amostragem das águas das praias

Os métodos de amostragem das águas são os especificados pela *APHA* (2005), como orienta a resolução CONAMA nº 274 de 2000.

As coletas de água foram realizadas semanalmente. A amostragem foi efetuada em locais com lâmina d'água média de 1,0 metro, que representam a principal faixa de uso das praias, e durante as marés baixas, onde se espera a maior influência das águas do Rio Pirangi nas praias.

Para as coletas de água foram utilizados frascos de polietileno estéreis com capacidade de 250 ml, sendo as amostras coletadas em uma profundidade de aproximadamente 30 cm abaixo da superfície da água.

Após a coleta, as amostras foram preservadas em recipiente refrigerado e transportadas imediatamente ao laboratório de Águas e Esgotos do IFRN, para a

determinação da concentração dos microorganismos Coliformes termotolerantes e Enterococos presentes na mesma.

4.3 Amostragem da areia das praias

As amostragens de areia foram realizadas semanalmente, concomitantes com as coletas de água, sendo efetuadas nas praias oceânicas, em frente aos respectivos pontos de coleta de água. Foram escolhidos dois pontos, o PA - 02 e o NF - 04 (um ao norte e outro ao sul do rio Pirangi) por serem os mais próximos do exutório da BHP.

A metodologia de coleta da areia seguiu algumas orientações do trabalho de Nassim Boukai (2005) e da ABAE. A coleta foi realizada na areia úmida, em uma área delimitada de 21 m² (Figura 30), de onde foram coletadas 21 sub-amostras com o auxílio de uma espátula de metal estéril, sendo retirada uma sub-amostra de aproximadamente 5g do centro de cada 1 m², em uma profundidade entre 5 e 15 cm. A amostra foi colocada em um frasco de polietileno, com capacidade de 250 ml, devidamente lavado e esterilizado e, em seguida, acondicionada em caixas térmicas e transportada ao Laboratório de Água e Esgotos do IFRN, para a determinação e quantificação dos indicadores Coliformes termotolerantes e Enterococos.

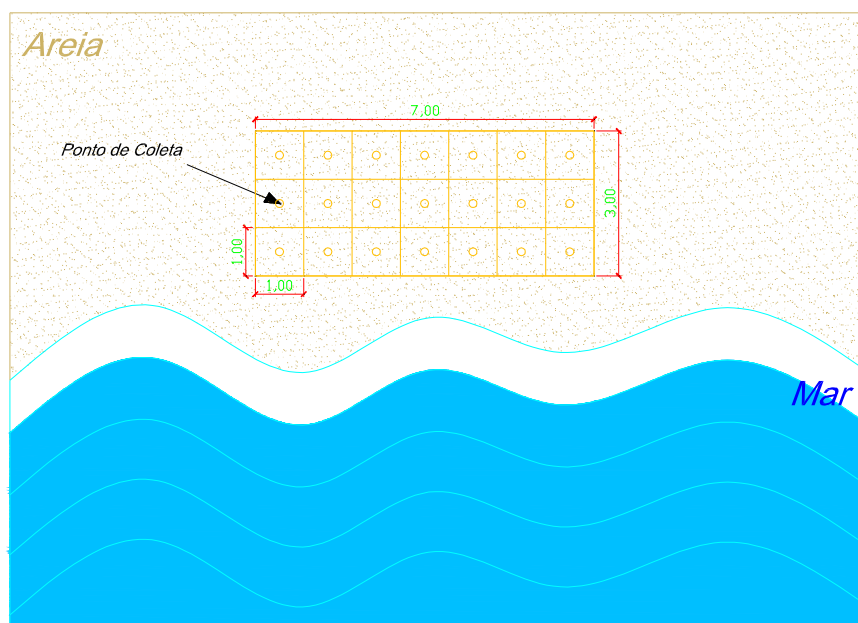


Figura 30 – Desenho esquemático da delimitação das áreas de coleta da amostra de areia

4.4 Amostragem de água para o Índice de Qualidade da Água

As amostragens foram realizadas semanalmente em quinze pontos distribuídos ao longo da BHP, em duas campanhas, uma caracterizada pelo período chuvoso e outra pelo período seco, ambas em cinco semanas consecutivas. A primeira etapa se estendeu de 13 de janeiro a 10 de fevereiro de 2008 e, a segunda de 17 de julho a 17 de agosto do mesmo ano.

Para as análises físico-químicas, as amostras foram coletadas em garrafas de plástico com capacidade de dois litros. Para a determinação do oxigênio dissolvido presente no corpo aquático, foi coletada uma amostra de aproximadamente 300 ml em um frasco padrão de DBO, procedendo-se a preservação da amostra em campo (fixação do oxigênio) através da adição de reagentes (sulfato manganoso e azida sódica).

Já para as coletas das amostras destinadas às análises microbiológicas, foram utilizados frascos estéreis com capacidade de 250ml, sendo as amostras coletadas em uma profundidade de aproximadamente 30 cm abaixo da superfície da água, como orienta a *APHA* (2005) e, sempre que possível, no meio do manancial, pois nas margens a água é mais poluída e há acúmulo de matéria orgânica, o que aumenta a população de bactérias e faz com que os resultados das análises não representem a verdadeira realidade da qualidade da água do corpo aquático.

4.5 Análise microbiológica da água

A metodologia utilizada para as análises microbiológicas da água seguiu as técnicas descritas em *APHA* (2005). Para a análise foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos, que consiste na inoculação de diferentes quantidades da amostra, através da diluição (figura 31), em tubos de ensaio contendo o meio de cultura apropriado para determinada bactéria.

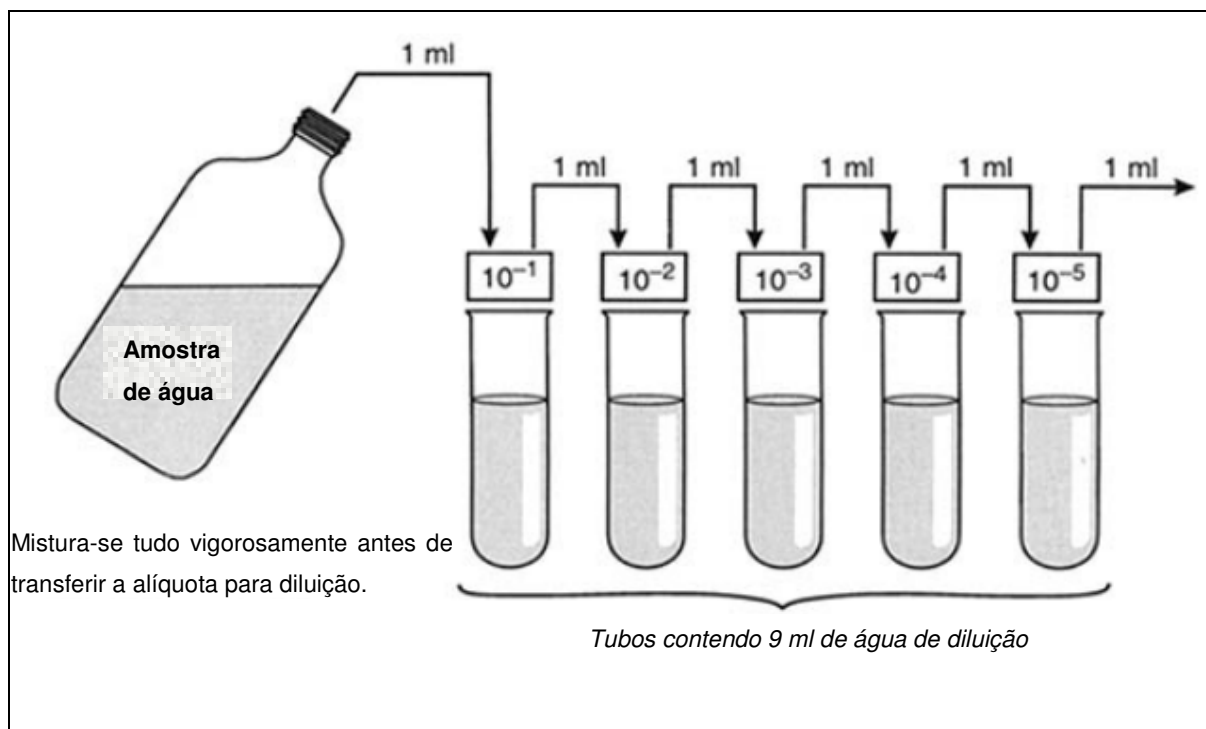


Figura 31 – Esquema do procedimento de diluição da amostra.

Fonte: adaptado de WHO (2000)

Na análise dos Coliformes termotolerantes foi usado o meio de cultura A₁ e na de Enterococos utilizou-se o chromocult, ambos da empresa Merck. As análises foram realizadas tomando-se os cuidados necessários de assepsia. Todo o material foi autoclavado, inclusive a água de diluição, que era preparada no próprio laboratório.

4.6 Análise microbiológica da areia

Para a análise microbiológica da areia das praias foi aplicada uma técnica experimental, já que não existem normas e nem padrões referentes a este tipo de análise.

O seguinte método foi empregado para a determinação da densidade de Coliformes termotolerantes e Enterococos presentes nas amostras de areia das praias: adicionou-se soro estéril no frasco que continha a amostra, para haver uma melhor homogeneização da mesma, antes da retirada de uma alíquota. Em seguida, procedeu-se a agitação por inversão do frasco, repetidas vezes e, logo após, a retirada de uma fração da amostra com uma espátula estéril. A fração retirada foi colocada em um frasco de polietileno, devidamente lavado e autoclavado, para a pesagem, sendo posteriormente adicionado soro estéril. Foi usada uma proporção

de 1g de areia para cada 100 ml de soro para que os resultados pudessem ser projetados na tabela estatística de Número Mais Provável (NMP). Depois desta adição, agitou-se o frasco com o objetivo de “lavar” a areia, para que os microorganismos presentes na mesma se dispersem na água. Deixou-se então o frasco parado, com o intuito de propiciar a decantação da areia. Do “lavado” foi retirada a alíquota para análise. A partir daí, procede-se como preconiza a *APHA* (2005) a respeito da análise de água.

4.7 Coleção de dados complementares

4.7.1 Dados meteorológicos

Os dados de precipitação pluvial observada no período de estudo foram obtidos junto a Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN (EMPARN). Enquanto as outras informações como temperatura, intensidade e direção dos ventos são provenientes da estação meteorológica do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI).

4.7.2 Vazão dos rios da BHP

Com o objetivo de conhecer a vazão dos rios que compõem a Bacia Hidrográfica Pirangi foi realizada uma campanha de medição no dia 14 de março de 2008. Os pontos aferidos foram o P06, P09, P11 e um outro ponto localizado próximo à lagoa do Jiqui.

A metodologia utilizada foi a da medição convencional com molinete hidrométrico, que é usada universalmente para a determinação da vazão em cursos de águas naturais, consistindo em se determinar a área da secção e a velocidade média do fluxo que passa na mesma (SANTOS, 2001).

A área é definida a partir de dados da largura do rio e da profundidade em diferentes pontos ao longo da secção, nos quais é realizada a aferição da velocidade com o molinete hidrométrico.

4.8 Tratamento dos dados

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística utilizando como ferramenta de trabalho o programa *Statistic 6.0 for windows*, sendo ainda analisados através de gráficos produzidos com o auxílio do programa microsoft excel 2007. O

trabalho estatístico consistiu primeiramente na análise da estatística descritiva, a qual contemplou a média aritmética, a média geométrica, a mediana, o desvio padrão e os valores mínimo e máximo.

Para verificar a normalidade dos dados aplicou-se o teste estatístico Shapiro-Wilk's e o teste da distribuição normal de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos no presente estudo durante o período de 12 de dezembro de 2007 a 24 de dezembro de 2008.

5.1 Estatística descritiva básica e verificação da normalidade dos dados

Os resultados encontrados durante a pesquisa para os indicadores Coliformes termotolerantes e Enterococos estão apresentados nas tabelas 19 e 20, expressos em NMP/100 ml, sendo analisados através da estatística descritiva.

Tabela 19 - Resultados da estatística descritiva dos pontos de coleta PA-01, PA-02, PA-03 e NF-04 para o indicador Coliformes termotolerantes (período: 13/12/07 - 12/03/08 e 28/08/08 – 11/12/08).

PONTOS	MÉDIA ARITMÉTICA	MÉDIA GEOMÉTRICA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO
PA-01	805	478	490	33	3500	774
PA-02	401	138	220	2	1600	500
PA-03	229	58	49	2	1600	430
PA-05	2757	614	790	2	24000	5876
NF-04	369	70	79	2	2400	611

Tabela 20 - Resultados da estatística descritiva dos pontos de coleta PA-01, PA-02, PA-03 e NF-04 para o indicador Enterococos (período: 13/12/07 – 24/12/08)

PONTOS	MÉDIA ARITMÉTICA	MÉDIA GEOMÉTRICA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO
PA-01	3.382	697	920	13	33.000	7.442
PA-02	2.709	59	49	1,7	92.000	14.155
PA-03	4.404	42	27	1,7	160.000	24.467
PA-05	11.359	779	540	17	160.000	34.202
NF-04	1.253	50	23	1,7	17.000	3.822

A partir dos valores mínimos e máximos observados nas tabelas acima, verifica-se que é notória a grande variação das concentrações dos dois indicadores em todos os pontos monitorados, sendo comprovada pelos altos valores do desvio

padrão, quando comparados às médias aritméticas, e pela diferença significativa entre estas e as medianas. Desta forma, devido à alta dispersão dos resultados, foi adotada a mediana como valor de tendência central para as devidas comparações no presente trabalho.

A grande variação dos resultados encontrados para esses pontos, verificada na aplicação da estatística descritiva, também pode ser observada no gráfico *box plot* da figura 32, que mostra a mediana e os valores mínimos e máximos de Enterococos e Coliformes termotolerantes para cada um deles.

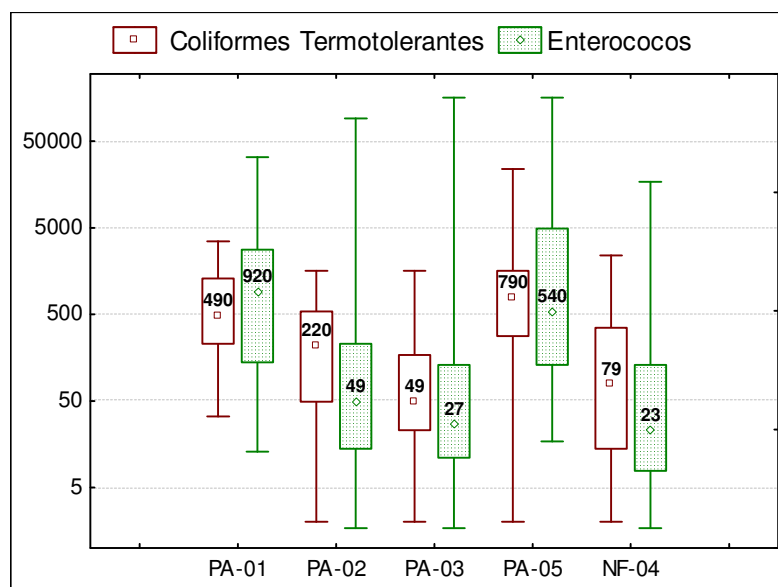


Figura 32 – Mediana e valores mínimo e máximo de Coliformes termotolerantes e Enterococos nos pontos de coleta PA-01, PA-02, PA-03 e NF-04

Os pontos PA-02 e PA-03 apresentaram resultados de Enterococos bastante concentrados abaixo do valor mediano (49 e 27 NMP/100ml, respectivamente), enquanto que 25% deles demonstraram uma grande dispersão acima desse valor, ultrapassando 50.000 NMP/100ml de Enterococos.

No Rio Pirangi (PA-01 e PA-05) foram registradas as maiores medianas, tanto nos resultados do indicador Coliforme termotolerante, quanto nos de Enterococos, sendo o ponto de coleta PA-05 o que apresentou a maior concentração destes indicadores por 100 ml.

Esta dispersão sugere a não existência da normalidade dos dados, portanto, fez-se necessária sua verificação. Para tanto, foram aplicados o teste estatístico Shapiro-Wilk's e a distribuição normal de probabilidade. Nas figuras Figura 33 e Figura 34 estão apresentados os histogramas de freqüência para os pontos PA-01 e

NF-04, produzidos no teste utilizado, o qual confirmou a suspeita de que os dados não possuíam uma distribuição normal, que também é conhecida como gaussiana, sendo verificada dentre outros aspectos através da curva no formato de um sino.

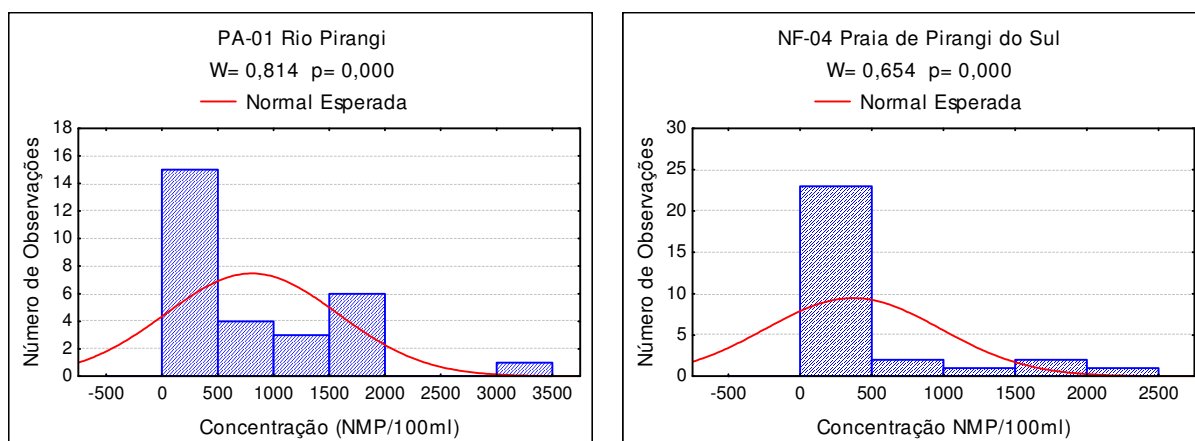


Figura 33 (a, b) - Histogramas de freqüência de Coliformes termotolerantes do teste Shapiro-Wilk's para os pontos PA-01 e NF-04

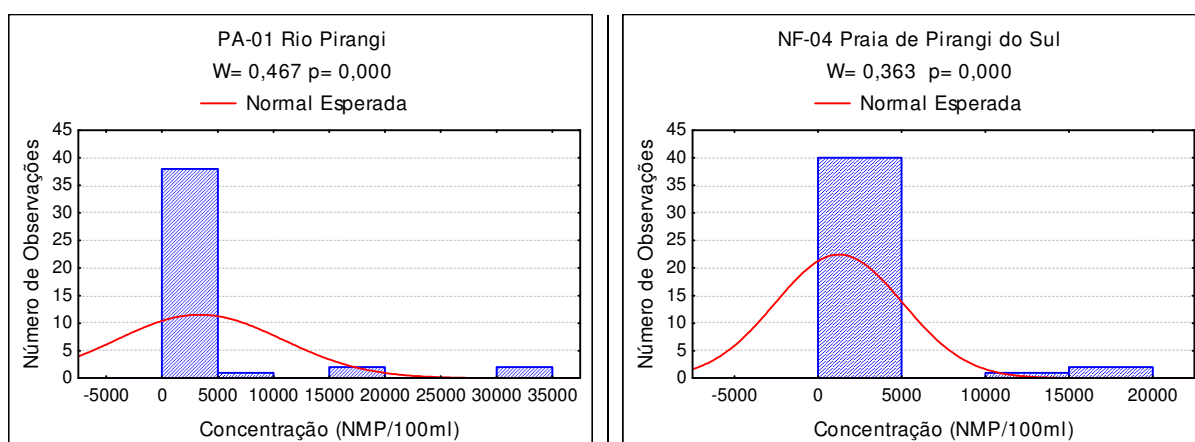


Figura 34 (a, b) – Histogramas de freqüência de Enterococos do teste Shapiro-Wilk's para os pontos PA-01 e NF-04

O gráfico de probabilidade é usado para averiguar se os dados da amostra obedecem a uma distribuição suposta, com base na análise visual subjetiva dos mesmos. No caso da distribuição suposta descrevê-los adequadamente, os pontos que forem plotados devem se posicionar, aproximadamente, ao longo de uma linha reta.

Quando da utilização desse artifício para verificar a suposição da não-normalidade dos dados, obteve-se a ratificação da suspeita (figuras 35 e 36), sendo esta situação constatada para todos os pontos de monitoramento.

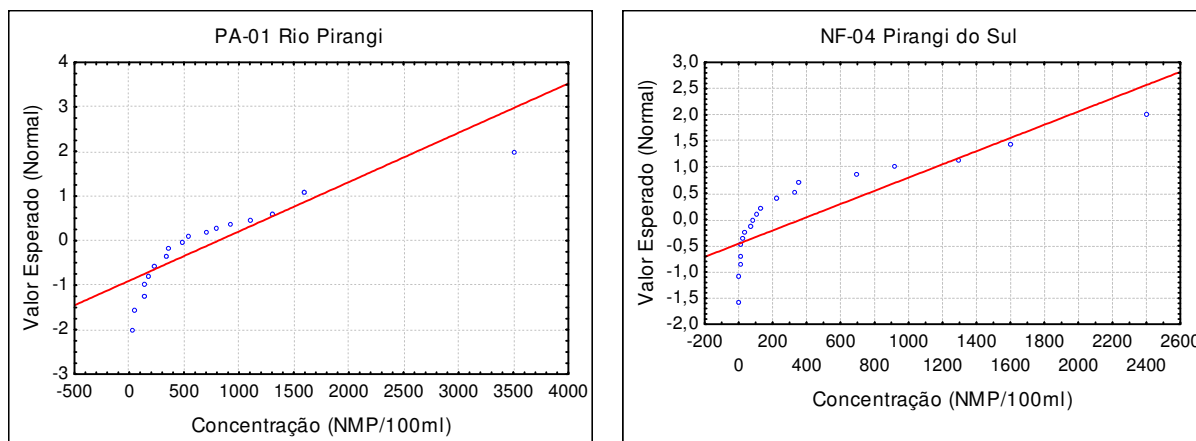


Figura 35 (a, b) – Distribuição normal de probabilidade de Coliformes termotolerantes para os pontos PA-01 e NF-04

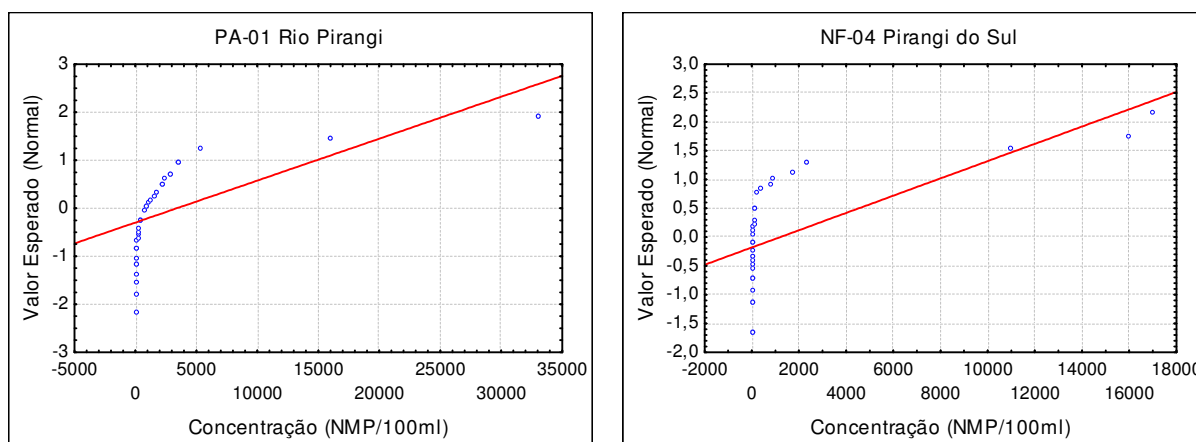


Figura 36 (a, b) – Distribuição normal de probabilidade de Enterococos para os pontos PA-01 e NF-04

O melhor ajuste dos dados à distribuição normal foi encontrado após submetê-los à transformação logarítmica, desta forma, foi possível a sua análise através das ferramentas da estatística.

Os resultados dos testes de Shapiro-Wilk's e da distribuição normal de probabilidade dos dados transformados dos pontos PA-01 e NF-04 confirmaram a melhor adequação destes a distribuição normal (figuras 37 à 40).

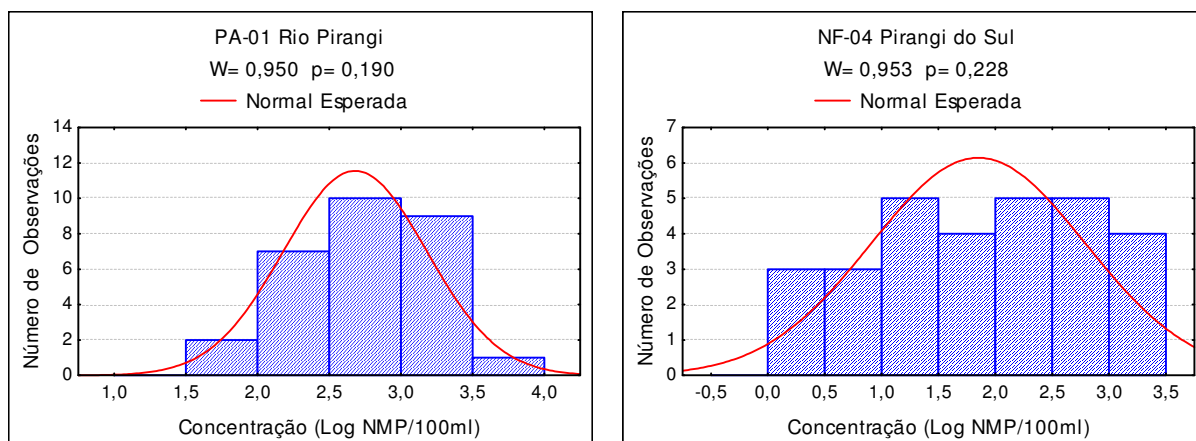


Figura 37 (a, b) - Histogramas de freqüência de Coliformes termotolerantes do teste Shapiro-Wilk's após a transformação logarítmica dos dados para os pontos PA-01 e NF-04

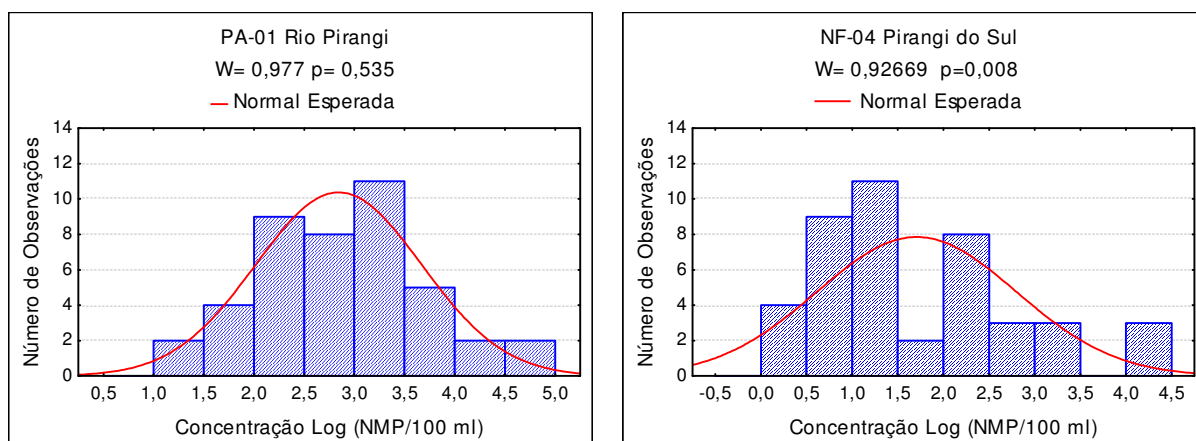


Figura 38 (a, b) – Histogramas de freqüência de Enterococos do teste Shapiro-Wilk's após a transformação logarítmica dos dados para os pontos PA-01 e NF-04

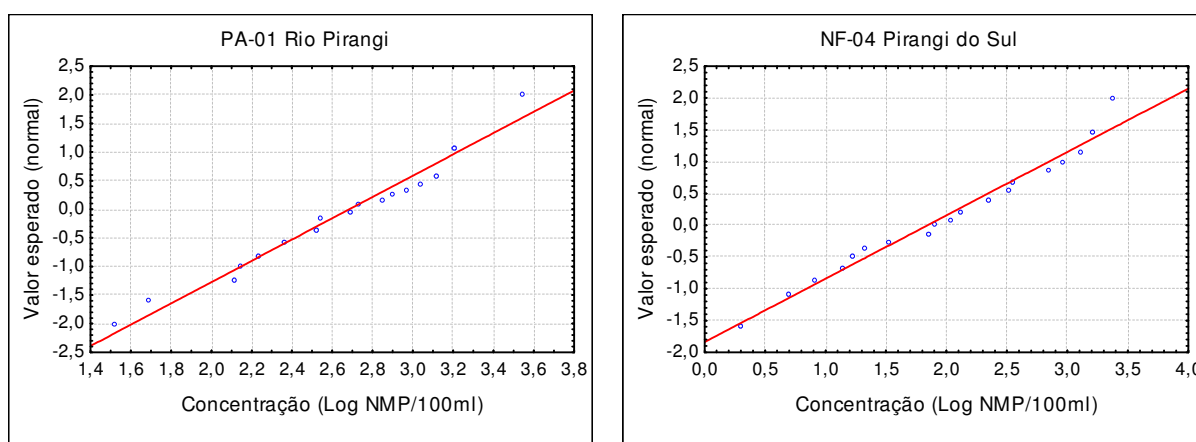


Figura 39 (a, b) – Distribuição normal de probabilidade de Coliformes termotolerantes após a transformação logarítmica dos dados para os pontos PA-01 e NF-04

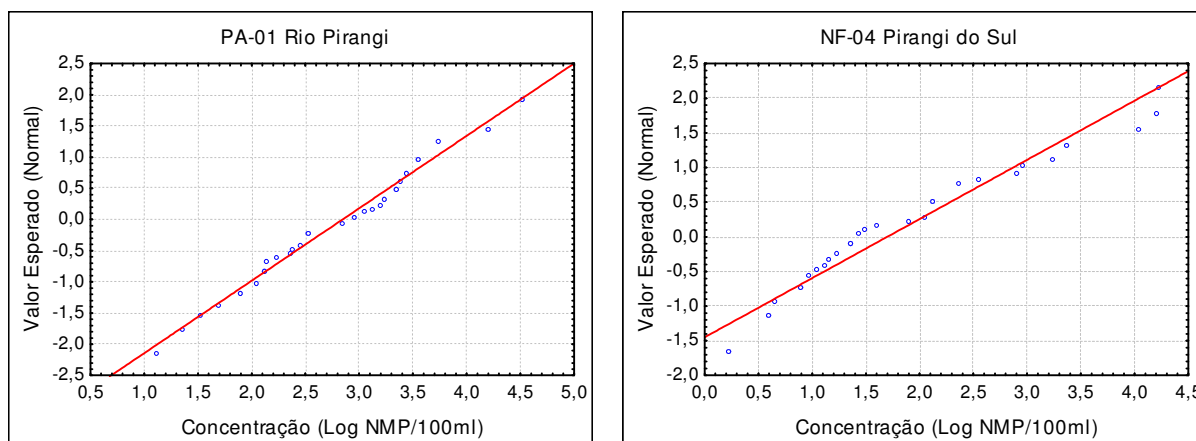


Figura 40 (a, b) – Distribuição normal de probabilidade de Enterococos após a transformação logarítmica dos dados para os pontos PA-01 e NF-04

5.2 Avaliação das condições de balneabilidade através do indicador Enterococos

O presente trabalho contemplou levantamentos sistemáticos das condições de balneabilidade em cinco pontos de coleta de água distribuídos ao longo da costa potiguar, estando dois destes localizados em praias fluviais (PA-01 e PA-05), e três em praias oceânicas (PA-02, PA-03 e NF-04), nos municípios de Parnamirim e Nísia Floresta.

O monitoramento nos pontos de amostragem foi realizado durante 43 semanas, no período de 13 de dezembro de 2007 a 24 de dezembro de 2008, onde foi coletada e analisada um total de 215 amostras de água.

As condições de balneabilidade, apuradas a partir dos resultados encontrados de Enterococos, foram classificadas segundo a resolução CONAMA nº 274 de 2000 (figura 41).

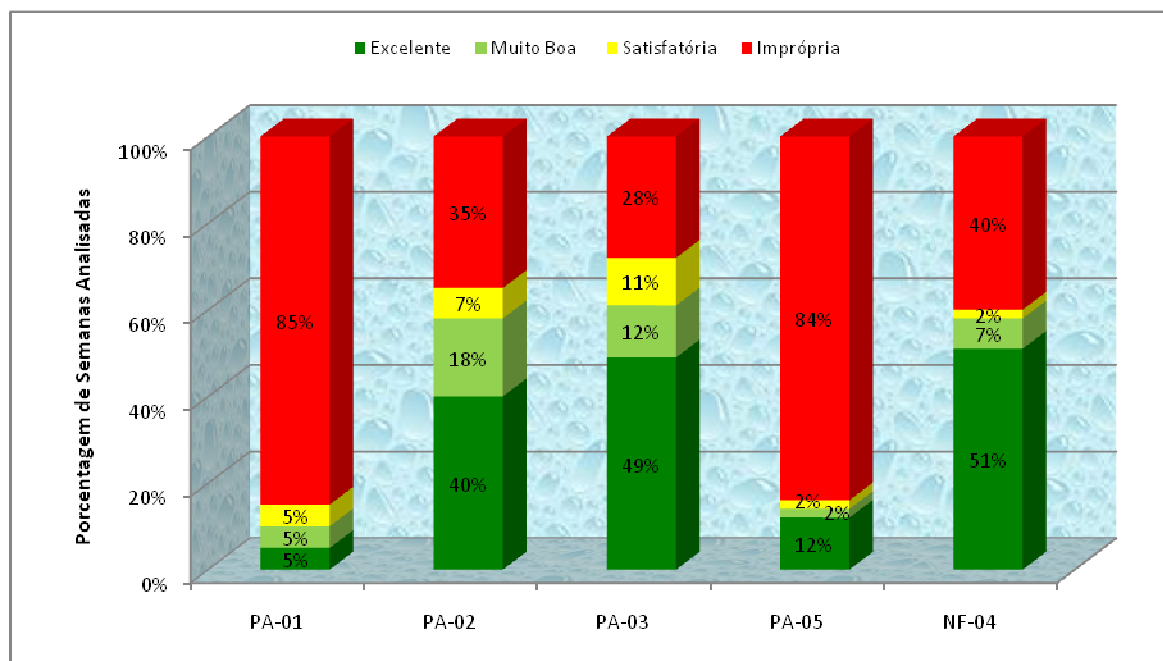


Figura 41 – Classificação da balneabilidade dos pontos de monitoramento PA-01, PA-02, PA-03, PA-05 e NF-04 de acordo com a resolução CONAMA nº 274 de 2000.

O ponto de monitoramento PA-01 destaca-se como aquele que apresentou os piores resultados, classificado como IMPRÓPRIO para banho em 85% das semanas analisadas, com a maior mediana (920 NMP/100 ml). As altas concentrações encontradas de Enterococos podem ser explicadas devido ao fato deste ponto se localizar próximo ao exutório da BHP, recebendo, portanto, toda a contribuição de poluentes lançados ao longo de seu curso.

Vale salientar, que logo à montante do local de coleta da amostra existe descarga de efluente através de uma tubulação (figura 42). Moradores da localidade afirmam que se trata de um córrego que foi calanizado para que as casas pudessem ser construídas, no entanto, quando da análise da água oriunda dessa tubulação, constatarem-se resultados apresentando elevadas concentrações tanto de Enterococos, como de Coliformes termotolerantes (9.200 e 16.000 NMP/100 ml, respectivamente).



Figura 42 - Lançamento contínuo de efluente à montante do ponto PA-01.

Diante disso, e levando em consideração a proximidade das fossas das residências e o alto nível do lençol freático na área, é possível inferir que esteja ocorrendo a mistura da água que percorre o tubo com esgoto doméstico.

O ponto localizado na praia de Pirangi do Norte (PA-02), próximo a foz do rio Pirangi, foi classificado como PRÓPRIO para banho em 65% das semanas analisadas, estando 40% dos resultados enquadrados na categoria EXCELENTE. Para este ponto foram obtidos valor máximo de Enterococos de 92000 e mediana de 49 NMP/100 ml.

A classificação IMPRÓPRIA registrada em 35% das semanas pode ser atribuída à proximidade da foz do Rio Pirangi e ao lançamento de efluentes dos estabelecimentos situados nas adjacências.

Esta localidade da praia recebe turistas durante o ano todo devido à presença do empreendimento Marina Badauê, que oferece passeios de barco e outras atrações. Em frente ao mesmo, foi identificada a presença de um efluente (figura 43), cuja saída encontra-se encoberta por galhos e troncos, e em certos períodos apresenta uma vazão significativa associada a maus odores.



Figura 43 (a, b, c, d) – Lançamento de efluente nas proximidades do ponto PA-02

Em decorrência da suspeita da origem do efluente, foram feitas análises microbiológicas quantificando os mesmos indicadores utilizados no estudo, durante cinco semanas consecutivas, que apresentaram valores mínimo e máximo de 790 e 540.000 NMP/100ml de Enterococos e, 540 e 160.000 NMP/100ml de Coliformes termotolerantes, respectivamente. Estes resultados sugerem que o efluente provavelmente apresenta alguma contribuição de origem doméstica.

O ponto PA-03 é o mais distante da foz do rio Pirangi e foi o que apresentou os melhores resultados, estando PRÓPRIO em 72% do período de análise. Deste total, a maior parte dos resultados está enquadrada na categoria EXCELENTE (49%), 12% deles ficaram classificados como de qualidade MUITO BOA e, 11%, como de qualidade SATISFATÓRIA, o que atesta a boa condição de balneabilidade nesse local, quando comparado aos outros pontos avaliados.

A área do entorno deste ponto de monitoramento não apresenta empreendimentos de grande porte, nem estabelecimentos comerciais, apenas residências de veraneio. Não foi identificada presença de galerias pluviais ou lançamento de esgoto doméstico à céu aberto, no entanto, quando chove, esta área serve como ponto de escoamento natural das águas provenientes das ruas e adjacências.

Ainda pôde ser constatado nas semanas de coleta, que durante a baixa estação esta área não sofre interferência antrópica significativa, no que diz respeito à disposição inadequada de resíduos sólidos e à presença de barracas. Verificou-se, portanto, a elevada qualidade ambiental deste ponto.

O ponto PA-05 recebeu a classificação PRÓPRIA em apenas 16% do período de análise. Vale ressaltar que à montante deste ponto ocorre o deságüe dos rios Pium, Pitimbu e dos riachos Taborda e Água Vermelha, que com suas águas contaminadas reduzem a qualidade ambiental deste local.

Dentre todas as praias monitoradas no Rio Grande do Norte pelo Programa Água azul, a praia fluvial do Rio Pirangi, mais precisamente o Ponto PA-05, destaca-se em quase todos os anos por apresentar-se como um dos pontos mais contaminados.

No presente estudo, a situação mostrou-se semelhante aos anos anteriores em relação a esse aspecto. O ponto PA-05 foi qualificado como IMPROPRIO em 84% das semanas analisadas, com mediana de 540 NMP/100 ml, sendo este valor superado apenas no ponto PA-01, localizado na mesma praia. Em contrapartida, o PA-05 apresentou os maiores índices de Enterococos registrados, atingindo o valor máximo de 160.000 NMP/100 ml. Apesar de toda essa contaminação, neste ponto funciona um balneário (figura 44), que nos finais de semana recebe uma considerável quantidade de visitantes que se utilizam daquela água para recreação, muitas vezes ignorando a sinalização que indica a impropriedade para banho e a possibilidade de contraírem doenças (figura 45).



Figura 44 – Balneário no Rio Pirangi (PA-05)



Figura 45 – Grande concentração de banhistas no ponto PA-05

A atitude dos banhistas em relação à utilização de praias impróprias também foi abordada por Nemetz (2004), em seu trabalho sobre a percepção ambiental no tocante a balneabilidade das praias do litoral centro-norte de Santa Catarina, onde procurou identificar o comportamento dos entrevistados, se o resultado da pesquisa de balneabilidade, na área por eles freqüentada, estivesse impróprio.

A maioria dos entrevistados respondeu que não tomaria banho na água (66,0%). Enquanto 13,7% deles afirmaram que não freqüentariam aquela praia, 12,5% informaram que procurariam outro local para banho. Em uma menor representatividade, também foram respondidos: não iriam nem à areia (1,6%) e comunicariam a conhecidos (1,6%). Enquanto 0,6% dos entrevistados ficariam indecisos sobre seu comportamento. Entretanto, 2,6% afirmaram que iriam à praia mesmo com uma condição imprópria para banho e afirmaram entrar na água, independentemente dos resultados.

Em relação ao ponto NF-04, verificou-se sua classificação como IMPRÓPRIO para banho em 40% das semanas analisadas, com concentração máxima de Enterococos igual a 17.000 NMP/100 ml e a menor mediana registrada de 23 NMP/100 ml. Em frente a esse ponto identificou-se uma tubulação de drenagem pluvial e a canalização de um restaurante que descarrega seus efluentes diretamente para a praia. Durante cinco semanas consecutivas foram feitas análises microbiológicas do efluente do restaurante, ou quando chovia, na confluência deste com as águas de drenagem, sendo obtidos valor mínimo de 330 e máximo de 49.000 NMP/100 ml de Enterococos, e valores mínimo e máximo de 170 e 160.000 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes, respectivamente. A descarga desses

efluentes na praia (figura 46) representa não só o comprometimento da balneabilidade, mas também a poluição visual e a contaminação da areia, expondo os banhistas e aqueles que se utilizam da faixa de areia da praia (zona de estirâncio) para esportes e atividades de lazer a microorganismos patogênicos.



Figura 46 (a, b, c, d, e, f) - Descarga de efluentes nas proximidades do Ponto NF-04.

5.3 Comparação dos Indicadores Coliformes termotolerantes e Enterococos na avaliação das condições de balneabilidade

Para a comparação dos indicadores Coliformes termotolerantes (CTerm) e Enterococos (ENT) foram utilizados os resultados obtidos nas semanas de monitoramento da balneabilidade das praias de Pirangi durante o período de 13 de dezembro de 2007 a 11 de dezembro de 2008, excetuando o período de análises realizadas em outro laboratório (abril - julho).

Verificou-se que, para todos os pontos, o Indicador ENT mostrou-se o mais restritivo, pois as praias foram classificadas como IMPRÓPRIAS para banho em uma quantidade maior de semanas, quando comparadas às condições de balneabilidade obtidas a partir dos CTerm (figura 47).

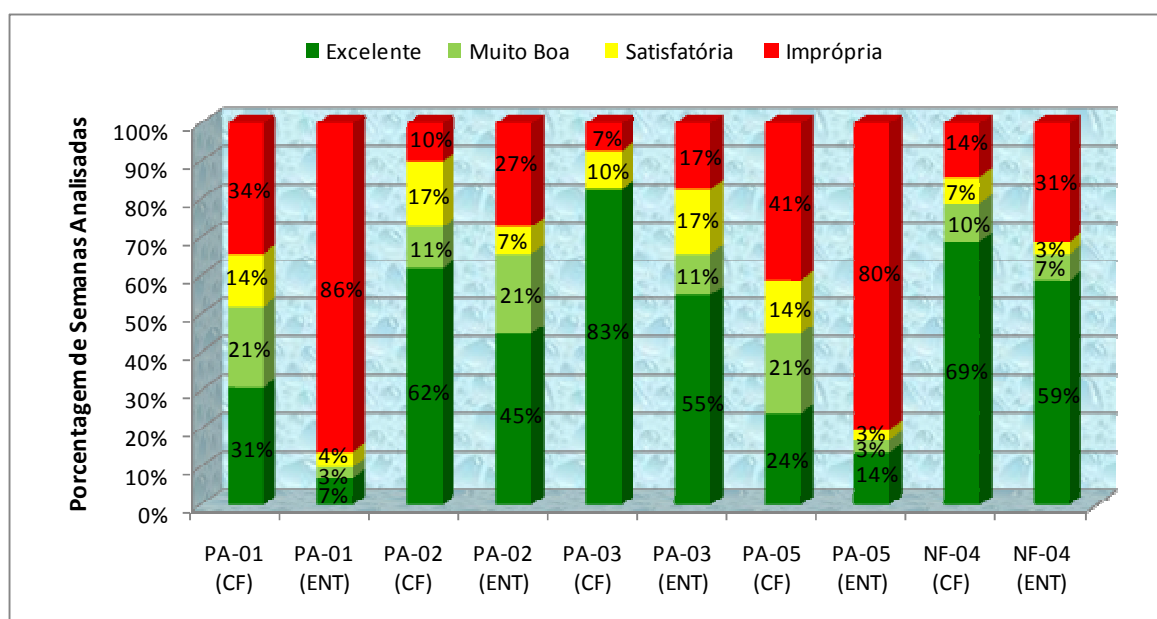


Figura 47 – Comparação dos indicadores CTerm (CF) e ENT na avaliação das condições de balneabilidade dos pontos de monitoramento PA-01, PA-02, PA-03, PA-05 e NF-04

Recebem destaque os pontos PA-01 e PA-05 que ascenderam, respectivamente, de 34 e 41% das semanas analisadas na qualidade de IMPRÓPRIA, na avaliação realizada a partir das concentrações encontradas de Coliformes Termotolerantes, para mais de 79% das semanas nesta condição quando da utilização do indicador Enterococos, o que pode ser atribuído ao elevado tempo de sobrevivência dos mesmos na água doce.

As praias oceânicas, representadas pelos pontos PA-02, PA-03 E NF-04, apresentaram uma diferença menor que 20% em relação à porcentagem de semanas IMPRÓPRIAS, para os dois indicadores. Essa discrepância se explica devido à maior resistência dos ENT as condições adversas peculiares do ambiente salino.

Na comparação das medianas para avaliar as condições de balneabilidade dos pontos de coleta (Figura 48), obteve-se os seguintes resultados:

- PA-01: classificado como PRÓPRIO e na categoria MUITO BOA para os CTerm, enquanto que avaliando através dos ENT constatou-se condição IMPRÓPRIA;
- PA-02: apresentou-se PRÓPRIO para os CTerm e na categoria EXCELENTE. Já para os ENT, PRÓPRIO, enquadrado na categoria MUITO BOA;
- PA-03: foi classificado como PRÓPRIO e na categoria EXCELENTE para os dois indicadores;
- PA-05: ficou dentro da classe PRÓPRIO e na categoria SATISFATÓRIA quando da análise dos CTerm, e mostrou-se IMPRÓPIO na avaliação feita a partir dos ENT.
- NF-04: classificado como PRÓPRIO e na categoria EXCELENTE para ENT e CTerm.

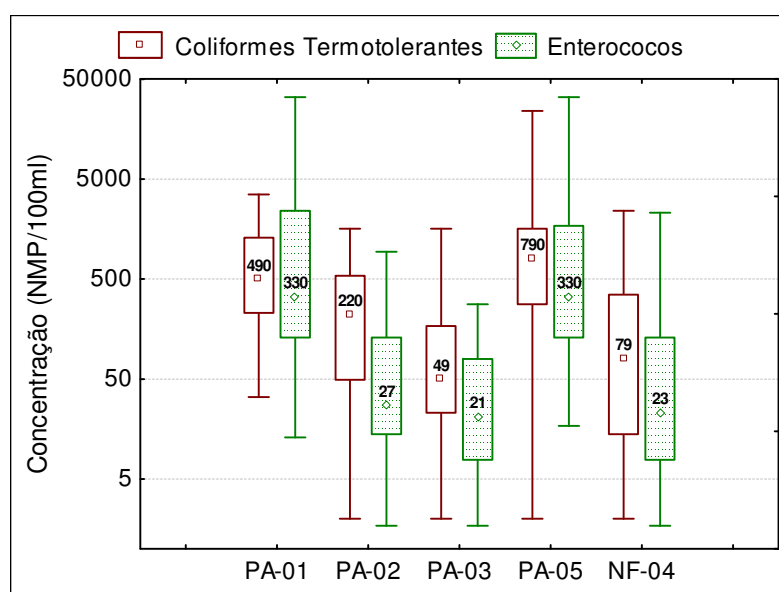


Figura 48 – Comparação dos valores mediano, mínimo e máximo de Enterococos nos cinco pontos.

Essa avaliação permitiu concluir que a partir das medianas também foram constatados resultados mais restritivos na utilização do indicador Enterococos, com exceção dos pontos de coleta PA-03 e NF-04, que apresentaram a mesma classificação para os dois indicadores. Contudo, houve coerência com os resultados obtidos através da porcentagem de semanas analisadas para estes dois pontos, em relação aos dois indicadores, os quais apresentaram uma pequena diferença (figura 47).

De acordo com a *APHA* (2005), os estudos realizados em águas de praias apontam que os Enterococos são os melhores indicadores para avaliar a qualidade microbiológica da água, no que diz respeito à balneabilidade.

Este fato também foi comprovado no trabalho de Dalfior (2005), quando se comparou a avaliação da eficiência do grupo Coliforme termotolerante como indicador de balneabilidade de praias, com os Enterococos, através de amostras da água da praia da Curva da Jurema em Vitória, Espírito Santo. Em suas conclusões, o autor sugere a adoção do indicador Enterococos como padrão para as praias de Vitória.

A CETESB, empresa muito experiente no monitoramento das condições de balneabilidade de praias e principal responsável pelo monitoramento das condições de balneabilidade das praias de São Paulo, utiliza a bactéria Enterococos como indicadora de contaminação fecal desde 2003. A escolha se deu em função de estas serem internacionalmente consideradas mais adequadas para a avaliação de riscos à saúde oriundos da exposição à água do mar, uma vez que são mais resistentes ao ambiente marinho do que os outros indicadores, apresentando sobrevivência semelhante a dos vírus e bactérias patogênicas.

5.4 Qualidade sanitária da areia das praias de Pirangi

A contaminação das areias das praias é hoje uma realidade mundial, visto que a costa apresenta-se com maior ocupação e uso antrópico e, em virtude do precário sistema de esgotamento sanitário, se vê, com muita frequência, o escoamento de efluentes brutos em direção às praias, o que representa uma significativa fonte de transmissão de doenças, principalmente para crianças e idosos, que costumam utilizar a faixa de areia para o lazer.

A Organização Mundial de Saúde no guia “*Guidelines for safe recreational waters Volume 1 - Coastal and fresh waters*” (2003) manifesta sua preocupação com a qualidade das areias da praia, por funcionarem como um abrigo para agentes patogênicos, especialmente em áreas balneares onde a utilização da areia apresenta maior importância.

No entanto, não foi encontrada, em nenhum país, legislação consolidada vigente sobre a qualidade das areias. Sendo assim, optou-se por realizar a avaliação das condições sanitárias da areia das Praias de Pirangi do Sul e Pirangi do Norte, com base nos padrões de qualidade da água estabelecidos na resolução CONAMA nº 274 de 2000, apesar de apresentarem ambientes diferentes e da superfície de contato da água com a pele ser bem superior a da areia.

O monitoramento da qualidade sanitária das areias das praias oceânicas de Pirangi foi realizado durante o período de 03 de janeiro a 27 de junho de 2008, nos pontos denominados de SUL (NF-04) e Norte (PA-02).

No ponto SUL foi verificado, a partir da apuração dos dados de Coliformes termotolerantes, a predominância da classificação PRÓPRIA em 92% do total de semanas analisadas. Esse mesmo comportamento foi registrado no ponto Norte, porém este apresentou melhor qualidade sanitária, estando apenas 4% dos resultados classificados como IMPRÓPRIOS (figura 49).

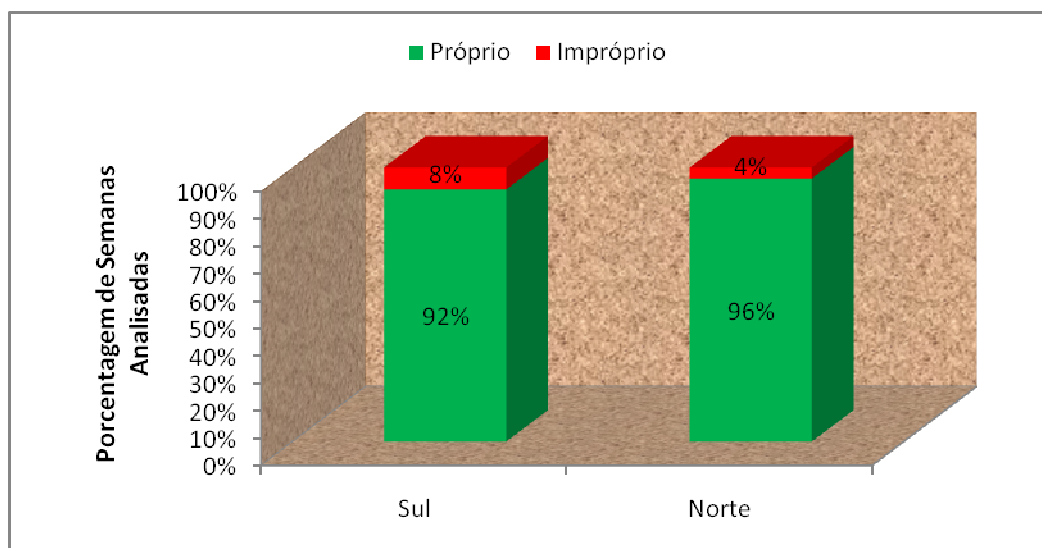


Figura 49 – Avaliação das condições sanitárias das areias das praias a partir da concentração dos indicadores Coliformes termotolerantes

Quando da análise realizada considerando a concentração do indicador Enterococos, obteve-se para o ponto SUL 14% dos resultados dentro da classe IMPRÓPRIA, enquanto que no ponto NORTE essa classificação apresentou-se com maior representatividade (24%) nas semanas investigadas (figura 50).

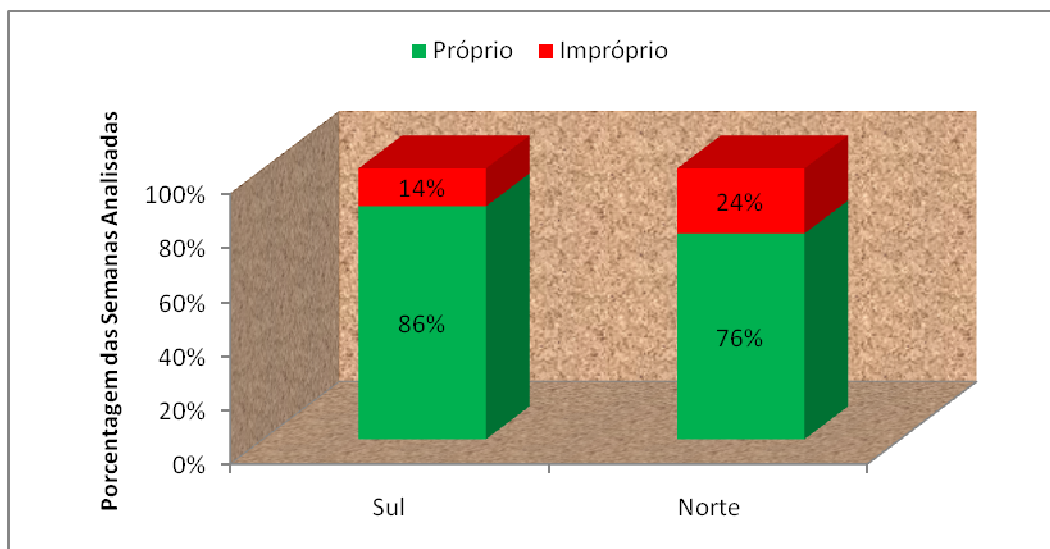


Figura 50 – Avaliação das condições sanitárias das areias a partir dos Enterococos

Os resultados supracitados refletem, possivelmente, a contaminação das águas das praias de Pirangi, visto que no local de coleta das amostras de areia a ação da água do mar se caracterizou como a principal causa aparente da redução da qualidade sanitária das mesmas.

Na avaliação feita utilizando-se os Coliformes termotolerantes, o ponto NORTE demonstrou melhor qualidade sanitária que o SUL, enquanto que para os Enterococos a situação foi contrária. Isto se deve provavelmente as diferentes características dos locais de coleta da amostra. O ponto NORTE, por exemplo, sofre apenas a ação da água do mar e interferências dos frequentadores da praia, enquanto que O SUL, além dessas ações, recebe uma pequena contribuição dos efluentes lançados nas suas proximidades, bem como a descarga de águas pluviais, as quais contém uma significativa concentração de Coliformes associados à matéria orgânica. Independente disso, para os dois pontos de monitoramento, a bactéria Enterococos mostrou-se mais restritiva do que o grupo Coliforme na avaliação das condições sanitárias da areia das praias de Pirangi.

Andraus (2006), em seu trabalho sobre os aspectos microbiológicos da qualidade sanitária das águas do mar e da areia das praias de Matinhos, Caióba e

Guaratuba no Paraná, utiliza o dobro dos limites preconizados pela resolução CONAMA Nº 274/00 para a classificação da qualidade da água para banho, para avaliar os dados obtidos para as areias, justificando essa utilização pela ausência de legislação específica. A autora verificou que o indicador Enterococos tanto para água como para a areia, mostrou - se o mais conservativo, quando comparados com os resultados encontrados para os Coliformes termotolerantes e a *Escherichia Coli*.

A investigação sobre a qualidade sanitária das areias de praias também foi realizada pela ABAE, durante o verão de 2008, a fim de se obter uma caracterização geral da qualidade microbiológica das praias litorais de Portugal Continental e Açores. A ABAE contou com a cooperação do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (INSA) e da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), na elaboração e execução do trabalho de monitorização da qualidade das areias em zonas balneares. Foram monitoradas 96 praias, sendo coletadas três amostras em cada um delas referentes aos meses de maio, julho e agosto. Verificou-se que a maioria das praias apresentou valores abaixo do Valor Máximo Admitido pela ABAE (20 NMP/g), com média de 88% para as amostra 1, 2 e 3.

Utilizando os limites de Enterococos adotados pela ABAE (20 NMP/g) na avaliação das condições sanitárias dos dois pontos de monitoramento do presente estudo, constatou-se que 73% dos resultados encontrados para o ponto SUL foram menores que 20 NMP/g, enquanto que o NORTE apresentou qualidade sanitária um pouco superior, com 77% dos resultados abaixo do Valor Máximo Admitido.

5.5 IQA da Bacia Hidrográfica Pirangi

Os resultados do IQA da BHP estão apresentados nas figuras 51 e 52, onde pode se observar a variação da qualidade da água dos pontos de monitoramento distribuídos ao longo da bacia, nas duas campanhas realizadas.

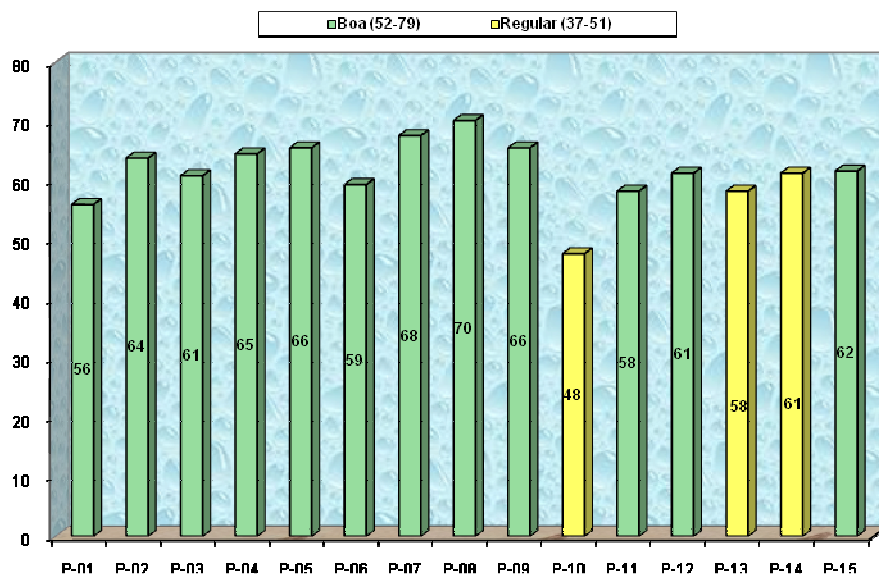


Figura 51 – Resultados do IQA para a primeira campanha (período seco) nos quinze pontos de monitoramento da BHP.

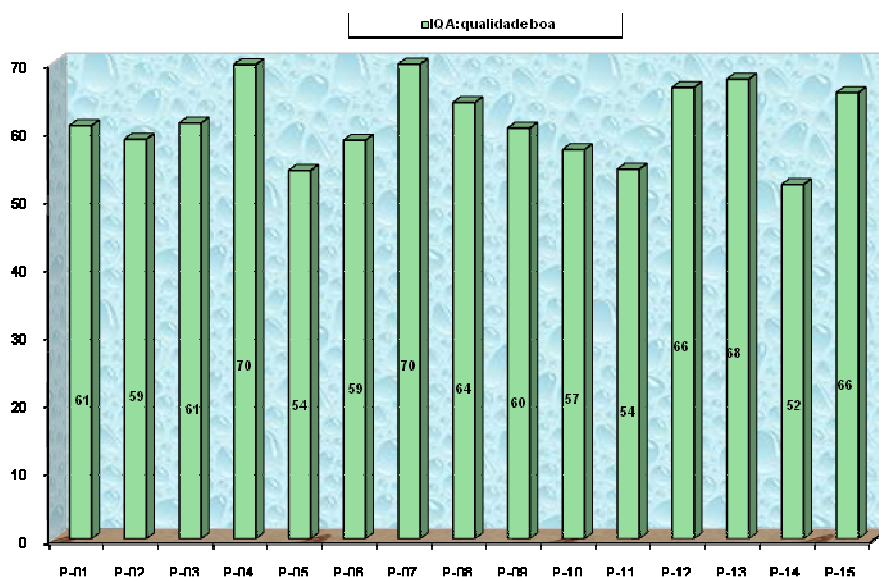


Figura 52 - Resultados do IQA para a segunda campanha (período chuvoso) nos quinze pontos de monitoramento da BHP.

Na primeira campanha, referente ao período seco, os rios que compõem a Bacia Hidrográfica Pirangi apresentaram a qualidade da água enquadrada na categoria *BOA* na maioria dos pontos analisados, com exceção dos pontos P10, P13 e P14. Os dois últimos têm em comum o fato de estarem localizados em trechos do rio que apresentam características de ambientes lênticos, portanto, esta qualidade inferior pode ser atribuída ao aumento da concentração e do tempo de detenção hidráulico dos contaminantes, peculiar a esses ambientes.

Já o ponto P10 apresentou valores elevados em todas as análises, quando comparados aos demais pontos, para a maior parte dos parâmetros avaliados, com destaque para as séries de nitrogênio (amônia, nitrogênio orgânico, nitrito e nitrato), DBO e fósforo.

O ponto de monitorização P08 merece evidência por apresentar no período seco a melhor qualidade ambiental encontrada, enquanto no período chuvoso o P07 recebe esse destaque.

De forma geral, a BHP ficou enquadrada na categoria *BOA* nas duas campanhas. Na primeira, o IQA foi igual a 59, enquanto na segunda este valor foi de 61, observando-se, portanto, uma melhora na qualidade da água da BHP no período chuvoso, com todos os pontos de monitoramento enquadrados na categoria *BOA*, demonstrando que a ocorrência da precipitação, para esse caso, exerceu influência positiva, provavelmente, devido à diluição proporcionada. A diferença do volume dos rios na época de chuvas pode ser visto na figura 53.





Figura 53 - Diferença no volume dos rios em alguns pontos de monitoramento após a ocorrência de chuvas

Também foi observado um melhor resultado do IQA no período chuvoso na pesquisa realizada por Christófar (2008), que abordou, entre outros assuntos, a variação sazonal do índice de qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio das velhas em Minas Gerais. Para tanto, foram utilizados os valores obtidos no monitoramento da qualidade das águas do ano de 1998 até 2006, através da coleta de amostras em 29 pontos distribuídos ao longo desta bacia.

5.5.1 Condições de balneabilidade da Bacia Hidrográfica Pirangi

Com o objetivo de avaliar as condições de balneabilidade dos rios da BHP, optou-se por analisar os dados de Coliformes termotolerantes da primeira campanha, por ser a situação que apresentou os piores resultados, obtendo, portanto, avaliações mais restritivas.

Constatou-se que dos quinze pontos de monitoramento, dez (P01, P04, P06, P07, P09, P10, P11, P12, P14 e P15) ficaram classificados como de qualidade IMPRÓPRIA para banho (66,6% dos pontos), enquanto que os outros cinco apresentaram índices de Coliformes abaixo do limite aceitável na maior parte das semanas analisadas (quadro 9).

Quadro 9 – Comportamento das condições de balneabilidade no período de baixas precipitações nos quinze pontos monitorados na BHP

PONTOS DE MONITORAMENTO	CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO RES. CONAMA 274/00
P01	IMPRÓPRIA
P02	PRÓPRIA
P03	PRÓPRIA
P04	IMPRÓPRIA
P05	PRÓPRIA
P06	IMPRÓPRIA
P07	IMPRÓPRIA
P08	PRÓPRIA
P09	IMPRÓPRIA
P10	IMPRÓPRIA
P11	IMPRÓPRIA
P12	IMPRÓPRIA
P13	PRÓPRIA
P14	IMPRÓPRIA
P15	IMPRÓPRIA

Dos pontos classificados como IMPRÓPRIOS, aqueles que apresentaram as piores condições de balneabilidade foram o P01, P11, P14 e P15, sendo o P10 aquele que apresentou a maior concentração do indicador em uma única coleta (130.000 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes).

O ponto P01 se destacou pela predominância da classificação IMPRÓPRIA em 100% das semanas analisadas, apresentando-se nesse período como o de menor qualidade da água para banho (figura 54).

Esse ponto fica localizado no estuário do rio Pirangi, a jusante da chamada “ponte velha de Pirangi”, sendo o ponto mais próximo da desembocadura fluvial e, portanto, aquele que recebe o somatório dos poluentes lançados ao longo da BHP.

No entanto, este fator, parece não ter sido a principal causa da variação das condições de balneabilidade do P01, visto que os pontos localizados à montante dele (P02 e P03), apresentaram índices de Coliformes bem abaixo de 1000 NMP/100 ml, mas sim o lançamento intermitente de esgoto nas suas proximidades (figura 55), provavelmente oriundo dos condomínios residenciais de sua adjacência.

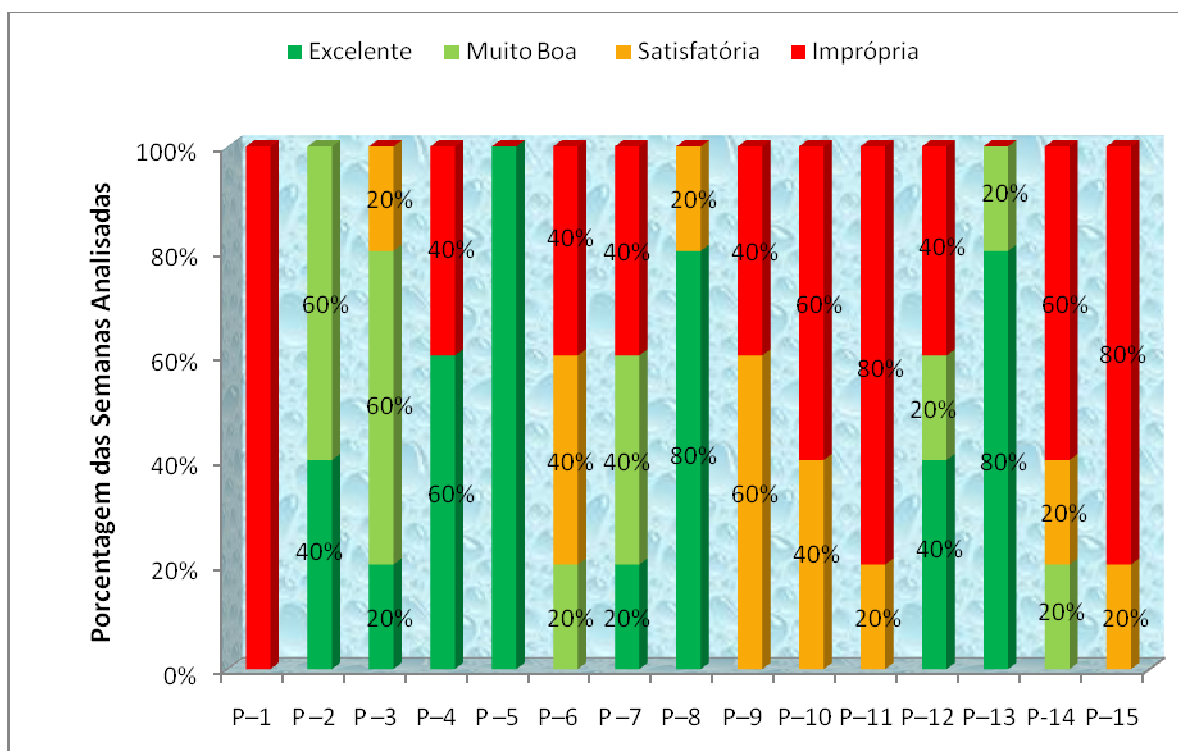


Figura 54 – Avaliação das condições de balneabilidade da BHP.



Figura 55 – Lançamento de esgoto à montante do ponto P01.

A área do entorno do P01 apresenta-se bastante antropizada, restando apenas algumas porções de mata ciliar, constituindo-se como vegetação típica de manguezal. Na margem esquerda há várias edificações residenciais que seguem o curso do rio, as quais contribuem para a erosão de suas margens. Além da presença de uma considerável quantidade de resíduos sólidos dispostos inadequadamente pela população e de animais.

No trabalho de Lucena (2005), desenvolvido na área da BHP, foram realizadas medições de vazão no Rio Pirangi, onde constatou-se uma vazão média anual natural do rio na sua foz de $6,00 \text{ m}^3/\text{s}$, e vazão mínima de $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

O ponto P02, também localizado no rio Pirangi, foi classificado como PRÓPRIO para banho, com a maior parte dos resultados dentro da categoria MUITO BOA (60%). Vale salientar, que este local coincide com o das coletas referentes ao ponto PA-01 no monitoramento das praias durante o ano de 2008.

Nessa área predominam maus odores, proporcionados pelo lançamento contínuo de efluente à montante do ponto de coleta, associado ao cheiro característico do manguezal, com vegetação apresentando-se bem preservada na margem esquerda do rio, porém, entre as suas raízes foi observada uma grande quantidade de lixo, composto principalmente por garrafas PET e fragmentos de isopor.

O ponto P03 apresentou índices de Coliformes menores que 1.000 NMP/100 ml em todo o período de estudo, sendo classificado como PRÓPRIO para banho, com 20% dos resultados dentro da categoria EXCELENTE, 60% na categoria MUITO BOA e 20% na SATISFATÓRIA. Neste caso, pelo fato de se localizar a uma distância considerável da foz do rio Pirangi, a influência da maré não é tão marcante quanto nos dois primeiros pontos. Registrou-se uma grande frequência de banhistas e de moradores das vizinhanças, que realizam sua higienização pessoal com o uso de sabonetes e de outros produtos (figura 56). Ainda foi verificada, em mais de uma coleta, a presença de cães e a limpeza de veículos com a utilização da água do rio, com derramamento de óleos nas suas proximidades.



Figura 56 – Registro da presença de banhistas no ponto P03.

O ponto P04 foi classificado como PRÓPRIO, inserido na categoria EXCELENTE em 60% do período de análise, constatando-se uma diminuição na qualidade das águas nas duas últimas semanas de coleta, onde apresentou concentrações de Coliformes Termotolerantes maiores que 1.000 NMP/ 100 ml.

Esse trecho do Rio Pirangi funciona como um balneário, sendo o ponto que apresenta a maior frequência de banhistas, principalmente nos finais de semana. À montante dele, ocorre o deságüe dos outros rios que formam a bacia hidrográfica em estudo, recebendo, portanto, toda a contaminação dos mesmos, associada à contribuição de contaminantes lançados nos outros balneários existentes nas suas proximidades.

As margens do rio, no entorno do ponto de coleta, apresentam-se bastante ocupadas. Na margem direita, percebe-se uma grande concentração de bares e outras instalações de lazer e, na outra margem, a presença de casas, as quais foram construídas muito próximas do manancial, que por vezes a água fluvial chega a entrar em contato direto com estas edificações.

É importante citar que este local também foi utilizado no monitoramento das praias para as coletas referentes ao ponto PA-05.

De difícil acesso, por estar localizado atrás de uma granja, o ponto P05 (rio Pium) foi aquele que apresentou a melhor condição de balneabilidade da bacia hidrográfica no período estudado, classificado como PRÓPRIO e na categoria EXCELENTE em todas as cinco semanas investigadas, com concentração máxima encontrada do indicador de 230 NMP/100 ml. Esse ponto situa-se após a confluência dos riachos Taborda, Água Vermelha e o rio Pitimbu. A população local

faz uso de suas águas para recreação, higienização pessoal e lavagem de roupas, sendo observada uma elevada densidade de vegetação aquática nesta região.

No ponto de monitoramento P06 a classificação IMPRÓPRIA foi atribuída em 40% das semanas analisadas, posicionando-se dentro da categoria SATISFATÓRIA, com este mesmo percentual, e em apenas 20% como de qualidade MUITO BOA, com mediana de 790 NMP/100 ml. Esse resultado pode ser entendido pela influência do tipo de ocupação das proximidades do ponto de coleta, que consiste, principalmente, de currais (figura 57), fazendas, chácaras e balneários. Na medição da vazão neste ponto foi encontrado um valor de 0,63 m³/s.



Figura 57 - Currais nas proximidades do ponto P06.

Localizado na saída da lagoa do Pium, o ponto P07 foi classificado durante o presente trabalho como IMPRÓPRIO para banho, com concentração máxima encontrada do indicador de 1.300 NMP/100 ml. Porém, excetuando-se o ano de 2005, ele apresentou-se PRÓPRIO para banho nos demais anos de pesquisa do Programa Água Azul. Uma das explicações para esta ocorrência pode ser a reativação do balneário “Lago Azul”, situado à montante de P07.

O ponto P08 está localizado no rio Pitimbu, na saída da lagoa do Jiqui, manancial de extrema relevância para o abastecimento da cidade de Natal. Os resultados apurados permitiram classificá-lo como PRÓPRIO para banho em 100% das semanas analisadas, recebendo destaque por nele serem encontrados as menores concentrações de Coliformes termotolerantes, apresentando apenas um resultado fora da categoria EXCELENTE, e valor mediano de apenas 78 NMP/100 ml. A mata ciliar nativa apresenta-se bem preservada (figura 58) devido ao mesmo se encontrar dentro da área da EMPARN, onde é dificultado o acesso de pessoas.

As áreas adjacentes são utilizadas para pesquisa através de plantios de diferentes espécies de vegetais.



Figura 58 - Mata ciliar nativa do ponto P08.

O ponto de monitorização P09 (riacho Taborda) fica localizado ao lado de uma ponte na RN – 313. Não existem ocupações nas vizinhanças, apenas o tráfego de veículos, que é intensificado nos finais de semana, assim como a presença de banhistas. Apesar da vazão obtida para este ponto ($1,31 \text{ m}^3/\text{s}$) ser praticamente o dobro da verificada no P06 ($0,63 \text{ m}^3/\text{s}$), pôde-se perceber que ambos apresentaram praticamente a mesma qualidade sanitária, classificados como IMPRÓPRIOS para banho em 40% das semanas investigadas.

Com base nos dados do programa Água Azul, verifica-se que além de 2008, o P09 apresentou-se IMPRÓPRIO no período de 2005 a 2007, com concentrações de Coliformes termotolerantes acima do limite permitido em 46,7% das coletas realizadas.

O ponto P10 (riacho Água Vermelha) foi qualificado como IMPRÓPRIO para banho, com 40% dos resultados enquadrados na categoria SATISFATÓRIA, apresentando valor mediano de 790 NMP/100 ml. Por se tratar de um trecho com águas rasas, é registrado, principalmente nos finais de semana, a travessia de animais, pedestres e veículos. Nos dias de coleta, ainda foram constatadas outras interferências antrópicas, tais como presença de resíduos sólidos e óleos nas suas margens.

Depois do P01, o ponto P11 (rio Pitimbu) foi aquele que apresentou as piores condições de balneabilidade, classificado como IMPRÓPRIO com 80% dos resultados acima do limite aceitável para banho e mediana de 3.300 NMP/100 ml.

Esse ponto encontra-se a alguns quilômetros de distância do deságüe do rio Pitimbu na Lagoa do Jiqui, onde está a principal Estação de Tratamento de Água (ETA) utilizada para o abastecimento público de água da cidade de Natal. A área do seu entorno vem passando por uma intensa pressão antrópica. A construção de condomínios e conjuntos habitacionais, próximo às suas margens, tem gerado um preocupante quadro de assoreamento do rio (figuras 59 e 60).



Figura 59 – Assoreamento do Rio Pitimbu (ponto de coleta P11).



Figura 60 – Preparação de terreno para futuras edificações próximo a P11.

A situação supramencionada torna-se de maior relevância por se tratar do principal manancial de abastecimento da cidade de Natal, que vem sendo degradado não só em relação à qualidade da água, mas também no que diz respeito à quantidade. Na medição da vazão neste ponto foi registrado o valor de $0,87 \text{ m}^3/\text{s}$ e verificado uma profundidade média de 35 cm, porém mais próximo da entrada da lagoa obteve-se uma vazão de $1,54 \text{ m}^3/\text{s}$, com profundidade de 63 cm.

Em outubro de 2007 foram realizadas medições de vazão nos rios da BHP pela Acquatool (empresa de consultoria ambiental) com o objetivo de complementar o Estudo de Capacidade de Autodepuração do Rio Pirangi, para atender a mais uma etapa do projeto do sistema de Esgotamento Sanitário de Pium, Cotovelo e Pirangi do Norte. No quadro 10 estão apresentadas as vazões encontradas. Nele, indica-se também, a associação da localização dos pontos das seções fluviométricas escolhidas para estas medições, com a localização dos pontos de monitoramento do presente estudo, quando houver coincidência nas mesmas.

Quadro 10 - Dados de vazão dos rios da BHP

RIO/RIACHO	PONTO DE MEDIÇÃO	PONTO DE MONITORAMENTO	VAZÃO (M ³ /S)	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (KM ²)
Pirangi	PT-07	P04	3,0	425,9
	PT-08	P03	3,6	432,9
	PT-11	-	2,9	429,1
Pitimbu	PT-04	P08	0,7	137,9
	PT-12	-	1,2	133,4
	PT-13	-	0,9	98,9
Pium	PT-06	-	0,6	70,6
Taborda	PT-02	-	0,6	155,5
	PT-03	-	1,4	197,4
	PT-16	-	0,3	139,6
Água Vermelha	PT-01	P09	0,2	25,3

Fonte: adaptado de Acquatool (2007)

O ponto P12 (rio Pitimbu) foi classificado como IMPRÓPRIO para banho, apresentando concentrações de Coliformes termotolerantes acima de 1000 NMP/100 ml em 40% das semanas analisadas. 20% dos resultados se enquadraram na categoria MUITO BOA e 40% na categoria EXCELENTE. Sua proximidade com a BR-101 e o distrito industrial da cidade de Parnamirim, o caracteriza como uma área que sofre fortes pressões antrópicas. Nela foi observado o acúmulo de resíduos sólidos e a presença de animais e banhistas (figura 61).



Figura 61 – Pressão antrópica observada no ponto P12.

Além de 2008, o ponto P12 apresentou-se IMPRÓPRIO para banho nos anos de 2005 e 2007, com concentrações do indicador acima do limite permitido em 30% das coletas realizadas pelo programa Água Azul nos últimos seis anos.

Depois de P05, o ponto P13 (rio Pitimbu), situado ao lado de uma ponte na BR-304 (figuras 62 e 63), foi aquele que apresentou a melhor qualidade de água para banho, classificado como PRÓPRIO e na categoria EXCELENTE em 80% das semanas analisadas, com valor máximo e mínimo de 230 e 130 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes, respectivamente.

Apesar do resultado bastante satisfatório, verificou-se, durante as coletas realizadas, que esta ponte serve de abrigo para mendigos, os quais dispõem neste trecho do rio certa quantidade de resíduos sólidos, fezes e urina, contribuindo, assim, para uma piora nas condições de balneabilidade locais.



Figura 62 – Placa indicativa na BR-304.



Figura 63- Ponto de coleta P13.

Este ponto ainda pode sofrer influência do lançamento clandestino de esgotos domésticos à jusante do Ponto P14, direcionados através de um canal construído com a finalidade de drenar as águas pluviais.

O ponto P14 foi classificado na presente pesquisa como IMPRÓPRIO para banho, com mediana de 1.100 NMP/100 ml. Este ponto de coleta fica localizado no final de uma rua sem calçamento, onde encontra-se grande quantidade de lixo disposto à céu aberto; quando chove, esses resíduos são carregados em direção ao rio, ficando parte deles acumulados nas suas margens, pelo fato deste trecho apresentar-se como ambiente lântico.

Além da degradação ambiental perceptível neste local (figura 64), foi observada a travessia intensa de pedestres, veículos e animais, bem como a presença de banhistas. De acordo com os dados do Programa Água Azul, constatou-se sua classificação como IMPRÓPRIO para banho nos últimos seis anos estudados, com índices de Coliformes termotolerantes acima do permitido em 76,7% das coletas realizadas.



Figura 64— Degradação ambiental observada no ponto P14.

O ponto P15 (riacho Taborda), localizado ao lado da BR-101, no limite das cidades de Parnamirim e São José de Mipibu, apresentou-se bem preservado (figura 65), no entanto, vem sofrendo algumas alterações ocasionadas pelas obras de duplicação da rodovia (figura 66).



Figura 65 – Ponto de coleta P15 bem preservado



Figura 66 – Alterações devido à duplicação da rodovia

Apesar do bom aspecto ambiental observado na área e da ausência de disposição de efluentes de qualquer natureza, foi verificada péssima qualidade de água para banho no ponto P15, ficando classificado como IMPRÓPRIO, com 80% dos resultados apresentando valores maiores que 1.000 NMP/100 ml, indicando a existência de possíveis focos de contaminação à montante deste ponto.

Também pôde ser verificado, a partir dos resultados do presente estudo e dos já apurados pelo Programa Água Azul, que em 2008 houve uma diminuição na qualidade das águas da BHP em relação ao ano de 2007, passando de 53,3% dos pontos de coleta classificados como IMPRÓPRIOS, para 66,7%. Nos demais anos pesquisados, 2003, 2004, 2005 e 2006, estes percentuais foram de 66,7%, 33,3%, 100% e 66,7%, respectivamente.

5.6 Avaliação da dispersão dos poluentes da BHP nas praias de Pirangi

Geralmente, os corpos d'água que deságuam no litoral são os principais responsáveis pela variação das condições de balneabilidade das praias, porque neles são lançados esgotos domésticos e industriais, sem o devido tratamento, acrescentando quantidades significativas de Coliformes termotolerantes, assim como outros microorganismos de origem fecal.

Nas praias de Pirangi, o principal fator que ocasiona esta variação é o recebimento das águas da BHP que chegam ao oceano através do rio Pirangi. Desde o começo da execução do programa Água Azul, percebe-se que os dois pontos de monitoramento localizados nos municípios de Nísia Floresta e Parnamirim (PA-02 e NF-04), próximos a foz do referido rio, apresentam altas concentrações de Coliformes, quando comparados aos outros pontos de monitoramento das praias oceânicas dos mesmos municípios.

A partir dos dados da presente pesquisa, pôde-se constatar que os pontos localizados no Rio Pirangi, identificados como PA-01 e PA-05, foram os que apresentaram as maiores medianas de Enterococos, enquanto os valores medianos dos outros pontos (PA-02 e PA-03) sofreram uma queda, uma vez que se encontram mais afastados da foz deste rio (figura 67).

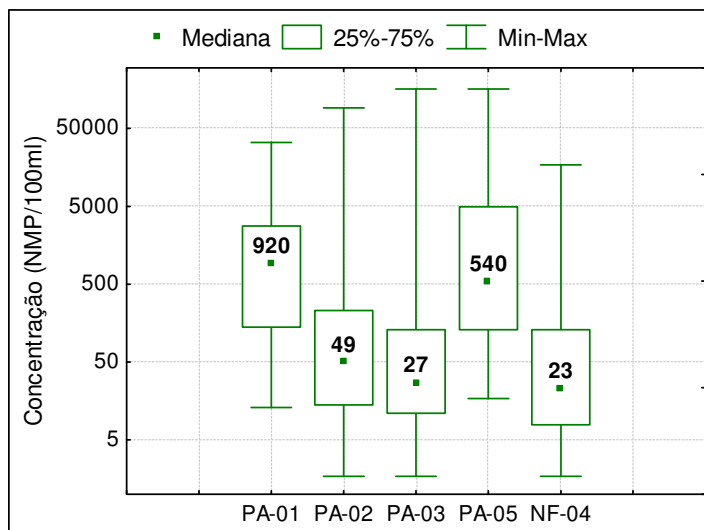


Figura 67 – Mediana das concentrações de Enterococos dos pontos de monitoramento.

Verificou-se também uma maior influência das águas da BHP nos resultados encontrados no ponto PA-02, em relação ao NF-04, o que se deve ao fato da direção predominante das correntes naquela área, corresponder ao sentido Sul-Norte, favorecendo a dispersão das águas do rio em direção ao ponto PA-02 (figura 68).



Figura 68 – Direção predominante das correntes na área de estudo (de sul para norte)

Foto: Ronaldo Diniz

A influência das águas da Bacia Hidrográfica Pirangi nos pontos PA-02 e NF-04 ainda foi verificada quando da aplicação da correlação estatística, que demonstrou uma significativa correlação positiva destes dois pontos com o ponto PA-01 (localizado no rio pirangi, próximo à desembocadura), expressa através do valor do coeficiente “r”, comprovando que à medida que as concentrações de Enterococos aumentam em PA-01, também ocorre um acréscimo dessas concentrações nos pontos NF-04 e PA-02 (figuras 69 e 70).

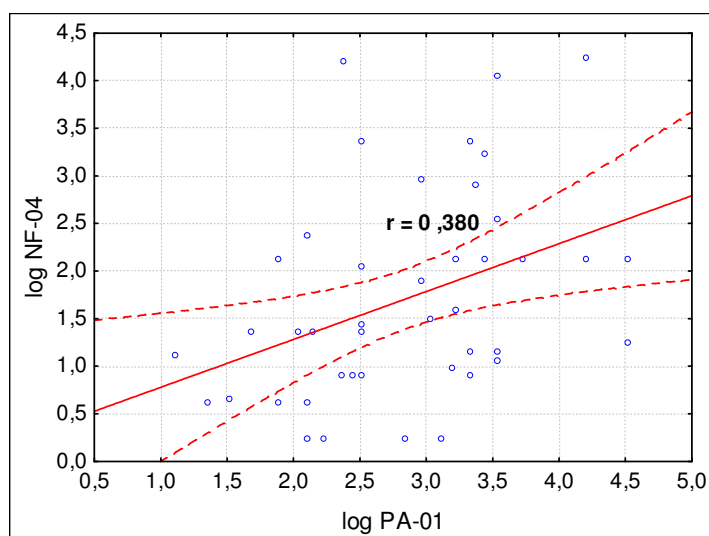


Figura 69 – Correlação das concentrações de Enterococos entre os pontos NF-04 e PA-01.

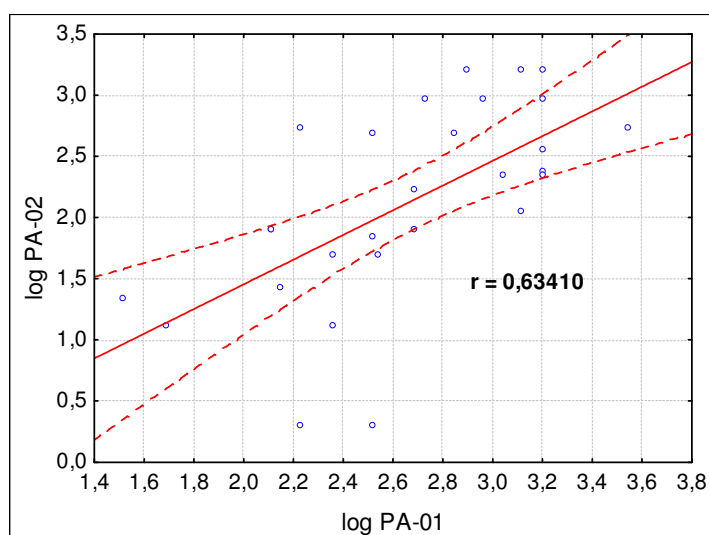


Figura 70 – Correlação das concentrações de Enterococos entre os pontos PA-02 e PA-01.

O valor de “r” apresentou-se maior na correlação entre os resultados encontrados nos pontos PA-02 e PA-01, confirmando a existência de uma maior influência das águas do rio Pirangi no Ponto PA-02. No entanto, vale ressaltar que

em alguns períodos o sentido da corrente costeira muda, como observado no mês de janeiro de 2009, onde o NF-04 tornou-se IMPRÓPRIO para banho, devido ao transporte das águas contaminadas do rio se dar de norte para sul, em direção a este ponto (figuras 71 e 72).



Figura 71 – Placa sinalizadora do programa Água Azul indicando a condição imprópria em NF-04.



Figura 72 – Dispersão das águas da BHP em NF-04.

A constatação de forte influência das águas contaminadas recebidas de rios que chegam ao oceano é corroborada por Sales (2006), que contemplou o estudo da balneabilidade das praias urbanas do município de Natal, através do monitoramento de 15 pontos de coleta de água, constatando que a praia da Redinha destacou-se como uma das praias com as piores condições de balneabilidade, com grande variação nos resultados encontrados, apresentando valores que variaram entre 50 e 90.000 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes. A autora cita que este ponto recebe grande aporte dos dejetos domésticos e industriais dos municípios que compõem a região metropolitana de Natal, através do Rio Potengi, por se localizar próximo a foz do mesmo.

5.7 Correlação da precipitação com a concentração de Enterococos

Com o objetivo de compreender melhor a influência que a ocorrência da precipitação exerce sobre a qualidade da água para banho, foi feita a correlação entre a concentração de Enterococos encontrada no período de monitoramento com a precipitação observada neste mesmo período em um posto da EMPARN, localizado no município de Parnamirim. Neste caso, utilizou-se a precipitação

monitoramento, as concentrações encontradas de Enterococos no período chuvoso foram bastante superiores as registradas na estação seca. Enquanto nesta última verificou-se valor mediano de 280 e valor máximo de 5.400 NMP/100 ml, na estação chuvosa registraram-se mediana e valor máximo de 1.700 e 33.000 NMP/100 ml, respectivamente, estando este valor associado à precipitação diária de 62,5 mm, a maior registrada no mês de junho.

A praia de Pirangi do Norte (ponto PA-02) foi classificada como PRÓPRIA na maior parte das semanas analisadas na estação seca, oscilando entre a categoria EXCELENTE e MUITO BOA. Já no período de chuvas houve uma piora significativa na qualidade da água, apresentando quase metade dos resultados enquadrados na condição IMPRÓPRIA e algumas semanas com qualidade SATISFATÓRIA.

No ponto PA-03, a condição EXCELENTE se destaca na estação chuvosa. Quando se faz uma comparação destes resultados com os registrados na estação seca, percebe-se um equilíbrio, parecendo que não houve diferenças consideráveis entre a qualidade da água nestas duas estações. Nota-se que na estação chuvosa ocorreu uma oscilação entre as classificações EXCELENTE, SATISFATÓRIA, MUITO BOA e IMPRÓPRIA, enquanto que, na seca, ocorreu predominância da condição EXCELENTE, e logo em seguida da IMPRÓPRIA. No entanto, constatou-se que neste ponto de monitoramento também houve redução na qualidade da água associada à ocorrência da precipitação, principalmente devido ao fato da maior quantidade de semanas analisadas neste período estarem classificadas como IMPRÓPRIA para banho, e por serem encontradas concentrações de Enterococos bem maiores que as registradas na estação seca.

Esta situação também foi verificada para o ponto NF-04, o qual apresentou a concentração máxima do indicador de contaminação fecal na estação chuvosa, quase dez vezes maior que este mesmo valor encontrado na estação seca.

Em relação ao balneário do Rio Pirangi (PA-05), foi notória a queda da qualidade da água na estação chuvosa, que apresentou apenas duas semanas na condição PRÓPRIA de qualidade EXCELENTE, onde também foram verificadas concentrações de Enterococos mais elevadas do que na estação seca. Para esta, registrou-se mediana de 350 e valor máximo de 16.000 NMP/100 ml, enquanto que no período de chuvas estes valores corresponderam a 1.100 e 160.000 NMP/100 ml, respectivamente.

A associação da ocorrência de chuvas com a redução na qualidade da água de praias também foi observada no relatório da qualidade das águas litorâneas do estado de São Paulo, elaborado pela CETESB. Nele, verificou-se uma significativa melhora da qualidade das praias em 2007 quando comparada ao ano anterior. Esse fato foi relacionado, principalmente, à falta de chuva ao longo do ano, entre os meses de março e outubro. Durante praticamente todo esse período de 8 meses, o número de praias impróprias esteve abaixo de 10%. Enquanto em 2006 foram registrados picos de praias impróprias nos meses de janeiro, fevereiro, abril e setembro.

Além do trabalho desenvolvido por Morosine e colaboradores (1997), que tinha como objetivo principal avaliar as condições sanitárias das águas costeiras que banham o litoral da Grande João Pessoa, através do monitoramento de quinze praias, onde foi verificado que na época de maior precipitação pluvial (março a agosto) houve uma maior contaminação fecal, com maior evidência nas praias situadas próximo às descargas de galerias pluviais ou a córregos, sendo atribuída ao arrasto de águas pluviais com material de origem fecal e a rios contaminados com esgotos.

Da mesma forma, Sales (2006) ressalta em sua pesquisa que em dias com alta incidência de chuvas, coincidindo e/ou antecedendo as coletas de amostras nas praias urbanas do município de Natal, a concentração dos Coliformes termotolerantes apresentou-se elevada quando comparada aos dias com baixa incidência de chuva. A autora explica que este fato foi provocado possivelmente devido à maior vazão de água nas tubulações de drenagem pluvial e ao conseqüente arraste de material orgânico depositado em seu interior, o enviando para as praias.

6. CONCLUSÕES

A análise e discussão dos dados obtidos a partir do monitoramento das condições de balneabilidade das praias de Pirangi permitiram obter do estudo as seguintes conclusões:

- A praia fluvial do Rio Pirangi (PA-01) foi aquela que apresentou a pior condição de balneabilidade, permanecendo IMPRÓPRIA em 85% das semanas analisadas, por estar localizada próximo ao exutório da BHP e, como consequência, receber toda a contribuição de poluentes lançados ao longo do seu curso;
- Os lançamentos de efluentes nas proximidades do empreendimento Marina Badauê (ponto PA-02) e na praia de Pirangi do Sul (ponto NF-04) provocaram uma diminuição da qualidade da água para banho das praias de Pirangi e a contaminação da areia, representando riscos à saúde dos banhistas;
- Dentre os cinco pontos de monitoramento das praias considerados neste estudo, o ponto PA-03 foi o que apresentou a melhor condição de balneabilidade e qualidade ambiental, provavelmente, por se tratar de um trecho da Praia de Pirangi do Norte onde não se detectou lançamento de efluentes, pouco freqüentado por banhistas, sem comércio nas adjacências, e ainda por estar mais distante da foz do Rio Pirangi do que os outros pontos;
- No presente estudo o indicador Enterococos apresentou-se mais restritivo na avaliação das condições de balneabilidade das praias do que os Coliformes termotolerantes, tanto para a água quanto para a areia;
- A ocorrência da precipitação exerceu influência positiva na qualidade da água da Bacia Hidrográfica Pirangi avaliada através do IQA-CETESB.
- Foi constatada uma forte influência da contaminação da água do mar na qualidade sanitária das areias das praias de Pirangi do Sul e do Norte;
- Mais da metade dos pontos de monitoramento da BHP (66,6%) ficaram classificados como IMPRÓPRIOS para banho, sendo o lançamento de esgotos domésticos e industriais a principal causa deste resultado;

- O ponto localizado no estuário do Rio Pirangi (P01) apresentou-se como o mais contaminado da BHP, permanecendo IMPRÓPRIO em 100% das semanas analisadas devido, principalmente, ao lançamento intermitente de esgoto nas suas proximidades, provavelmente oriundo dos condomínios residenciais adjacentes;
- Durante o estudo, o ponto de monitoramento P05 foi o que apresentou a melhor condição de balneabilidade da bacia hidrográfica estudada;
- Constatou-se uma perda da qualidade ambiental do ano de 2007 para 2008. No ano de 2007 verificou-se que 53,3% dos pontos de monitoramento da BHP ficaram classificadas como IMPRÓPRIOS para banho, enquanto que em 2008 este valor passou para 66,6%;
- A entrada das águas da BHP nas praias de Pirangi exerce influência direta na balneabilidade das mesmas, sendo a praia de Pirangi do Norte (PA-02) a mais influenciada.
- Na estação chuvosa constatou-se uma redução significativa nas condições de balneabilidade das praias de Pirangi;
- A aplicação do IQA mascarou a verdadeira condição sanitária dos mananciais, pois apesar da BHP ter apresentado a qualidade da água inserida na categoria BOA, dez pontos de monitoramento, localizados nos rios que a compõem, ficaram classificados como IMPRÓPRIOS para banho.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A precariedade do esgotamento sanitário da região metropolitana de Natal e a ausência de um sistema adequado de tratamento e disposição final dos esgotos domésticos e industriais são os principais fatores responsáveis pela degradação da qualidade da água da Bacia Hidrográfica Pirangi e, como consequência, pelo comprometimento da balneabilidade das praias de Pirangi.

Portanto, o saneamento dessa região é imprescindível para a melhoria das condições de balneabilidade da BHP e das praias que são influenciadas por ela, assim como, para a proteção da qualidade da água no que diz respeito aos seus diversos usos.

Vale ressaltar, a importância da proteção à saúde pública, pois a água contaminada representa riscos aos banhistas, uma vez que a mesma pode atuar como meio de transmissão de doenças, tais como febre tifóide, cólera, disenteria bacilar, hepatite infecciosa, esquistossomose, doenças de pele, entre outras.

A areia das praias também é um ambiente que oferece riscos a saúde dos seus frequentadores, e sua contaminação está diretamente relacionada à qualidade da água do mar, ou seja, uma praia que apresenta boas condições de balneabilidade irá, provavelmente, apresentar areias com boa qualidade sanitária.

Apesar da possibilidade de se contrair alguma doença através do contato direto com a areia contaminada, não foi encontrada legislação consolidada sobre a qualidade das areias vigente em nenhum país. A resolução CONAMA nº274 de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade, por exemplo, apenas recomenda aos órgãos ambientais a avaliação das condições parasitológicas e microbiológicas da areia, para futuras padronizações.

Tendo em vista as implicações com relação à saúde dos frequentadores das praias e os resultados obtidos, o presente trabalho traz as seguintes recomendações aos banhistas:

- Evitar o contato direto com águas provenientes de galerias pluviais ou que tenham origem desconhecida, principalmente, quando a elas estiverem associados odores desagradáveis;
- Não tomar banho nas praias que estejam classificadas como IMPRÓPRIAS;

- Evitar ingerir a água do mar durante o banho;
- Evitar o uso de rios que afluem às praias;
- Evitar a utilização de praias nas quais deságuam corpos d'água quando não se tem conhecimento da sua qualidade, principalmente, após a ocorrência de precipitações pluviais de grande intensidade;
- Evitar o contato direto com areias que recebam algum tipo de efluente.

Diante das observações realizadas durante o estudo e da experiência adquirida através dele, apresenta-se a seguir algumas sugestões, com o objetivo de aprimorar o programa Água Azul, responsável pelo monitoramento das condições de balneabilidade das praias do Rio Grande do Norte:

- Promover, com maior frequência, eventos cujo foco principal seja a educação ambiental dos frequentadores das praias, dos que moram às suas margens e da população ribeirinha, no sentido de conscientizá-los quanto à importância da disposição adequada dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos para a preservação da qualidade da água;
- Incorporar ao programa a avaliação das condições sanitárias das areias, principalmente nas praias mais frequentadas de Natal, como por exemplo, Ponta Negra e Praia do Meio;
- Ampliar a elaboração de projetos em conjunto com a SEMARH que contemplem a identificação das fontes de poluição da Bacia Hidrográfica Pirangi, cuja investigação envolva a sociedade, e que vislumbre um cunho punitivo para os infratores;
- Adotar a bactéria *Enterococos* como indicador de contaminação fecal na avaliação das condições de balneabilidade das praias do Rio Grande do Norte, uma vez que estas se mostraram mais restritivas do que os Coliformes termotolerantes na presente pesquisa e, por serem mais resistentes às condições adversas do ambiente marinho, do que os outros indicadores bacteriológicos de contaminação fecal;

Por fim, o presente trabalho contribui, ainda, com as seguintes recomendações gerais:

- A revisão da resolução CONAMA nº 274 de 2000, no sentido de estabelecer diferentes padrões de balneabilidade de cada indicador de

contaminação fecal para água doce e água salgada, uma vez que o tempo de sobrevivência dos mesmos difere em função da salinidade;

- A realização de estudos hidrodinâmicos com o objetivo de avaliar, de forma mais precisa, como ocorre a dispersão dos poluentes provenientes da BHP nas praias de Pirangi;
- Intensificar a promoção de eventos voltados ao esclarecimento da população sobre questões relativas ao tema balneabilidade, tais como doenças de veiculação hídrica, os fatores que tornam um corpo d'água IMPRÓPRIO para banho, a qualidade sanitária da areia das praias, a importância da coleta e tratamento dos esgotos domésticos e industriais, entre outras.

REFERÊNCIAS CITADAS

ABAE. **Areia limpa, praia saudável**. Disponível em: <<http://www.abae.pt>>. Acesso em: 23 out. 2007.

ACQUATOOL Consultoria. **Complementação do Estudo de Capacidade de Autodepuração do Rio Pirangi, para Atender o Sistema de Esgotamento Sanitário de Pium, Cotovelo e Pirangi do Norte**. Dez 2007.

_____. **Estudo de Impacto Ambiental do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Parnamirim**. 2008.

ANDRAUS, Sumaia. **Aspectos microbiológicos da qualidade sanitária das águas do mar e areia das praias de matinhos, Caióba e Guaratuba – PR**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. Centennial Edition, 2005.

APÓS CHUVAS, Ipanema ganha 'rio de esgoto'. **O Globo**, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:<<http://g1.com.br>>. Acesso em: 14 de nov. 2008

ARCO, Projetos e Construções Ltda. **Projeto de esgotos sanitários da comunidade de Pium, e das praias de Cotovelo e Pirangi do norte, no município de Parnamirim-RN**. 2007.

AURELIANO, Joana Teresa. **Balneabilidade das praias de Pernambuco: o Núcleo Metropolitano**. 2000. 239 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Gestão e Políticas Ambientais) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.

AZEVEDO, Marilda Vieira. **Estudo da relação entre hepatite A e condições de balneabilidade em cenários de saneamento precário na região de mangaratiba, baía de sepetiba - RJ**. 2000. 105 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000.

BONILLA, Tonya D. *et al.* **Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects associated with beach sand exposure**. Marine Pollution Bulletin, v. 54, p. 1472–1482. 2007.

BOUKAI, Nassim. **Qualidade sanitária da areia das praias no município do Rio de Janeiro**: diagnóstico e estratégia para monitoramento e controle. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BRANCO, Samuel Murgel. **Hidrobiologia aplicada a engenharia sanitária**. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

CAIRNCROSS, Sandy; FEACHEM, Richard G. **Environmental health engineering in the tropics**: An Introductory Text. 2.ed. England: Wiley, 1993.

CETESB. **Relatório de Balneabilidade das praias paulistas**. São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/evolucao.asp>>. Acesso em: 22 out. 2007.

_____. **Modelo matemático para cálculo do índice de qualidade da água (IQA)**. 96 f. Relatório R. 176. Contrato DAEE/CETESB, termo 49/79. São Paulo: CETESB, 1979.

CHRISTÓFARO, Cristiano; LEÃO, M. M. D. Variação Interanual e sazonal do índice de qualidade das águas: IQA da bacia hidrográfica do rio das velhas – MG. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13, 2008. Belém, PA. **Anais eletrônicos...**Belém: ABES, 2008. Disponível em <<http://www.abes.locaweb.com.br>>. Acesso em: 04 out. 2008.

CLBI. Dados climáticos da área de estudo. Estação meteorológica. 2006.

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

DALFIOR, Jacson S. **Avaliação da eficiência do grupo coliforme fecal como indicador de balneabilidade de praias quando comparado com Enterococos**: estudo de caso da praia da Curva da Jurema (Vitória, Es). 2005. 53 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

DEFRA. **Bathing Water Directive**. Disponível em: <<http://www.defra.gov.uk>>. Acesso em: 30 out. 2008.

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**. 2002. 180 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.

ENVIRONMENT CANADA:National Environment Indicators, Summary Status Report. Environment Canadá. Ottawa.1994.

EPA. **National Beach Guidance and Required Performance Criteria for Grants.** United States: EPA, 2002.

_____. **Water Quality Standards for Coastal and Great Lakes Recreation Waters.** Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: 29 out. 2008.

IBGE. **Contagem da população 2007.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:<www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm htt >. Acesso em: 10 abr 2009.

IDEMA. **Avaliação das condições de balneabilidade da bacia hidrográfica Pitimbu-Taborda-Pium** (período de 13/01 a 10/01/08). Relatório. Natal, RN, 2008.

_____. **Comportamento da balneabilidade das praias potiguares de agosto de 2005 a agosto de 2006.** Natal, RN, 2006.

_____. **Estudos para implantação do Zee dos estuários do rio grande do norte e seus entornos:relatório final.** 2003.

LUCENA *et al.* Análise da distribuição pluviométrica no contexto da bacia hidrográfica do Rio Pirangi, litoral leste potiguar. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2., 2000, Natal, RN. **Anais...** Natal, RN: ABRH, 2000. Pág. 56 – 60.

LUCENA, Leandson R. F. de. **Implicação da compartimentação estrutural no aquífero barreiras na área da Bacia do Rio Pirangi-RN.** 2005. 151f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MAIER, L. de Medeiros *et al.* **Avaliação da presença de fungos e bactérias patogênicas em duas praias do M. do Rio de janeiro.** In: Coleção Estudos da Cidade. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2003.

CEBALLOS, Beatriz S. O. de. Microbiología sanitaria y ambiental. In_____. MENDONÇA, Sérgio Rolim (Org.). **Sistemas de lagunas de estabilización: cómo utilizar aguas residuales tratadas em sistemas de regadío.** Colombia: Mcgraw-Hill Interamericana, 2000. cap. 3.

MING; ZHEN-LI. **Water quality prediction of marine recreational beaches receiving watershed baseflow and stormwater runoff in southern California, USA.** Water research, 2008.

MOROSINE, M. de F. Moraes *et al.* Condições sanitárias das águas do mar na faixa litorânea da grande João Pessoa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu, PA. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABES, 1997. Disponível em: <www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/joao.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2008.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** Rio de Janeiro: ABES, 1997.

NEMETZ, Stella M. M. C. C. DE S. **Balneabilidade das praias do litoral centro-norte de santa catarina:** estudo de percepção ambiental. 2004. 223 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau – FURB, Blumenau, 2004.

NÍSIA FLORESTA. Prefeitura Municipal de Nísia Floresta. **O município.** Disponível em: <<http://www.nisiafloresta.rn.gov.br>>. Acesso em: 21 jul 2009.

NOBLE R.T *et al.* **Comparison Of Total Coliform, Fecal Coliform, And Enterococcus Bacterial Indicator Response For Ocean Recreational Water Quality Testing.** Water Research, 2003.

OTT, W.R. **Environmental indices-theory and practice.** Ann Arbor, Mich: Annarbor science publishers, 1978.

PARNAMIRIM. Prefeitura Municipal de Parnamirim. **Parnamirim em números.** Disponível em: <<http://www.parnamirim.rn.gov.br>>. Acesso em: 04 maio 2009.

PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (orgs.). **Biologia Marinha.** Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. 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: 24 out. 2005.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria Estadual de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos:** Relatório síntese. Hidroservice Engenharia Ltda. 1998.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Bacias Hidrográficas.** Disponível em: <<http://semarh.rn.gov.br>>. Acesso em: 28 mar. 2009.

SALES, Thaise Emmanuele Andrade de. **Estudo da balneabilidade das praias urbanas do Município de Natal-RN durante o ano de 2005**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

SANTOS, Irani dos *et al.* **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento, 2001.

SNIS (Brasil). **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto**: 2006. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: 08 abr 2009.

TINÔCO, L. B. de Melo (Coord.). **Plano de gestão integrada da orla marítima: projeto orla. Parnamirim**, 2008.

TRABULSI, Luiz Rachid *et al.* **Microbiologia**. 3.ed. São Paulo: Editora Atheneu, 1999.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **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.

_____. **Monitoring Bathing Waters: A Practical Guide to the Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programmes**. Geneva, 2000.

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

_____. **Water Recreation and Disease – Plausi ility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality**. Londres, 2005.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

DIAS, L.M.M.. **Balneabilidade das praias estuarinas da Ilha de Mosqueiro (PA): Uma visão geoquímica ambiental**. 1995. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.

HERRERA, A.; Suárez, P. **Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera**. Interciência, v.3, n.3., p. 171 – 176, mar, 2005. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33910209.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2007.

IDEMA. **Comportamento da balneabilidade das praias potiguares durante o ano de 2004**. Relatório. Natal, RN, 2004.

_____. **Avaliação das condições de balneabilidade da bacia hidrográfica pitimbu-taborda-pium (período de 05/01 a 02/02/2005)**. Natal, RN, 2005.

_____. **Comportamento da balneabilidade das praias potiguares durante o ano de 2005**. Natal, RN, 2005.

_____. **Avaliação das condições de balneabilidade da bacia hidrográfica pitimbu-taborda-pium (período de 08/01 a 05/02/2006)**. Natal, RN, 2006.

_____. **Avaliação das condições de balneabilidade da bacia hidrográfica pitimbu-taborda-pium (período de 07/01 a 04/02/2007)**. Natal, RN, 2007.

_____. **Avaliação das condições de balneabilidade da bacia hidrográfica pitimbu-taborda-pium (período de 13/01 a 10/02/2008)**. Natal, RN, 2007.

PEREIRA, M. Gorete. **Qualidade das águas dos mananciais de superfície utilizados no abastecimento da cidade do Natal: aplicação do IQA nos pontos de captação**. 1993. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1993.

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**. Geneva, 1999.

ANEXOS

ANEXO A – Questionário utilizado no monitoramento da balneabilidade das praias do Rio Grande do Norte pelo programa Água Azul.

PROJETO BALNEABILIDADE DAS PRAIAS				
PONTO	MUNICÍPIO			PRAIA
UTM E	UTM	DATA	HORA	EQUIPE
CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA PRAIA 1) Frequência de banhistas: Boa (☐) regular (☐) fraca (☐) 2) Período do ano: Normal (☐) férias/veraneio (☐) 3) Regime de chuva: Chuva forte (☐) chuva fraca (☐) chuvas recentes (☐) ausência de chuvas (☐) 4) Interferência antrópica: Construção: pequena (☐) média (☐) grande (☐) barracas (☐) outras (☐) Espigão (☐) enrrocamento (☐) muro de arrimo (☐) gabião (☐) outras (☐) Galeria pluvial (☐) esgoto (☐) canalizações (☐) outras (☐) OBS: _____ 5) Odor: cheiro fétido (☐) sem cheiro (☐) 6) Quantidade de moscas: grande (☐) média (☐) pequena (☐) ausência (☐) 5) Material poluente (M= muito, P= pouco): Plástico (☐) vidro (☐) metal (☐) petróleo/derivados (☐) lixo orgânico (☐) Material Construção (☐) outros (☐) OBS: _____ 6) Animais: Presença (☐) ausência (☐) 7) Corpo d'água: Rio (☐) riacho (☐) maceió (☐) lagoa (☐) laguna (☐) outros (☐) OBS: _____ 8) Vegetação: Gramínea (☐) salsa de praia (☐) coqueiros (☐) manguezais (☐) outras (☐) 9) Sedimento: cascalho (☐) areia (☐) lama (☐) 10) Dunas: Sim (☐) Não (☐) 11) Erosão/deposição: erosão (☐) deposição (☐) equilíbrio (☐) OBS: _____ 12) Temperatura da água: 13) pH da água: 14) Salinidade:				

ANEXO B - Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000

O Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto na Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986 e em seu Regimento Interno, e

considerando que a saúde e o bem-estar humano podem ser afetados pelas condições de balneabilidade; considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa dos níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade;

considerando a necessidade de serem criados instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos para a balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário;

considerando que a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) recomendam a adoção de sistemáticas de avaliação da qualidade ambiental das águas, resolve:

Art. 1º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

- a) águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50‰/00;
- b) águas salobras: águas com salinidade compreendida entre 0,50‰/00 e 30‰/00;
- c) águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30‰/00;
- d) coliformes fecais (termotolerantes): bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidase 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;
- e) *Escherichia coli*: bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, caracterizada pela presença das enzimas β -galactosidase 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;
- f) Enterococos: bactérias do grupo dos estreptococos fecais, pertencentes ao gênero *Enterococcus* (previamente considerado estreptococos do grupo D), o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento, tais 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 *Enterococcus* são de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais;
- g) floração: proliferação excessiva de microorganismos aquáticos, principalmente algas, com predominância de uma espécie, decorrente do aparecimento de condições ambientais favoráveis, podendo causar mudança na coloração da água e/ou formação de uma camada espessa na superfície;
- h) isóbata: linha que une pontos de igual profundidade;
- i) recreação de contato primário: quando existir o contato direto do usuário com os corpos de água como, por exemplo, as atividades de natação, esqui aquático e mergulho.

Art. 2º As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

§ 1º As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

- a) 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, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- b) 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, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;
- c) 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 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

§ 2º Quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo.

§ 3o Os padrões referentes aos enterococos aplicam-se, somente, às águas marinhas.

§ 4o As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias ;
- d) 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;
- e) pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

§ 5o Nas praias ou balneários sistematicamente impróprios, recomenda-se a pesquisa de organismos patogênicos.

Art. 3o Os trechos das praias e dos balneários serão interditados se o órgão de controle ambiental, em quaisquer das suas instâncias (municipal, estadual ou federal), constatar que a má qualidade das águas de recreação de contato primário justifica a medida.

§ 1o Consideram-se ainda, como passíveis de interdição os trechos em que ocorram acidentes de médio e grande porte, tais como: derramamento de óleo e extravasamento de esgoto, a ocorrência de toxicidade ou formação de nata decorrente de floração de algas ou outros organismos e, no caso de águas doces, a presença de moluscos transmissores potenciais de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica.

§ 2o A interdição e a sinalização, por qualquer um dos motivos mencionados no caput e no § 1o deste artigo, devem ser efetivadas, pelo órgão de controle ambiental competente.

Art. 4o Quando a deterioração da qualidade das praias ou balneários ficar caracterizada como decorrência da lavagem de vias públicas pelas águas da chuva, ou em consequência de outra causa qualquer, essa circunstância deverá ser mencionada no boletim de condição das praias e balneários, assim como qualquer outra que o órgão de controle ambiental julgar relevante.

Art. 5o A amostragem será feita, preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários, a critério do órgão de controle ambiental competente.

Parágrafo único. A amostragem deverá ser efetuada em local que apresentar a isóbata de um metro e onde houver maior concentração de banhistas.

Art. 6o Os resultados dos exames poderão, também, abranger períodos menores que cinco semanas, desde que cada um desses períodos seja especificado e tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, cinco amostras durante o tempo mencionado, com intervalo mínimo de 24 horas entre as amostragens.

Art. 7o 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.

Art. 8o Recomenda-se aos órgãos ambientais a avaliação das condições parasitológicas e microbiológicas da areia, para futuras padronizações.

Art. 9o Aos órgãos de controle ambiental 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.

Art. 10. Na ausência ou omissão do órgão de controle ambiental, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA atuará, diretamente, em caráter supletivo.

Art. 11. Os órgãos de controle ambiental manterão o IBAMA informado sobre as condições de balneabilidade dos corpos de água.

Art. 12. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios articular-se-ão entre si e com a sociedade, para definir e implementar as ações decorrentes desta Resolução.

Art. 13. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores às sanções previstas nas Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981; 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e no Decreto no 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 15. Ficam revogados os arts. nºs 26 a 34, da Resolução do CONAMA no 20, de 18 de junho de 1986.

JOSÉ SARNEY FILHO

Presidente do CONAMA

JOSÉ CARLOS CARVALHO

Secretário-Executivo