UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO CURSO INFERIOR DA
BACIA DO RIO DOCE/RN - SUBSÍDIOS PARA UM
GERENCIAMENTO INTEGRADO**

VERA LÚCIA LOPES DE CASTRO

Orientador: Prof. Dr. Alberto Pacheco

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Alberto Pacheco
Examinadores:	Prof. Dr. Antonio Eduardo Leão Lanna
	Prof. Dr. Ricardo César Aoki Hirata
	Prof ^a . Dr ^a . Selma Simões de Castro
	Prof ^a . Dr ^a . Sueli Yoshinaga Pereira

SÃO PAULO
2000

DEDALUS - Acervo - IGC

30900010208

“Nenhuma noção nos é mais familiar que a da Energia Espiritual.
E nenhuma, entretanto, continua sendo para nós cientificamente mais obscura”.
(O Fenômeno Humano, Pierre Teilhard de Chardin)

Aos meus pais, Anacleto e Francisca
Ao meu esposo, José Agripino e nossas filhas Larissa e Camila

AGRADECIMENTOS

Aos geólogos Paulo Varella e Carlos Martins pelo apoio no desenvolvimento da proposta da pesquisa e incentivo que deram, principalmente quando se dedicaram no sentido de conseguir algum aporte financeiro, como também da compreensão, quando precisei me ausentar das atividades profissionais para cursar o doutorado.

O apoio da Secretaria de Recursos Hídricos, através do ex Secretário Dr. Rômulo Macedo e do ex Coordenador de Infra-Estrutura Hídrica Júnior Zeferino, que reconheceu a importância da realização deste trabalho e que dentro das suas possibilidades deram apoio para a execução de algumas atividades como o cadastro dos poços tubulares, dos usuários e a realização das análises físicas e químicas.

Em especial ao meu orientador Prof. Dr. Alberto Pacheco, que acompanhou todos os momentos da pesquisa, revisando e comentando todas as partes do manuscrito e passando a sua segurança e paz de espírito nos momentos certos;

Ao Prof. Dr. Uriel Duarte, pela força que sempre me deu, pelas valiosas críticas e sugestões durante o seminário de qualificação;

Ao CNPQ pela bolsa de doutorado, durante o curso;

Gentilmente ao Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE), escritório de Extremoz, através de Eclésia e Josafá, quando colocou à disposição todas as informações de demandas de água e as fichas técnicas dos poços tubulares por eles administrados;

À Fundação Nacional de Saúde, (FNS), através da Dra. Ana Maria, pela cedência dos dados relacionados à incidência de esquistossomose na bacia do rio Doce.

À Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, (CAERN), através dos engenheiros Marco Antonio Calazans, Jozildo e dos geólogos Marcelo Queiroz e João Maria, pelas informações sobre o consumo e qualidade das águas dos mananciais de superfície e subterrâneo;

Ao Instituto de Desenvolvimento e Meio Ambiente (IDEMA), através do seu presidente, Dr. Geraldo Magela, engenheiros José Carlos, e Ana Marcelino, quando colocaram à disposição os relatórios técnicos e as imagens de satélite para a atualização do mapa de uso e ocupação do Solo;

Ao Laboratório de Água e Solo – DATANORTE, através dos engenheiros químicos Edna, Lígia, Fátima, Dutra, Conceição, Alfredo e Isinha no sentido de orientar a coleta das amostras, realizar as análises físicas e químicas, calibrar os equipamentos utilizados em campo e permitir a consulta ao acervo deste respeitado e conceituado laboratório;

À Empresa de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Norte (EMPARN), através de Joana Darc, Leandson e Nelson que colocaram todos os dados meteorológicos à disposição;

Às indústrias Vicunha, Guararapes Têxtil, Parmalat, Henfibra, Antártica, Coats, Laborsil, e Mastex, pelas informações prestadas e permissão ao acesso aos poços tubulares para coleta de água e medições dos níveis de água.

À empresa de perfuração de poços PROPOÇO, através do seu proprietário, Sr. Marcos Silva, que colocou a disposição o acervo das fichas técnicas dos poços tubulares;

Aqueles que me deram assistência durante a minha estada na cidade de São Paulo: Gilton, Linda, Mônica, Marcelo, Crys, Bolivar, Almany e Ana Cláudia.

Aos colegas: Bolivar, José Bráz, Jamile, Ana Lúcia, Marta, Murilo, Sônia, Anísia, Mauro e as funcionárias Ana Paula e Magaly pelo proveitoso convívio e apoio durante o período que estive na USP.

Ao amigo Elmo Marinho por todos os comentários no desenvolvimento da metodologia de pesquisa, pelas valiosas discussões e pela especial contribuição, quando fez as fotografias aéreas;

Ao geólogo Geraldo Melo pela leitura de alguns capítulos e pelas valiosas discussões sobre o modelo conceitual hidrogeológico;

Aos colegas geólogos Telma Tostes e José Brás pela importante contribuição ao colocar a disposição as informações das suas pesquisas desenvolvidas nas proximidades da área em aprêço;

Ao engenheiro Josemar pela sua constante ajuda na orientação do manuseio de alguns software e pela realização das medições de descargas nos rios do Mudo, Doce e do Guajiru;

Aos motoristas da Secretaria dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, Sr. Chico, Sr. Geraldo e Ribamar pela boa companhia e paciência que tiveram durante a realização do cadastro dos poços tubulares e usuários.

Aos colegas que sempre acreditaram no meu trabalho e pela amizade que adquirimos no convívio profissional: Nivaldo, Graça, Ricardo, Mário, Solange, Fátima Carlos, Herbet, Fátima Rêgo, Hugo e Gustavo;

Ao Coordenador de Gestão dos Recursos Hídricos Ricardo Andrade, pelo apoio e compreensão, quando precisei me afastar das minhas atividades profissionais para concluir o relatório final.

SUMÁRIO

Relação das Figuras	
Relação das Tabelas	
Relação dos Quadros	
Relação dos Anexos	
Citação e Dedicatória	
Agradecimentos	
Resumo	
Abstract	
1.0 – INTRODUÇÃO	01
1.1 - Localização e Dimensões da Área	02
1.2 – Objetivos	04
1.3 – Metodologia	04
2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.0 - ASPECTOS FÍSICOS E SÓCIO-ECONÔMICOS	13
3.1 - Aspectos Físicos	13
3.1.1 – Precipitação	13
3.1.2 – Temperatura	13
3.1.3 – Insolação	15
3.1.4 - Evaporação e Evapotranspiração	15
3.1.5 - Classificação Climática e Balanço Hídrico	17
3.1.6 – Geologia	18
3.2 - Aspectos Sócio-Econômicos	22
3.2.1 - Recorte para a cidade de Extremoz	23
4.0 - O SISTEMA HÍDRICO SUBTERRÂNEO E A LAGOA DE EXTREMOZ	24
4.1 - Aquífero Cristalino	24
4.2 - Aquífero Jandaíra	25
4.3 - Aquífero Barreiras	26
4.3.1 - Evolução do Conhecimento do Aquífero Barreiras	26
4.3.2 - O Sistema Aquífero Dunas/Barreiras na Bacia do Rio Doce	27
4.3.3 - Fluxo Subterrâneo	31

4.3.4 - Estimativa das Reservas e Recursos Explotáveis.....	33
4.3.5 - Estimativa da Contribuição do Volume de Água Proveniente do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras para a Lagoa de Extremoz	37
4.4 - Aquífero Aluvial.....	39
5.0 - QUALIDADE DAS ÁGUAS E CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA.....	40
5.1 - Águas Superficiais.....	41
5.1.1 - Comportamento de alguns Parâmetros Físicos, Químicos, Biológicos e Bacteriológicos - Período 1995 a 1996.	41
5.1.2 - Parâmetros medidos em Campo - Novembro de 1997.....	52
5.1.3 - Recorte para Lagoa de Extremoz – Índices de Qualidade da Água (IQA), do Estado Trófico (IET) e Potabilidade	55
5.2 - Águas Subterrâneas – Sistema Aquífero Dunas/Barreiras	60
5.2.1 - Caracterização Iônica.....	60
5.2.2 – Potabilidade.....	62
5.2.3 – Nitrato	65
5.2.4 - Parâmetros medidos em Campo - Novembro de 1997.....	70
6.0 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO	80
6.1 - Uso e Ocupação do Solo.....	72
6.1.1 - Leis que Incidem no Uso e Ocupação do Solo	78
6.2 - Fontes Potenciais de Contaminação	80
6.2.1 - Atividades Industriais	81
6.2.2 - Lagoas de Estabilização.....	84
6.2.3 - Expansão Urbana.....	87
6.2.4 - Outras Fontes ou Atividades Potencialmente Contaminantes	87
7.0 – SAÚDE PÚBLICA.....	92
7.1 - Indicadores de Saneamento Básico na Bacia do Rio Doce	95
7.2 – Esquistossomose.....	99
7.3 - Hepatite Viral	100
7.4 – Cólera.....	101
7.5 - Febre Tifóide.....	102

7.6 - Patogenicidade do Íon Nitrato.....	103
7.7 - Saúde Pública no Contexto do Gerenciamento dos Recursos Hídricos	103
8.0 - APROVEITAMENTO, USOS, DEMANDA, CONSUMO REAL E OFERTA DOS RECURSOS HÍDRICOS	110
8.1 – Aproveitamento	110
8.2 – Usos	114
8.2.1 - Abastecimento Público	114
8.2.2 - Usos Industrial e Agrícola	120
8.3 - Demanda, Consumo Real e Ofertas	122
9.0 - FUNDAMENTOS E ESTRATÉGIAS PARA O GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO CURSO INFERIOR DA BACIA DO RIO DOCE	129
9.1 - Aspectos Conceituais da Gestão dos Recursos Hídricos.....	130
9.2 - Aproveitamento das Águas	130
9.3 - Experiências Internacionais	131
9.4 - Experiência Brasileira	136
9.4.1 - Arcabouço Jurídico-Institucional Existente.....	137
9.4.2 - Sistema Nacional Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos	140
9.5 - Experiência no Estado do Rio Grande do Norte.....	141
9.5.1 - Leis Ambientais que Antecederam a Legislação Estadual dos Recursos Hídricos.....	141
9.5.2 - Histórico da Gestão dos Recursos Hídricos no Estado do RN e Atual Arcabouço Jurídico-Institucional	142
9.6 - Estratégias Para a Implementação da Gestão das Águas Subterrâneas no Curso Inferior da Bacia do Rio Doce	148
9.6.1 - Associação dos Usuários	150
9.6.2 - Comitê de Bacia	153
9.6.3 - Concessão de Licença Para Construção de Obras de Infra Estrutura Hídrica	155
9.6.4 - Concessão de Outorgas.....	160
10 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	169
11.0 – BIBLIOGRAFIAS	174
ANEXOS.....	188

RELAÇÃO DAS FIGURAS

N.º Figura		Pág.
Figura 1.1	Localização da área Fonte: (CASTRO, 2000)	03
Figura.3.1	Variação de dados meteorológicos Fonte: (DNMET Posto Jacumã Ceará Mirim - 1961 - 1990).	14
Figura 3.2	Disponibilidade de água no solo Fonte:DNMET Posto Jacumã/Ceará Mirim -1961 a 1990).....	18
Figura 3.3	Geologia da área Fonte: (CASTRO, 2000)	19
Figura 3.4	Municípios inseridos na Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000)	22
Figura 4.1	Seções Hidrogeológicas AB e BC Fonte: (CASTRO, 2000).	28
Figura 4.2	Seções Hidrogeológicas CD, EF e WZ Fonte: (CASTRO, 2000)	29
Figura 4.3	Potenciometria do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras no curso inferior da Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).	32
Figura 4.4	Parâmetros estimados relacionados ao Sistema Aquífero Dunas/Barreiras no curso inferior da Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000)	36
Figura 4.5	Simulação preliminar das entradas e saídas anuais de água na lagoa de Extremoz Fonte: (CASTRO, 2000).	38
Figura 5.1	Localização dos pontos de amostragem das análises físicas, químicas, biológicas e bacteriológicas realizadas pela CAERN no período de 1995 a 1996 Fonte: (CASTRO, 2000).	43
Figura 5.2	Comportamento da alcalinidade total no perfil longitudinal Rio do Mudo(Br406)/Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).	45
Figura 5.3	Comportamento dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no perfil longitudinal rio do Mudo - Rio Doce no período de 1995 a 1996 Fonte: (CASTRO, 2000)..	46

Figura 5.4	Relação entre as concentrações de cloreto (Cl ⁻) e as precipitações nos Rios Guajiru, do Mudo e Lagoa de Extremoz no período de março/1995 a março/1996 Fonte: (CASTRO, 2000).	47
Figura 5.5	Zoneamento do pH, (a), Condutividade Elétrica (b) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (c), nas águas superficiais dos cursos médio e inferior da Bacia do Rio Doce, novembro/98 Fonte: (CASTRO, 2000).	54
Figura 5.6	Locais onde foram efetuadas as amostragens para a avaliação do IQA Fonte: (DUARTE, 1999).	56
Figura 5.7	Variação espaço-temporal do IQAA E IQAM, na lagoa de Extremoz, no período de dezembro/1996 a dezembro/1997 Fonte: (DUARTE, 1999).	59
Figura 5.8	Diagrama Triangular de Piper Fonte: (CASTRO, 2000).	63
Figura 5.9	Diagrama de Stiff Fonte: (CASTRO, 2000).	64
Figura 5.10	Fontes e caminhos do nitrogênio no ambiente sub-superficial Fonte: (FREEZE & CHERRY, 1979)	66
Figura 5.11	Contaminações pontuais de nitrato na Bacia do Rio Doce (a) e especificamente na Zona Norte de Natal Fonte: (CASTRO, 2000).	68
Figura 5.12	Evolução dos teores de nitrato na Indústria Guararapes Têxtil Fonte: (CASTRO, 2000).	69
Figura 5.13	Comportamento da Condutividade Elétrica, Cloreto e Nitrato no período de 1987 a 1996 na Indústria Parmalat Fonte: (CASTRO, 2000).	69
Figura 5.14	Zoneamento do pH, (a), Condutividade Elétrica (b) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (c), nas águas subterrâneas da Bacia do Rio Doce, novembro/98 Fonte: (CASTRO, 2000).	73
Figura 6.1	Uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).	75
Figura 6.2	Vista parcial do uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).	76

Figura 6.3	Vista parcial do uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).	77
Figura 6.4	Disposição das indústrias Fonte: (Secretaria da Indústria e do Comércio/RN, 1999)	82
Figura 6.5	Produção média diária de efluentes industriais Fonte: (CAERN, 1996).....	84
Figura 6.6	Produção média mensal de efluentes gerados pelas indústrias Fonte: (CAERN, 1996).....	84
Figura 6.7	Sistema das lagoas de estabilização do distrito industrial Fonte: (MELO, 1998).....	86
Figura 7.1	Ciclo de contaminação viral do meio hídrico Fonte: (CÉCCILLON, 1998).....	94
Figura 7.2	Casos de ocorrência de esquistossomose na Bacia do Rio Doce no período de 1976 a 1996 Fonte: (Fundação Nacional de Saúde- FNS)	100
Figura 7.3	Casos notificados de hepatite viral no período de 1993 a 1996 Fonte: (Secretaria de Saúde do Estado do Rio Grande do Norte).....	101
Figura 7.4	Casos confirmados de cólera no período de 1992 a 1996 Fonte: (Secretaria de Saúde do Estado do Rio Grande do Norte).....	102
Figura 8.1	Localização da captação da CAERN na Lagoa de Extremoz Fonte: (CASTRO, 2000).	111
Figura 8.2	Relação entre poços e cacimbões cadastrados Fonte: (CASTRO, 2000).	112
Figura 8.3	Situação dos poços cadastrados nos municípios inseridos na bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000)..	112
Figura 8.4	Localização dos pontos cadastrados Fonte: (CASTRO, 2000).	113
Figura 8.5	Colunas construtivas e litológicas dos poços localizados nas unidades industriais Fonte: (CASTRO, 2000).....	115
Figura 8.6	Colunas construtivas e litológicas dos poços localizados nas unidades industriais Fonte: (CASTRO, 2000)..	116

Figura 8.7	Colunas construtivas e litológicas dos poços do Sistema de Abastecimento Público – CAERN Fonte: (CASTRO, 2000).....	117
Figura 8.8	Colunas construtivas e litológicas dos poços do Sistema de Abastecimento Público - SAAE..... Fonte: (CASTRO, 2000).	118
Figura 8.9	Usos dos poços tubulares e poços amazonas na Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).....	119
Figura 8.10	Perfil dos usuários dos poços Fonte: (CASTRO, 2000).	119
Figura 8.11	Ilustração esquemática dos diversos usos dos recursos hídricos na Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).	121
Figura 8.12	Consumo real de águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).....	127
Figura 8.13	Comportamento das demandas estimadas para o ano de 2010, mostrando a possibilidade de ocorrência de uma das situações indicadas Fonte: (CASTRO, 2000).....	128
Figura 9.1	Sistema de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte Fonte: (CASTRO, 2000).....	147
Figura 9.2	Estrutura organizacional da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte Fonte:(SERHID/RN, 1997).....	148
Figura 9.3	Unidades básicas de apoio ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos na Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).....	153
Figura 9.4	Fluxograma dos procedimentos para licenciamento de obras hidráulicas Fonte:(SERHID/RN, 1997).....	161
Figura 9.5	Fluxograma dos procedimentos para a expedição da outorga do direito de uso da água Fonte:(SERHID/RN, 1997).	168

RELAÇÃO DAS TABELAS

N.º Tabela		Pág.
Tabela 3.1	Evapotranspiração potencial no período de 1931 - 1960 Fonte: (MELO, 1995)	16
Tabela 3.2	Evapotranspiração potencial no período de 1961 a 1990 Fonte: (DNMET Posto de Jacumã - Ceará Mirim/RN).	16
Tabela 3.3	Balanço hídrico segundo Thornthwaite Fonte: (DNMET Posto Jacumã - Ceará Mirim/RN).	17
Tabela 4.1	Parâmetros dimensionais do Aquífero Jandaíra Fonte: (DINIZ FILHO, 1999).	26
Tabela 4.2	Parâmetros dimensionais do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras Fonte: (CASTRO, 2000)	30
Tabela 4.3	Descargas do fluxo subterrâneo do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras no curso inferior da Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000)	33
Tabela 4.4	Resumo dos valores estimados relacionados ao Sistema Aquífero Dunas/Barreiras do curso inferior da Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).	35
Tabela 4.5	Parâmetros utilizados em uma simulação preliminar das entradas e saídas anuais de água na lagoa de Extremoz Fonte: (CASTRO, 2000)	37
Tabela 5.1	Resumo dos resultados obtidos para alguns parâmetros físicos, químicos, biológicos e bacteriológicos no período de 1995 a 1996 Fonte: (CAERN).	51
Tabela 5.2	Medições obtidas em campo, Novembro/98 Fonte: (CASTRO, 2000)	53
Tabela 5.3	Parâmetros e pesos para cálculo do IQA Fonte: (DUARTE, 1999).	56
Tabela 5.4	Classificação de águas naturais, conforme o IQA Fonte: (GUAZZELLI & OTTA, 1979).	57
Tabela 5.5	Distribuição espaço-temporal do índice de qualidade da água (aditivo e multiplicativo) da lagoa de Extremoz/RN, (período de dezembro/96 a dezembro/97) Fonte; (DUARTE, 1999).	58

Tabela 5.6	Padrões de Potabilidade das águas e valores determinados Fonte: (CASTRO, 2000).	61
Tabela 5.7	Resumo dos tipos de classificações iônicas obtidas Fonte: (CASTRO, 2000).	62
Tabela 5.8	Resumo dos pontos d'água com os respectivos teores de NO_3^- , novembro/97 Fonte: (CASTRO, 2000).	70
Tabela 5.9	Resumo dos parâmetros medidos em campo Fonte: (CASTRO, 2000).	71
Tabela 6.1	Resumo das principais informações levantadas no cadastro das unidades industriais Fonte: (CASTRO, 2000).	83
Tabela 6.2	Volumes dos efluentes industriais registrados pela CAERN Fonte: (CAERN).	83
Tabela 6.3	Categoria do perigo potencial para as águas subterrâneas devido as atividades industriais Fonte: (CASTRO, 2000).	85
Tabela 6.4	Resumo das principais características dos principais fertilizantes agrícolas Fonte: (VRBA & ROMIJNE, 1986).	90
Tabela 7.1	Principais Indicadores de saneamento básico, da cidade de Extremoz Fonte: (SERHID/RN, 1998b).	95
Tabela 7.2	Registros de ocorrência de esquistossomose na bacia do Rio Doce, no período de 1976 a 1996 Fonte: (Fundação Nacional de Saúde - FNS).	96
Tabela 7.3	Casos notificados de doenças de veiculação hídrica no período de 1989 a março/99 Fonte: (Secretaria de Saúde Pública do Estado do RN).	99
Tabela 7.4	Casos confirmados de doenças de veiculação hídrica no período de 1992 a março/99 Fonte: (Secretaria de Saúde Pública do Estado do RN).	99
Tabela 8.1	Projeção das populações e demandas calculadas para os anos 2000, 2005 e 2010 Fonte: (CASTRO, 2000).	123

Tabela 8.2	Comparação entre os valores estimados das demandas calculadas e consumo real no ano 2000, e demandas estimadas para o ano 2010 incluindo os índices de desperdícios Fonte: (CASTRO, 2000)	124
Tabela 8.3	Comportamento da demanda total estimada de águas subterrâneas (aqüífero Barreiras), para o ano 2010 Fonte: (CASTRO, 2000).	126

RELAÇÃO DOS QUADROS

Quadro 1.1	Métodos utilizados para análise dos parâmetros de qualidade das águas Fonte: (Laboratório de Água e Solo – DATANORTE)	09
Quadro 5.1	Impurezas mais freqüentes encontradas nas águas naturais Fonte: (TCHOBANOGLIOUS & SCHROEDER, 1987).	41
Quadro 7.1	Doenças de veiculação hídrica modificado Fonte:(ROUQUAYROL, 1993).....	93
Quadro 7.2	História natural e prevenção de doenças Fonte: (LEAVEL & CLARK, 1976).	109
Quadro 9.1	Principais usos, caráter e efeitos da poluição nas águas Fonte:(Adaptado de NAÇÕES UNIDAS, 1976 e BARTH et al., 1987).....	132
Quadro 9.2	Resumo do diagnóstico realizado na Bacia do Rio Doce Fonte: (CASTRO, 2000).	149
Quadro 9.3	Aplicações de métodos de delineamentos de APP e locais onde foram utilizados Fonte:(CLEARY, 1992).	159
Quadro 9.4	Resumo das características dos principais fertilizantes agrícolas Fonte: (VRBA & ROMIJN, 1986).....	167

RELAÇÃO DOS ANEXOS

Anexo 01	Cadastro dos poços tubulares e cacimbões Fonte: (CASTRO, 2000).....	188
Anexo 02	Resultados das análises físicas, químicas, biológicas e bacteriológicas das águas superficiais do curso inferior da Bacia do Rio Doce, no período de 1995 a 1996 Fonte: (CAERN).....	199
Anexo 03	Parâmetros físicos e químicos das águas subterrâneas e superficiais Fonte: (CASTRO, 2000).....	206

RESUMO

A área estudada compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Doce com uma área de drenagem de 338 km², o equivalente a 0,64% da superfície estadual, tendo como formadores os rios Guajiru e Mudo. Dispõe de um elevado potencial hídrico, representado pelas águas subterrâneas do aquífero Barreiras e da lagoa de Extremoz, reservas estratégicas de grande alcance sócio-econômico que suprem satisfatoriamente as demandas d'água para a indústria, população urbana e irrigação.

No curso inferior da bacia estudada, destaca-se o distrito industrial e os núcleos urbanos, que abrange a cidade de Extremoz e parte da zona norte de Natal, retratando uma infra-estrutura social precária, onde 67,6% dos domicílios possuem sistema de abastecimento de água inadequado ou seja, sem canalização interna. O percentual de domicílios servidos pela coleta de lixo é de 19,8%, os domicílios que têm o lixo queimado ou enterrado correspondem a 53,7% e aqueles cujo lixo é jogado clandestinamente representam 26,5%.

O Índice de Qualidade da Água (IQA), calculado segundo os métodos aditivo e multiplicativo (DUARTE, 1999), caracterizou a água da lagoa de Extremoz entre boa e ótima. No entanto, em decorrência do acentuado crescimento urbano e do desenvolvimento industrial, nesta região, constatou-se que este potencial hídrico está submetido aos efeitos de ações impactantes, o que poderá causar significativas restrições no atendimento às demandas futuras.

A ausência de rede de esgotos e consequentemente o uso de sistemas de saneamento com disposição local de efluentes, associados a uma área cujo comportamento é de um sistema livre, o que propicia elevadas taxas de infiltração das águas pluviais, caracteriza o ambiente como sendo de alta vulnerabilidade para a contaminação das águas subterrâneas. O reflexo deste quadro já se faz presente nas águas de alguns poços tubulares do sistema de abastecimento público, cujos teores de nitrato já são superiores a 45mg/L, e na incidência de doenças de veiculação hídrica, como esquistossomose, cólera, hepatite viral e verminoses.

As reservas reguladoras do sistema aquífero Dunas/Barreiras, no curso inferior da bacia, foram estimadas em $76,0 \times 10^6$ m³/ano, equivalente a vazão do fluxo subterrâneo natural. As reservas permanentes são da ordem de 354×10^6 m³. O volume atual explotado de águas subterrâneas (aquífero Barreiras), atinge uma cifra de $21,3 \times 10^6$ m³/ano. A demanda de águas subterrâneas para o ano 2010 foi estimada em $37,8 \times 10^6$ m³/ano, correspondente a 49,7% das reservas reguladoras, caso mantenha-se a retirada do mesmo volume de água

superficial atual. Nesse caso, verificou-se, que há uma necessidade de gerenciamento intensivo, considerando que em 2010 a demanda compreenderá 50% das reservas reguladoras. Além da componente “quantidade” existe a degradação da qualidade dos mananciais, o desenvolvimento urbano e industrial aliados à falta de saneamento básico e, consequentemente incidências significativas de doenças de veiculação hídrica.

Diante desse quadro, o estudo teve como objetivo geral realizar um diagnóstico da bacia e indicar estratégias que poderão ser contempladas na implementação do gerenciamento das águas subterrâneas no curso inferior da bacia hidrográfica estudada.

ABSTRACT

The area studied comprises the watershed of Doce river with a drainage area of 338 km² which is equivalent to 0.64% of the state surface, being formed by Guajiru and Mudo rivers. It has a high hydric potential represented by groundwater of the Dunes/Barreiras Aquifer System and Extremoz lagoon which are strategic resources of great socio-economic extent that satisfactorily supply the water demands for industry, urban population and irrigation.

Along the lower course of the studied basin, the industrial district and the urban sites which comprises Extremoz city and part of northern zone of Natal are prominent. These display a precarious social infra-structure where 67.6% of the dwellings have na inadequate water supply system, that is, without inward canalization. The percentage of dwellings being served by refuse collect is 19.8%, those dwellings which burn or bury their refuse correspond to 53.7% and those that have na illegal throw-away manner for their refuse represent 26.5%.

The Water Quality Index (WQI), calculated according to the additive and multiplicative methods, DUARTE (1994), characterized the water of Extremoz lagoon between good and excellent. However, due to the marked urban growth as well as the industrial development, in this region, it was found that this hydric potential is subject to the effects of impact actions which may cause significant restrictions on the supply of future demands.

The lack of sanitary sewerage network, and as a result, the use of sanitation systems with local disposition of waste water together with an area that presents a behavior of a not-confined system, which gives rise to high infiltration rates of the rains waters, characterizes the environment as having a strong vulnerability for the contamination of the ground water. The reflex of this situation is already present in the waters of some wells in the public water supply system, the nitrate content of which are superior to 45 mg/L as well as in the incidence of hydric veiculation diseases, such as cholera, virus hepatitis and verminosis. The regulator stores of the Dunes/Barreiras Aquifer System, in the lower course of the basin, were estimated at 76.0×10^6 m³/year, equal to the natural groundwater flow yield. The permanent stores are about 354×10^6 m³. The current volume of groundwater exploited (Dunes/Barreiras Aquifer System) reaches the figure of 21.3×10^6 m³/year. The demand of groundwater for the year 2010 was estimated at 37.8×10^6 m³/year, which corresponds to 49.7% of the regulator stores if it is maintained the explotation of the same present volume of surface water. In this case , it was found that there is a need for intensive planning ,

considering that in 2010 the demand will comprise 50% of the regulator stores. Besides the component “quantity”, there is a quality degradation of the water bodies, the urban and industrial development together with the lack of basic sanitation system, and therefore, significant incidences of hydric veiculated diseases.

Taking this situation, the general purpose of this study was to diagose the basin and to indicate strategies that may be considered in the fulfillment of the planning of groundwater in the lower course of the watershed studied.

O processo de desenvolvimento econômico e social de uma região está intimamente relacionado com a forma de utilização dos seus recursos naturais. Sendo a água uma componente fundamental, a mesma tem sido nas últimas décadas alvo de preocupação quanto ao seu planejamento e gerenciamento, colocando para os órgãos gestores dos recursos hídricos a responsabilidade de atender os usuários, de forma a fornecer água de qualidade que atenda aos múltiplos usos.

Segundo as últimas estimativas 97,3% correspondem à água do mar e apenas 2,7% à água doce. Desta, 0,36% está nos rios, lagos, pântanos e similares e 22,4% são águas subterrâneas e umidade do solo.

O Brasil detém 8% de toda água doce do planeta e estima-se ainda que o país detenha cerca de 112 bilhões de metros cúbicos de água subterrânea. Segundo REBOUÇAS (1994), as águas subterrâneas armazenadas nos grandes aquíferos das bacias sedimentares apresentam tempos de renovação que ultrapassam com frequência, a escala da existência humana, ou de vida útil de seus projetos. Logo, estas reservas são consideradas como praticamente não renováveis.

Os problemas relacionados com a água na atualidade é um dos desafios para o próximo milênio, o que já vem sendo alertado desde a década de setenta, quando foi caracterizada uma crise mundial e que levou a sociedade a questionar seus valores e seus modelos de desenvolvimento.

A carta Européia da Água, proclamada pelo Conselho da Europa em Estrasburgo, França, em maio de 1968, definiu doze princípios para inspirar as legislações dos países membros do Conselho da Europa.

Eventos de alcance mundial, como a Conferência do Estocolmo de 1972, culminaram com a consciência da necessidade de estabelecer um novo paradigma de desenvolvimento menos agressivo em termos ambientais.

A conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992, conhecida como Rio-92 foi um acontecimento marcante neste processo, de onde saiu fortalecido o modelo de desenvolvimento sustentável e resultou no documento Agenda 21, onde foram apresentados objetivos e metas gerais até o século XXI, para todos os países signatários.

O Plano de Ação de Mar Del Plata, aprovado pela conferência das Nações Unidas sobre a água em 1977 apresentou a seguinte premissa: “todos os povos, quaisquer que sejam

as condições sociais e econômicas, têm direito ao acesso à água potável em quantidade e qualidade à altura de suas necessidades básicas”.

Atualmente uma em cada três pessoas no mundo ainda não conta com essas duas exigências básicas de saúde e dignidade. De acordo com dados estatísticos publicados pela Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais, em *A água em Revista* (1996) no início do próximo milênio mais da metade da população mundial estará vivendo em zonas urbanas. Até o ano 2025, essa proporção chegará aos 60%, compreendendo cerca de 5 bilhões de pessoas.

Em março de 1998, Paris abrigou cientistas de todo o mundo, que debateram sobre esses problemas e constataram que o desenvolvimento dos países emergentes poderá ser afetado e serão desencadeados conflitos entre nações em regiões já instáveis politicamente como o Oriente Médio e a África. De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), divulgado após a Conferência Internacional sobre a água em Paris, atualmente vive-se uma crise global da maior gravidade e se os atuais meios de exploração dos recursos hídricos não forem revistos, dois terços da população mundial vão passar sede até 2005.

Alertou o presidente da França Jacques Chirac ao final do encontro: “No planeta há 70 regiões em confronto pelo controle de fontes de água potável”.

Dentro deste contexto é imprescindível dedicar atenção especial aos efeitos crescentes da urbanização sobre a demanda e o consumo de água e ao papel decisivo desempenhado pelas autoridades na gestão do abastecimento, uso e tratamento da água.

É urgente a necessidade de ser adotado o entendimento da água a partir do binômio quantidade/qualidade, considerar as águas superficiais e subterrâneas, contemplando todos os seus usos, segundo uma perspectiva de gestão global, tendo a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e gerenciamento. Com efeito as bacias são consideradas como um todo, indivisível, cujo aproveitamento deve ser o mais otimizado possível, no intuito de proporcionar um melhor desenvolvimento econômico e social à região e isso somente é possível a partir do conhecimento das características e necessidades locais.

1.1 - LOCALIZAÇÃO E DIMENSÕES DA ÁREA

Na figura 1.1 está representada a localização da área de estudo. A bacia do rio Doce situada entre as coordenadas UTM de 9.364 a 9.376 km norte e 208 a 256 km leste possui uma área de drenagem de 338 km², o equivalente a 0,64% da superfície estadual, tendo como formadores os rios Guajiru, Mudo, Doce e a lagoa de Extremoz.

Figura 1.1 - Localização da área
Fonte: (CASTRO, 2000)

Engloba parte dos municípios de Extremoz, Ceará Mirim, Natal, São Gonçalo do Amarante, Taipu e Ilmo Marinho.

Limita-se ao norte e ao noroeste com a bacia hidrográfica do Rio Ceará Mirim e ao sul e ao sudoeste com a bacia hidrográfica do rio Potengi. A leste limita-se com o oceano atlântico.

Inclui em seu domínio, o Distrito Industrial de Extremoz, e um dos principais mananciais de água doce superficial do Estado, que é a Lagoa de Extremoz, atualmente utilizada no abastecimento público da Zona Norte da cidade de Natal, nos projetos de irrigação e atende à função de harmonia paisagística e de atividades recreativas da região.

1.2 - OBJETIVOS

O planejamento e conseqüente gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica requer como base o conhecimento das peculiaridades da unidade de gestão, como também os anseios dos seus usuários, portanto é com esta visão holística que o presente estudo contemplou os seguintes objetivos:

- Levantamento do uso e ocupação do solo;
- Modelo conceitual hidrogeológico;
- Conhecimento do potencial hídrico, consumo atual e demandas futuras dos recursos hídricos;
- Caracterização da qualidade das águas;
- Conhecimento da ocorrência das doenças de veiculação hídrica.

Os objetivos apontados permitiram propor estratégias que poderão ser contempladas na implementação do gerenciamento das águas subterrâneas no curso inferior da Bacia do Rio Doce.

1.3 - METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo compreendeu três fases: A primeira contemplou a organização, homogeneização e interpretação dos dados levantados e do cadastro das estruturas hídricas, usuários e fontes de contaminação. A segunda etapa constituiu-se dos trabalhos de campo, em que foram realizadas as seguintes atividades: as coletas de água para análises físicas e químicas; as campanhas de medições em campo dos

parâmetros físicos e químicos nos mananciais de superfície; as medições dos níveis d'água superficiais e subterrâneas e a reambulação de campo para a e atualização do mapa de uso e ocupação do solo. A terceira etapa compreendeu a descrição dos resultados obtidos a partir dos dados levantados e das atividades de campo, que resultou em um diagnóstico da área estudada e em consequência os fundamentos e estratégias para o gerenciamento das águas subterrâneas no curso inferior da bacia. A seguir as fases mencionadas.

Primeira Fase

Inicialmente foi efetuado um levantamento de todos os dados, informações e estudos já realizados de interesse à pesquisa, de modo que o planejamento desta etapa contemplou os seguintes alvos:

- Levantamento e análises dos dados bibliográficos e cartográficos;

Foi efetuado um levantamento de todos os trabalhos realizados de interesse à pesquisa, coleta de dados e materiais auxiliares como:

- Cartas altimétricas em escala de 1:100.000;
- Fotografias aéreas em escala 1:40.000;
- Imagens de satélites tipo Spot, escala 1:50.000;
- Fichas técnicas de poços, com os perfis construtivos e litológicos;
- Análises físicas, químicas e bacteriológicas das águas subterrâneas e superficiais;
- Levantamento de dados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (IBGE) relacionados a população e atividades sócio-econômicas, dos municípios inseridos na bacia;
- Levantamento dos estudos técnicos científicos existentes relacionados a área estudada;
- Levantamento dos dados climatológicos;

- Digitalização das cartas existentes:

Foram realizadas digitalizações das cartas existentes, tendo sido amarradas ao sistema de projeção UTM, e digitalizados todos os detalhes planialtimétricos e altimétricos.

- Reconhecimento Geral de Campo;

Foram utilizados dois dias de campo para o reconhecimento geral da bacia, cujo principal objetivo foi verificar o comportamento da área no que se referia aos usos da água,

aos órgãos de apoio dos municípios inseridos na bacia, e aos demais aspectos que interfeririam no planejamento do cadastro das estruturas hídricas e usuários de água.

- Caracterização física da bacia;

Com base nos dados climatológicos obtidos na Empresa de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Norte, (EMPARN) nos estudos geológicos e geomorfológicos realizados na região foi feita a caracterização física da bacia.

- Cadastramento dos usuários dos recursos hídricos, das estruturas hídricas, e das fontes potenciais de contaminação.

Para a realização desse cadastramento foram utilizados 45 dias de campo, que constou do preenchimento de formulários elaborados especificamente para a obtenção das informações sobre os usuários de água, as estruturas hídricas e as fontes de contaminações.

Todas as estruturas hídricas cadastradas assim como as fontes de contaminações foram plotadas nas cartas digitalizadas. O mapa com os pontos visualizados serviu como base para a seleção das localizações dos poços e cacimbões adequados para monitoramento.

As informações obtidas foram tratadas, o que permitiu fazer uma seleção dos poços e cacimbões para terem seus níveis monitorados, e dos pontos adequados para a realização das análises físicas e químicas. As tabelas A-J anexo 01, compreendem as informações sobre o cadastro dos usuários, poços tubulares e dos cacimbões.

- Tratamento das análises físicas, químicas e biológicas levantadas;

A partir do levantamento realizado das análises físicas, químicas e biológicas nos Laboratórios da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e da Fundação Nacional de Saúde (FNS), foram selecionadas àquelas com identificação da fonte (poço, rio ou lagoa). Em seguida todas as informações foram cadastradas em um banco de dados e tratadas em diferentes níveis, considerando: tipo de Manancial, Tipo de Aquífero e os Grupos de Elementos Químicos, Físicos ou Biológicos que pudessem ser correlacionados.

As tabelas A-F anexo 02, apresentam os dados das análises físicas, químicas e biológicas, dos corpos de águas superficiais, monitorados pela CAERN no período de 1995 a 1996. As tabelas A – E anexo 03, compreendem os resultados das análises físicas e químicas das águas subterrâneas e superficiais.

- Campanhas de medições dos níveis de água nos mananciais subterrâneos e superficiais;

Em um período de dois anos foram realizadas três campanhas de medições dos níveis de água nos poços e cacimbões selecionados para monitoramento. A primeira foi realizada durante a elaboração do cadastro em setembro/97, a segunda campanha ocorreu no final do verão em março de 1998 e a terceira medição em novembro/98.

Medições de descargas nos rios do Mudo, Guajiru e Doce

O aparelho utilizado nas medições foi um micromolinete digital e foi seguida a seguinte metodologia: para profundidades, superiores a 60 cm, mediu-se as velocidades em duas profundidades situadas à 20% e 80% da profundidade, a partir da superfície da água; para profundidades inferiores a 60 cm, mediu-se a velocidade a 60% desta profundidade, a partir da superfície da água. Foram adotados espaçamentos horizontais de 50 cm de largura. A vazão final é dada pelo produto das velocidades médias e pelas respectivas áreas de influência de cada trecho.

- Campanhas de coletas de águas superficiais e subterrâneas para análises físicas e químicas;

O planejamento de avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas baseou-se em informações preexistentes e realização de amostragens para análises físicas e químicas das águas superficiais e subterrâneas, que seguiu uma programação criteriosa, compreendendo:

- Definição dos objetivos da Amostragem;
- Escolha dos parâmetros a serem analisados;
- Locais escolhidos para amostragem;
- Seleção dos métodos de análise;
- Coleta de amostras;

Definição dos Objetivos da Amostragem

A verificação da conformidade das águas estudadas para os usos a que se destinam, com os padrões de qualidade vigente, fixados pela resolução 020/86 do CONAMA, constituiu o objetivo principal da amostragem, visando principalmente:

- verificar a presença e mecanismo de contaminação;
- comportamento hidroquímico quanto aos íons dominantes;

Este capítulo direcionado à caracterização da qualidade das águas é uma importante ferramenta que serve para prever os problemas futuros de manejo dos recursos

hídricos através do estudo das tendências de qualidade das águas ao longo do tempo, o que facilitará o planejamento para o atendimento das necessidades sociais e econômicas dos diversos consumidores.

Escolha dos Parâmetros a Serem Analisados

A escolha dos parâmetros a serem analisados foi em função do uso e ocupação atual do solo e dos respectivos usos a que as águas se destinam tais como:

- abastecimento humano e animal;
- agricultura (irrigação);
- uso industrial.

Locais Escolhidos para Amostragem

As variáveis que quantificam e determinam o comportamento da qualidade ambiental das descargas líquidas são funções complexas que estão continuamente sofrendo variações, portanto a seleção dos locais onde foram realizadas as amostragens atendeu aos seguintes requisitos:

- os pontos de amostragens nunca foram próximos às margens dos rios; da lagoa; de tubulações e águas estagnadas;
- as amostras coletadas nos tributários foram escolhidas nos locais mais próximos possíveis da desembocadura;
- na lagoa, durante a amostragem foi considerada a possibilidade de existência de estratificação térmica, com formação de camadas que não se misturam, tendo sido realizadas coletas na superfície em uma localização intermediária e no fundo;
- foram evitados os locais de difícil acesso, uma vez que o objetivo era maximizar o número de coletas em um tempo hábil, facilitando o transporte ao laboratório, atendendo os prazos de conservação exigidos para os requeridos parâmetros;

Coleta das Amostras

A técnica adotada para a coleta foi em função da natureza da amostra (águas superficiais, (rios ou lagoa e subterrâneas). Os rios que constituem a bacia estudada são de pequeno porte e dessa forma a técnica de amostragem adotada nestes corpos d'água foi a de "Amostragem Simples em Rios de Pequeno e Médio Portes, que consistiu em: realizar coletas a 50 cm de profundidade da superfície do rio em seu ponto central no sentido contrário ao da corrente, com auxílio de frascos de vidro, âmbar e polietileno;

Para as águas subterrâneas as amostras foram coletadas em poços e cacimbões e foram acondicionadas em frascos plásticos, etiquetados.

Os elementos físicos e químicos determinados foram: T°, cor, turbidez, pH, condutividade elétrica, sólidos totais, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, alcalinidade total, alcalinidade de hidróxido, alcalinidade de carbonato, alcalinidade de bicarbonato, dureza total, NH_3 , NO_2^- , NO_3^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} , K^+ , Fe, CO_3^{--} , HCO_3^- , SO_4^{--} , Cl^- . Os métodos utilizados para a análise dos parâmetros de qualidade de água estão mencionados no quadro 1.1.

Quadro 1.1 – Métodos utilizados para análise dos parâmetros de qualidade das águas.

PARÂMETROS	MÉTODO
Temperatura	Leitura direta - Termômetro de Hg
Cor	Comparação visual - Padrões de Platina-Cobalto
Turbidez	Comparação visual - Padrões de sílica
Dureza Total	Volumetria (EDTA)
PH	Potenciométrico
Sólidos Totais Dissolvidos	Gravimétrico
Nitrito	Colorimétrico - N(1-naftil)
Nitrato	Colorimétrico - redução por coluna de cádmio cobreado
Nitrogênio Amoniacal	Colorimétrico - Nessler
Alcalinidade Total	Titulação potenciométrica
Cloreto	Volumétrico - nitrato de prata
Cálcio	Volumétrico (EDTA)
Magnésio	Volumétrico (EDTA)
Sódio	Fotometria de chama
Potássio	Fotometria de chama
Sulfato	Turbidimétrico
Ferro	Colorimétrico - fenantrolina

Fonte: Laboratório de Água e Solo – Companhia de Processamento de Dados do Rio Grande do Norte (DATANORTE).

Adotou-se para a coleta de todas as amostras, uma ficha apropriada para o registro de dados e das características anormais constatadas durante o procedimento de campo. O procedimento estabelecido visou:

- identificar corretamente as amostras;
- evitar contaminações cruzadas;
- recolher um volume adequado para as análises;

- Campanha de medições em campo de pH, Condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos e percentuais de sais.

Foram utilizados dois kits com medidores de pH, de condutividade elétrica, sólidos totais, percentual de sais e controle da temperatura. Os equipamentos foram devidamente calibrados no laboratório antes de serem utilizados. As medições foram realizadas em um período de três dias seguidos, para que não houvesse alguma alteração nas medições em função das variações meteorológicas regionais.

- Atualização do mapa de uso e ocupação do solo

A partir de imagens de satélites tipo Spot-2 em escala 1:50.000, ano 1994 e com base em mapas elaborados com imagens de 1989, foi realizada a atualização do uso e ocupação do solo, com reambulação de campo.

Terceira Fase

Compreendeu a descrição dos resultados obtidos, onde foram utilizados softs gráficos e os fundamentos científicos, originando um diagnóstico da área que serviu de base para a proposição de estratégias que poderão ser contempladas em um plano de gestão das águas subterrâneas do curso inferior da bacia do rio Doce.

2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TAHAL/SONDOTÉCNICA (1969) realizou estudo para CAERN, sobre o aproveitamento hidro-agrícola das bacias do rio Ceará Mirim e da Lagoa de Extremoz. Com base nos dados levantados no período de maio de 1968 a março de 1969, foi efetuado o balanço hídrico mensal da lagoa.

FIGUEIREDO (1977) elaborou para a CAERN, um projeto de captação d'água da Lagoa de Extremoz para atender a população da zona norte de Natal, que na época restringia-se ao bairro de Igapó e praia da Redinha. Segundo o recenseamento de 1977, a população da zona norte de Natal abrangia 10.000 habitantes.

O referido projeto de captação tinha como meta atender a demanda para os próximos 20 anos (1977-1997), cuja projeção populacional considerada foi de 110.000 habitantes para o ano de 1997, incluindo ainda o desenvolvimento comércio e industrial.

O manancial da Lagoa de Extremoz apresentava na época os seguintes atrativos para o referido projeto:

- Pequena distância dos núcleos a serem abastecidos;
- Facilidade de captação por ser considerado no Estado um expressivo reservatório natural de acumulação e regularização. Com base nos estudos da sondotécnica, 1969, o autor chegou a uma cifra de $60 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{dia}$, volume a ser explotado da Lagoa.
- Água de excelente qualidade, que de acordo com as análises das amostras realizadas no dia 04 de maio de 1977 apresentaram as seguintes características:

pH	7,4
Cloretos	63,0 mg/L
Ferro	0,15/ mg/L
Dureza total	0,0 mg/L
Dióxido de Carbono	5,0 mg/L
Sólidos Dissolvidos	143,0 mg/L

A PLANAT CONSULTORIA (1982) realizou estudo hidrológico sobre a disponibilidade dos recursos hídricos das bacias hidrográficas das Lagoas de Jiqui, Extremoz, Bonfim e Pium, principais mananciais de superfície existentes na região de Natal e nas suas proximidades. Devido a completa inexistência de dados fluviométricos, o estudo foi realizado por correlação com rios da região costeira da Paraíba. Os resultados estimaram com 1% de risco, uma potencialidade hídrica global de $4,486 \text{ m}^3/\text{s}$ assim distribuídos: Jiqui $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$; Extremoz $2,645 \text{ m}^3/\text{s}$; Bonfim $0,492 \text{ m}^3/\text{s}$; Pium $0,349 \text{ m}^3/\text{s}$.

A COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, CETESB (1982) em convênio estabelecido com a extinta Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), fez uma avaliação das condições limnológicas da lagoa, objetivando um programa de monitoramento físico-químico e biológico do referido manancial. O estudo realizado caracterizou a água como de boa qualidade mas adverte sobre um possível processo de eutrofização na lagoa em função do acentuado crescimento urbano à sua volta.

PEREIRA (1993) apresentou estudos sobre a qualidade das águas dos mananciais de superfície utilizados no abastecimento da cidade de Natal entre estes a lagoa de Extremoz. Os dados obtidos através do monitoramento realizado entre fevereiro/1992 a janeiro/1993, foram apresentados através de Índices de Qualidade IQA, que indicaram às condições sanitárias do corpo d'água na época.

O IQA é um número gerado a partir de nove parâmetros de qualidade de água (oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, turbidez, DBO₅, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e gradiente de temperatura) e curvas relacionadas aos mesmos. Os índices testados mostraram que de uma maneira geral, a qualidade das águas do manancial se manteve dentro das faixas correspondentes aos diversos usos a que se destinam, apresentando-se nas faixas ótima quando aplicou-se o método aditivo e boa para o método multiplicativo. O autor sugere um monitoramento do uso e ocupação do solo na respectiva bacia hidrográfica, que sejam realizadas análises de substâncias tóxicas e uso de indicadores biológicos para complementar o índice de qualidade da água além de um estudo do plâncton (fitoplâncton e zooplâncton).

ARAÚJO (1997) investigou a variação anual da comunidade fitoplanctônica, da clorofila e da produtividade primária. A pesquisa objetivou elucidar o papel dos fatores ambientais na determinação do crescimento das comunidades algais da lagoa e o impacto industrial sobre estes organismos a partir das teorias modernas de sucessão fitoplanctônica na ecologia de comunidades.

DUARTE (1999) realizou estudos utilizando Índices do Estado Trófico (IET) e de Qualidade da Água (IQA) para a caracterização limnológica e sanitária das Lagoas de Bonfim, Extremoz e Jiqui (RN). O objetivo principal foi analisar o desempenho dos Índices do Estado Trófico (IET) e de Qualidade da Água (IQA), tendo sido realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas das três lagoas.

MELO (1998) coordenou estudos hidrogeológicos desenvolvidos pela CAERN na Zona Norte de Natal, cuja área compreende parte do curso inferior da bacia estudada, que teve como objetivo avaliar as potencialidades hidrogeológicas e os riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas utilizadas no abastecimento da população local. As conclusões do autor, indicam que as águas subterrâneas armazenadas nesta área são da ordem de grandeza de $246 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ e os recursos explotáveis podem atingir a cifra de $46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Os estudos também concluíram que em grande parte da área urbanizada, os teores de nitrato já são superiores ao nível de base geral de 10 mg/l, evidenciando a influência dos efluentes domésticos. Alguns poços do sistema público de abastecimento já se mostram afetados por teores de nitrato elevado e três deles se revelaram com teores superiores a 45mg/l.

O manancial subterrâneo da zona Norte de Natal constitui uma reserva estratégica de grande importância, tendo em vista a perspectiva de aumentar a curto prazo a oferta d'água no atendimento à população urbana e industrial.

3.0 – ASPECTOS FÍSICOS E SÓCIO-ECONÔMICOS

3.1 – Aspectos Físicos

É de fundamental importância que qualquer investigação relacionada aos recursos hídricos de uma determinada região se tenha o conhecimento sobre o comportamento do circuito precipitações, escoamentos, evaporação e o controle que este sistema fechado exerce sobre a atmosfera, a superfície da terra e os reservatórios superficiais e subterrâneos. Neste capítulo serão analisados os elementos que condicionam as reservas de água na Bacia.

3.1.1 – Precipitação

De acordo com os dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, (EMPARN - Posto Jacumã- Ceará Mirim), a precipitação pluviométrica no médio curso da bacia, no período de 1912 a 1976, atingiu um máximo de 2.098 mm e um mínimo de 382 mm, com média anual de 1.032,65mm.

As maiores precipitações normalmente ocorrem nos meses de abril, maio e junho e as menores, nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro (figura 3.1).

No alto curso da Bacia as informações sobre pluviometria no período de 1912 a 1976, (Posto Taipu), indicam que a maior precipitação ocorreu no ano de 1974, atingindo 2.432 mm e a menor no ano de 1947, com 306 mm. A média anual obtida nesse mesmo período foi de 737,29 mm.

No baixo curso da bacia foram analisados os dados do posto de Natal, período 1910 a 1979, com uma precipitação máxima de 3.511 mm e um mínimo de 530 mm, com média anual de 1.563mm.

3.1.2 – Temperatura

No médio curso, os dados do posto de Jacumã em Ceará Mirim, período de 1961 a 1990, indicam uma temperatura média de 25,4°C com variações de 24° a 26,5°C e amplitude térmica de 2,5°C.

No curso da bacia, posto de Natal na Estação Meteorológica M. A., período 1931 a 1960, as temperaturas variaram de $24,4^{\circ}$ a $27,3^{\circ}$ C, com média anual de $26,2^{\circ}$ C e amplitude térmica de $2,9^{\circ}$ C.

Em toda a Bacia os meses mais quentes do ano são dezembro, janeiro e fevereiro que corresponde ao final da estação seca e início das chuvas. Os meses mais frios são de julho a setembro, na estação chuvosa, (figura 3.1).

Figura.3.1 - Variação de dados meteorológicos/ média Mensal.

Fonte: (DNMET Posto - Jacumã
Ceará Mirim 1961 - 1990)

3.1.3 – Insolação

Segundo os dados da estação climatológica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, (UFRN), período 1984 a 1993, analisados por MELO (1995), as maiores insolações ocorreram nos últimos meses do ano (período seco), atingindo 288 horas (outubro), enquanto os meses menos insolorados compreendem de fevereiro a julho, com valor mínimo de 189 horas. A insolação média anual está compreendida entre 2.591 e 3.189 horas.

Na estação meteorológica de Jacumã, Ceará Mirim, (médio curso da bacia), a insolação atingiu 279,9 horas/mês com média anual de 2.677,2 horas.

3.1.4 - Evaporação e Evapotranspiração

VILA NOVA & REICHARDT (1989) define a evaporação como sendo a taxa de transferência para a atmosfera da fase líquida para a fase vapor, da água contida em um reservatório natural qualquer. A perda de água em cada um desses reservatórios é sempre condicionada pelos elementos de clima, sendo os de atuação direta a radiação solar, a umidade relativa a temperatura do ar e o vento.

OLIVEIRA (1997) caracteriza a evapotranspiração como uma ação conjunta de dois processos: transpiração, quando a água que penetra pelas raízes das plantas é utilizada no processo de fotossíntese, reintegra-se à atmosfera; e evaporação, se a água evaporada pelo terreno nu, próximo às culturas, for evaporada sem ser usada pelas plantas.

MELO (1995) calculou a evapotranspiração potencial anual pelo método de TURC (1960), (apud CASTANY, 1975), mediante a aplicação da seguinte equação:

$$Etp = 0,40 (I_g + 50) \times t/t+15 \quad \text{onde:}$$

Etp = Evapotranspiração Potencial (mm)

t = Temperatura média mensal no período (1931 - 1960)

Ig = Índice Global de Radiação (cal/cm²/dia)

Para o mês de fevereiro foi substituído o valor 0,40 por 0,37. A tabela.3.1 apresenta os dados de temperatura, índice global de radiação e resultados da evapotranspiração.

Tabela 3.1- Evapotranspiração potencial no período de 1931-1960

MÊS	Ig	T(°C)	ETP
Janeiro	500	27,2	142
Fevereiro	480	27,3	127
Março	470	27,3	134
Abril	400	26,7	115
Maio	370	26,0	106
Junho	370	24,9	105
Julho	400	24,4	112
Agosto	430	24,5	119
Setembro	500	25,5	138
Outubro	550	26,3	153
Novembro	550	26,7	154
Dezembro	510	27,0	144
Total	1.549 mm		

Fonte: (MELO, 1995)

A evapotranspiração total foi da ordem de 1549 mm. O mesmo procedimento foi utilizado para o médio curso da bacia e foi obtido um valor para a evapotranspiração potencial total anual de 1542 mm, conforme está apresentado na tabela 3.2.

Tabela 3.2- Evapotranspiração potencial no período de 1961 a 1990

MÊS	Ig	T(°C)	ETP
Janeiro	500	26,4	141
Fevereiro	480	26,5	136
Março	470	26,3	132
Abril	400	26,1	114
Maio	370	25,4	105
Junho	370	25,2	105
Julho	400	24,0	111
Agosto	430	24,2	118
Setembro	500	23,4	137
Outubro	550	24,7	149
Novembro	550	25,9	152
Dezembro	510	26,3	142
Total	1.542 mm		

Fonte: (Estação meteorológica, Posto de Jacumã - Ceará Mirim/RN)

3.1.5 - Classificação Climática e Balanço Hídrico

De acordo com a classificação de KOPPEN, existem cinco zonas diferentes de clima associados a temperatura, a precipitação e ao tipo de vegetação. Dentro desse quadro, a área estudada tem seu clima classificado como sendo do tipo As', tropical chuvoso com verão seco.

Segundo Thornthwaite na classificação climática, o elemento determinante é a evapotranspiração, além da característica pluviométrica e térmica. A avaliação desses parâmetros indica para a área de estudo um clima do tipo seco e subúmido, com pequeno ou nenhum excesso de água, megatérmico com baixa variação estacional.

A concepção de TORNTHTWAITE & MATHER (1955), (apud CASTRO, 1994), para um balanço hídrico de uma determinada área (em um dado volume de controle) fundamentou-se na diferença entre o ganho (precipitação) e o consumo (escoamento superficial e profundo, evaporação ou evapotranspiração).

Aplicando-se essa metodologia para a bacia estudada, com dados do posto de Jacumã e Ceará Mirim, no período de 1961 a 1990, pode-se avaliar as disponibilidades de água no solo. A tabela 3.3, mostra que o primeiro mês do ano inicia com um déficit de 87,1 mm, havendo em seguida infiltração de água no solo até a saturação com excedente de 2301 mm. A partir do mês de agosto há uma retirada de água no solo atingindo outro déficit, o que resulta em um déficit anual de 611,0 mm. A figura 3.2 representa o respectivo balanço hídrico.

Das precipitações ocorridas, parte se escoa, parte é evaporada e outra parcela se infiltra no solo. A parcela que se infiltra corresponde ao excesso de água do solo, que foi avaliada em 231,0 mm equivalente a uma taxa de infiltração de 18%.

Tabela 3.3 - Balanço hídrico segundo Thornthwaite

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totais
P	53,9	109,4	187,8	204,5	172,2	173,3	160,0	80,5	48,8	18,7	17,5	34,5	1.261,1
ETp	141,0	136,0	132,0	114,0	105,0	105,0	111,0	118,0	137,0	149,0	152	142,0	1.542
P - ETp	87,1	-26,6	55,8	90,5	67,2	68,3	49,0	-37,5	-88,2	-130,3	-134,5	-107,5	-280,9
ETr	53,9	109,4	132,0	114,0	105,0	105,0	111,0	80,5	48,8	18,7	17,5	34,5	930,3
VRA	0,0	0,0	55,8	44,2	0,0	0,0	0,0	-37,5	-62,5	0,0	0,0	0,0	0,0
RAU	0,0	0,0	55,8	100,0	100,0	100,0	100,0	62,5	0,0	0,0	0,0	0,0	518,3
EXC	0,0	0,0	0,0	46,3	67,2	68,3	49,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	230,8
DEF	87,1	26,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	88,2	130,3	134,5	107,5	611,7
ESC	1,0	0,0	0,0	23,0	45,0	57,0	53,0	27,0	13,0	7,0	3,0	2,0	231,0
P-ETp/ETp	0,62	-0,20	0,42	0,79	0,64	0,65	0,44	-0,32	-0,64	-0,87	-0,88	-0,76	-1,35

Fonte: (DNMET Posto Jacumã - Ceará Mirim/RN 1961 a 1990)

Figura 3.2 – Disponibilidade de água no solo

Fonte (DNMET – Estação meteorológica Jacumã/Ceará Mirim, 1961 a 1990)

3.1.6 - Geologia

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce compreende os sedimentos terciário-quaternário e quaternário, que repousam sobre rochas precambrianas do embasamento cristalino, (figura 3.3). Esses domínios geológicos tem sido caracterizados e diferenciados em estudos regionais, considerando os critérios litoestratigráficos, estruturais e geocronológicos.

3.1.6.1 - Embasamento Cristalino

Cobre aproximadamente 60% da área geográfica do Estado, equivalente a 31.809 km² e são agrupados em duas grandes unidades litoestratigráficas: o Grupo Caicó (ou Complexo Caicó), e o Grupo Seridó, (JARDIM DE SÁ, 1984). O Grupo Caicó constitui a unidade mais antiga, Arqueana, compreendendo uma associação de rochas gnáissico-migmatíticas e graníticas. O Grupo Seridó compõe a Faixa Dobrada Seridó, que divide-se em três formações:

- Formação Jucurutu (unidade inferior): constituída por biotita – gnaisses, gnaisses quartzo-feldspáticos, intercalações de mármore, calco-silicáticas, quartzitos, micaxistos, metaconglomerados, anfibolitos, formações ferríferas e unidades de ortognaisses;
- Formação Equador (unidade intermediária): representada por quartzitos puros, feldspáticos ou muscovíticos;
- Formação Seridó (unidade superior): constituída por micaxistos, com intercalações de matavulcânicas máficas, mármore, calco-silicáticas e quartzitos.

No âmbito da área estudada, as rochas cristalinas afloram no curso superior da bacia abrangendo os municípios de Taipu e Ielmo Marinho. CRUZ (1983) identificou a sul de Taipu litotipos como micaxistos com níveis quartzíticos, gnaisses anfibolíticos, migmatitos, monzogranitos e granodioritos.

3.1.6.2 – Sedimentos Tércio-Quaternários

São representados pelos sedimentos da Sequência Barreiras, que na classificação de MABESOONE et al. (1977) apresenta as seguintes subdivisões:

- Formação Serra do Martins: compreende a sequência inferior, com fácies arenosa a conglomerática. Os sedimentos são ferruginosos e silicificados, indicando sedimentos de forte diagênese. A idade varia do final do Oligoceno até o início do Mioceno.
- Formação Guararapes: constitui a unidade intermediária e predominam os sedimentos arenosos de cores variegadas, fácies argilosas e níveis de seixos de quartzo. Encontra-se coberta por um nível arenoso e siltico-argiloso, denominado de intemperismo Riacho Morno. Sua ocorrência é relevante na faixa costeira leste do Estado. Na área de estudo ocorre no baixo curso da Bacia.

- Formação Macaíba : constitui a unidade superior, sendo formada de sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos, com seixos na base, coloração esbranquiçada e são capeados por sedimentos denominados de Intemperismo Potengi, formados por areias argilosas, vermelhas, amareladas e creme.

Estudos posteriores (MABESOONE, 1991a) constatou que a sequência sedimentar, “Grupo Barreiras” deveria consistir de uma formação, passando a ser denominada de Formação Barreiras. Na área estudada essa Formação consiste na unidade litoestratigráfica de maior representatividade, aflorando em 90% da área.

3.1.6.3 - Sedimentos Quaternários

Os sedimentos de idade quaternária incluem as dunas, depósitos praiais, e aluviões.

- Dunas - são areias bem selecionadas, com granulometria variando de fina a média e que sofrem ação dos ventos tomando suas formas características ao longo da faixa costeira, com tonalidades esbranquiçadas, amarelas, cinzas e avermelhadas. COSTA (1970) fez a seguinte subdivisão:

Pleistoceno Inferior - compreende as dunas retrabalhadas pela erosão, ou fixadas por vegetação, de coloração avermelhada e com cotas altimétricas entre 40 e 60 m e geralmente são de tonalidades avermelhadas.

Idade Intermediária - relaciona-se as areias de coloração amarelada, com altitudes variando entre 80 e 120 metros e são recobertas por vegetação.

Pleistoceno Superior - refere-se aos sedimentos que ocupam praias e baixadas e constitui-se por areias nas tonalidades amarelas e esbranquiçadas.

Na porção leste da área ocorrem as dunas fixas, sob formas de cordões alongados, são esbranquiçadas a amareladas em cotas de 30 a 40 metros.

- Depósitos Praiais - são representados por areias com granulometria que varia de fina a média com predominância dos grãos grosseiros. Nas praias são encontrados, formando faixas paralelas à costa, sob formas de recifes de arenito, apresentando textura fina a média. Na área estudada estes sedimentos ocorrem na praia da Redinha.

- Aluviões: caracterizam os depósitos fluviais, lacustre e estuarino e são formados por areias quartzosas finas e grosseiras, mal selecionadas, com seixos de quartzo arredondados e subarredondados. Em alguns locais apresentam-se com matéria orgânica, turfa e argila orgânica.

3.2 - Aspectos Sócio-Econômicos

A área de estudo abrange parcialmente seis municípios: Ceará Mirim, Extremoz, São Gonçalo do Amarante, Natal, Ielmo Marinho e Taipu, (figura 3.4). Com base nos dados oficiais do censo demográfico do IBGE (1996), foi estimada uma população de 126.519,00 habitantes e uma densidade demográfica de 374,32 hab./km².

No curso inferior da bacia, especificamente nos municípios de Extremoz e São Gonçalo do Amarante está instalado um dos pólos industriais do Estado com indústrias de grande porte como a Antártica, Parmalat, Vicunha, Coats, Guararapes Têxtil entre outras. O processo de industrialização foi intensificado na década de noventa, com o incentivo do governo do estado, encontrando-se atualmente em fase de crescimento e com perspectivas de instalação de novas unidades industriais. O turismo é outra atividade relevante na bacia. De acordo com o anuário estatístico de 1996, entre os anos de 1991 a 1995, houve um crescimento no fluxo de turistas de 60%.

Figura 3.4 - Municípios inseridos na bacia do rio Doce.

Fonte: (CASTRO, 2000)

O número de estabelecimentos de ensino compreende 30 escolas destinadas ao ensino pré escolar, 40 para o ensino de primeiro grau e 6 para o segundo grau. Para os estabelecimentos de saúde foram estimados um total de 21 postos de saúde em toda a bacia.

Na agricultura , a banana constitui-se o principal produto (13%), seguido da produção de coco-da-bahia 9%, milho (8%), mandioca (7%), abacate (6%) e outros como manga, feijão, batata e cana de açúcar.

Na pecuária, destaca-se a bovinocultura (7.473 cabeças), dirigida principalmente à produção de leite. Os demais rebanhos são inexpressivos em termos de efetivos e valor de produção.

3.2.1 - Recorte para a cidade de Extremoz

O município de Extremoz compreende uma área de 135,3 km² (0,25% do Estado), uma população de 14.941 habitantes e uma densidade demográfica de 110,4 hab./km², considerada alta quando comparada aos outros municípios da região.

A taxa de urbanização, de 54,7% expressa uma significativa parcela de população alojada nas áreas rurais (45,3%). Extremoz tem 4,78 habitantes por domicílio, sendo pequena a diferença de tal relação entre a área urbana (4,73) e a área rural (4,84), Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte, Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SERHID, 1998a).

3.2.1.1 - Infra-Estrutura Social

O município de Extremoz tem cerca de 67,6% dos domicílios sem abastecimento de água adequado ou sem canalização interna. Os domicílios com canalização interna e ligados à rede geral, representam 29%, e os domicílios sem canalização interna, mas com abastecimento de rede geral 36,3%. O uso de poço ou nascente para abastecimento, no entanto sem canalização interna, correspondem a 16,2% (IBGE, 1996).

3.2.1.2 - Condições Sanitárias

Os domicílios que fazem uso da fossa séptica representam 88%, porém, sem sumidouro, enquanto a fossa negra compreende 10,8 % dos domicílios.

O percentual de domicílios servidos pela coleta de lixo é de 19,8%. Os que têm o lixo queimado ou enterrado correspondem a 53,7% e aqueles cujo lixo é jogado representa 26,1%, e outras formas 0,4%.

3.2.1.3 - Qualidade de Vida

Os indicadores de pobreza são expressivos no município de Extremoz, sem no entanto, alcançar situações mais alarmantes como as encontradas em outras bacias. São 2.046 (49%) as famílias indigentes no município de Extremoz, enquanto o percentual do Estado é 46%. O total de 1.674 crianças indigentes de 0 a 6 anos corresponde a 58,5%, também acima da média estadual de 49,3%. As crianças desnutridas de 0 a 5 anos somam 1.005 (36,3%), abaixo da média do Estado (41,1%). O percentual de crianças de 0 a 6 anos em domicílio urbano com abastecimento de água inadequado é de 57%, superior a média estadual que é de 41,2%, (SERHID, 1998 a).

4.0 - O SISTEMA HÍDRICO SUBTERRÂNEO E A LAGOA DE EXTREMOZ

O comportamento do sistema hídrico subterrâneo foi caracterizado a partir da análise das propriedades litológicas, dimensionais, hidráulicas e hidrodinâmicas, associada aos estudos realizados na região litoral oriental do Rio Grande do Norte, como: TAHAL/SONDOTÉCNICA (1969); MANOEL FILHO (1970), IPT (1982); CASTRO (1994), MELO (1995); COSTA (1997); SERHID (1998a); MELO & FEITOSA (1998), TOSTES (1999) e DINIZ FILHO (1999). Na área estudada os principais mananciais de águas subterrâneas contemplam os sistemas aquíferos: Cristalino, Jandaíra, Barreiras e Aluvial.

4.1 - Aquífero Cristalino

No Estado do Rio Grande do Norte, o aquífero Cristalino constitui-se por rochas Pré-Cambrianas, caracterizando uma área de ocorrência superior a área total dos meios aquíferos

porosos, ocupando cerca de 60% (31.000 Km²) da superfície estadual. Na área estudada o aquífero cristalino ocorre aflorando no curso superior da bacia.

Em função das baixas condições de permo-porosidade e consequentemente baixa capacidade de armazenamento e circulação das águas subterrâneas, constitui um meio aquífero de baixo potencial hidrogeológico. Diante destas características as águas são limitadas em quantidade e qualidade, cujas vazões são da ordem de 3,0 m³ /h e teores de Sólidos Totais Dissolvidos em torno de 2.000 mg/L.

A recarga do sistema aquífero cristalino se processa através da infiltração e acumulação de águas de chuva nas fraturas e/ou falhas existentes. Considerando que os terrenos cristalinos são impermeáveis gerando rápido escoamento superficial, a hipótese mais provável é que as coberturas (aluviões, regolitos e/ou coluviões), funcionem como elemento regulador que receptam, armazenam e transmitam águas de chuva às fissuras subjacentes.

4.2 – Aquífero Jandaíra

Na área em questão o aquífero Jandaíra ocorre predominantemente em subsuperfície, no médio curso da bacia, compreendendo os municípios de São Gonçalo do Amarante e Ceará Mirim. Neste trecho a profundidade dos poços variam entre 60 a 120 metros e em alguns locais, o aquífero Barreiras apresenta pequenas espessuras (5 a 15 metros), de forma que devido às variações climáticas sazonais, o posicionamento dos níveis das águas subterrâneas fica abaixo do topo do aquífero Jandaíra, no período de estiagem, caracterizando uma insaturação do aquífero Barreiras.

Estudos realizados por DINIZ FILHO (1999), na bacia Ceará Mirim, ao norte da bacia estudada, constataram que o aquífero Jandaíra se comporta em geral como um aquífero livre, formando um sistema único com o aquífero Barreiras (sobrejacente) em grande parte da área, tendo em vista não ter sido observadas diferenças significativas de cargas hidráulicas entre os dois sistemas. Portanto, pode ocorrer semi-confinamentos locais através das camadas argilosas situadas na transição do topo da Formação Jandaíra para a base dos sedimentos Barreiras. Foi verificado que a recarga nos calcários se processa por infiltração vertical descendente das águas provenientes do aquífero Barreiras sobreposto. A tabela 4.1 resume os parâmetros hidrodinâmicos, regionais do aquífero Jandaíra.

Tabela 4.1 – Parâmetros hidrodinâmicos regionais do aquífero Jandaíra

FONTE	Ano	T (m ² /s)	K (m/s)	Sy (%)
Manoel Filho	1970	$2,4 \times 10^{-2}$	$1,10 \times 10^{-4}$	5
IPT	1982	$1,56 \times 10^{-3}$	$8,21 \times 10^{-6}$	5
Mistretta	1984	$3,15 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-2}$	5
SERHID	1998 ^a	$3,05 \times 10^{-3}$	$7,9 \times 10^{-5}$	
Valor Médio		$7,9 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-5}$	5

Fonte: (DINIZ FILHO, 1999)

4.3 – Aquífero Barreiras

4.3.1 - Evolução do Conhecimento do Aquífero Barreiras

Nas décadas de 70 a 80, foram efetuados estudos que contemplaram a hidrogeologia de Natal, como: CONTEGE (1970), COSTA (1970), IPT (1982), PLANAT (1983), ACQUA-PLAN (1988), além de outros de caráter localizado que trataram principalmente da questão da produtividade dos poços das captações de abastecimento público. Todos estes trabalhos consideram a existência de duas unidades aquíferas, uma superior do tipo livre, formada de sedimentos dunares, com baixo potencial hidrogeológico e uma inferior, semiconfinada constituída por sedimentos do Grupo Barreiras, separadas por uma camada areno-argilosa com características de aquitard.

CASTRO (1994) quando desenvolveu estudos sobre a qualidade das águas subterrâneas no bairro de Cidade Nova em Natal, verificou que os níveis d'água relativos ao período observado, posicionavam-se no domínio das camadas argilosas e com a presença dos prolongados períodos de estiagem. Estes níveis tenderam a ficar muito abaixo destas camadas, devido as perdas d'água pelo fluxo subterrâneo natural e pela exploração dos poços. Também foi verificado que nos anos de precipitações elevadas, o nível das águas subterrâneas subiram e atingiram os pacotes de areias das formações dunares. Em ambos os casos, constatou-se a tendência de mudança no comportamento do aquífero semiconfinado para livre.

MELO (1995) realizou estudos com a finalidade de conhecer o processo de contaminação das águas subterrâneas de Natal e dentro do contexto da pesquisa, apresentou um

modelo hidrogeológico conceitual que define um sistema hidráulico único, complexo e indiferenciado, denominado de Sistema Aquífero Dunas/Barreiras.

A análise das seções hidrogeológicas no curso inferior da bacia, indica que as cargas hidráulicas dos poços rasos e profundos se ajustam a uma mesma superfície potenciométrica, conforme pode ser visualizado nas figuras 4.1 e 4.2. Este comportamento associado ao caráter lito-estrutural dos estratos sedimentares, sugere que as formações dunares e os sedimentos Barreiras formam um sistema hidráulico único, podendo localmente apresentar semiconfinamentos, tal como ocorre na zona sul de Natal (MELO, 1995 e MELO, 1998).

4.3.2 – O Sistema Aquífero Dunas/Barreiras na Bacia do Rio Doce

O sistema aquífero Dunas/Barreiras constitui o maior potencial hídrico da bacia do Rio Doce, especificamente no seu curso inferior. Compreende arenitos de textura variada, apresentando níveis finos a grosseiros, algumas vezes com cascalho e seixos. As intercalações argilosas ocorrem com frequência, contribuindo para uma maior complexidade do sistema hidrogeológico.

A parte superior do sistema aquífero Dunas/Barreiras é representado por sedimentos heterogêneos, formados por argilas arenosas e arenitos argilosos. Frequentemente ocorrem mudanças laterais de fácies com passagens bruscas de argilas para arenitos argilosos. Na parte inferior, o aquífero Barreiras está limitado por arenitos carbonáticos, (figura 4.1).

No município de Taipu, na nascente do Rio do Mudo, essas coberturas tendem a diminuir, com espessuras médias de 6 metros e os raros poços existentes, possuem profundidades de no máximo 50 metros nos terrenos cristalinos, (seção hidrogeológica W-Z), (figura, 4.2).

Os perfis dos poços do Distrito Industrial de Extremoz, e do sistema de abastecimento público da captação Gramoré da zona norte da cidade, apresentam espessuras de sedimento que variam de 29 metros, (Vila Socorro) a 90 metros (CDI) com média de 66,5 metros. A análise dos perfis litológicos dos poços tubulares, indicou as frequentes intercalações de argilas, e em função disso, foram avaliadas as espessuras saturadas com a presença dessas intercalações e com a ausência das mesmas, as espessuras saturadas efetivas.

Figura 4.1 - Seções hidrogeológicas AB e BC
Fonte: (CASTRO, 2000)

Figura 4.2 - Seções hidrogeológicas CD, EF e WZ
Fonte: (CASTRO, 2000)

As espessuras saturadas, variam entre 29,0 a 76,5 metros com média de 46,0 metros e as espessuras saturadas efetivas variam de 16,9 a 57 metros com média de 38,3 metros.

O sistema aquífero Dunas/Barreiras apresenta maiores espessuras saturadas no curso inferior da bacia, e diminui em direção ao médio curso. A montante nas localidades de Ponte do Mato e Canto de Moça as espessuras saturadas são da ordem de 10 a 14 metros, cujas captações são principalmente através de poços amazonas, cujas profundidades não ultrapassam aos 14 metros. A tabela 4.2 apresenta o resumo dos parâmetros dimensionais do sistema aquífero Dunas/Barreiras.

Tabela - 4.2 - Parâmetros dimensionais do sistema aquífero Dunas/Barreiras

Poço	Localização	Nível Estático (m)	Data	Espessura Sedimento (m)	Espessura Saturada (m)	Espessura Saturada Efetiva (m)
P22	Contendas III	1,50	-	69,0	67,50	55,50
P24 (PT1)	Conjunto Gramoré	7,94	04/87	52,0	41,06	41,06
P25 (PT6)	Conjunto Gramoré	15,80	11/90	57,0	41,20	41,20
P26 (PT7)	Conjunto Gramoré	29,20	12/90	64,0	34,80	30,50
P27 (PT9)	Conjunto Gramoré	13,65	10/90	56,0	42,35	38,35
P28 (PT5)	Conjunto Gramoré	32,00	10/90	73,0	41,00	41,00
P29 (PT3)	Conjunto Gramoré	18,44	08/88	65,0	46,56	46,56
P30 (PT8)	Conjunto Gramoré	28,15	06/90	63,0	34,85	28,85
P31 (PT10)	Conjunto Gramoré	15,19	11/90	57,0	41,81	33,81
P32 (PT2)	Conjunto Gramoré	5,78	-	58,0	52,22	50,22
P52	Passagem da Vila	-	-	58,0	24,00	23,00
P53 (P6)	Vicunha	18,90	09/97	75,0	56,10	56,10
P56 (P5)	Vicunha	23,49	09/95	81,0	57,00	57,00
P59 (P1)	Vicunha	18,13	01/91	74,0	56,00	38,00
P68 (P2)	Vicunha	16,58	09/94	56,0	39,00	36,00
P70(P4)	Guararapes Têxtil	23,85	09/97	81,0	57,15	47,15
P72(P5)	Guararapes Têxtil	23,88	09/97	81,0	57,12	54,12
P76(P6)	Guararapes Têxtil	25,30	09/97	85,0	59,70	54,70
P81	Mastex	30,20	05/94	80,0	49,80	42,00
P87	Henfibra	25,75	08/92	61,0	35,00	34,00
P93	Estrela do Mar	31,50	06/81	74,0	43,00	20,50
P98	Vila de Fátima	4,60	07/91	34,0	29,00	21,00
P101	Parmalat	27,20	09/97	82,0	54,80	28,00
P103	Coats	32,04	-	90,0	57,96	40,96
P109	CDI	33,65	09/97	86,0	52,35	39,35
P120	Extremoz – Sede	34,50	09/97	62,0	27,50	21,00
P145	Granja São José	18,45	11/90	95,0	76,55	55,55
P163	Lagoa Extremoz	Surgente	10/88	29,0	29,00	16,90
P165	Lagoa Extremoz	Surgente	10/88	30,0	30,00	18,50
VALORES MÉDIOS				66,5	46,0	38,3

Fonte: (CASTRO, 2000)

4.3.3 - Fluxo Subterrâneo

As curvas potenciométricas foram obtidas com base em dados de medições das profundidades do nível das águas no período de setembro/97. O mapa potenciométrico foi elaborado especificamente para o sistema aquífero Dunas/Barreiras, no curso inferior da bacia, cujos poços tubulares cadastrados captam águas, exclusivamente deste manancial subterrâneo.

A configuração das equipotenciais, (figura 4.3), indica duas frentes de fluxo, uma ao norte da área, com fluxo convergente para o rio do Mudo, lagoa de Extremoz e rio Doce, com gradientes da ordem de 0,97% e uma frente ao sul da área com fluxo direcionado para o rio Guajiru, lagoa de Extremoz e rio Doce, com gradientes de 0,8 %. A vazão de fluxo subterrâneo em cada setor foi estimada a partir da lei de Darcy de acordo com a equação:

$$Q = K.B.I.L$$

onde:

Q = descarga do fluxo subterrâneo (m³/s ou m³/ano);

K = condutividade hidráulica (m/s);

B = espessura saturada (m);

I = gradiente hidráulico (%);

L = largura da frente de escoamento (m).

Para a avaliação da estimativa do fluxo subterrâneo foram adotados os valores médios da espessura saturada efetiva relacionada as informações dos perfis litológicos dos poços tubulares nos referidos setores. Os valores das condutividades hidráulicas aplicados foram a partir de avaliações hidráulicas efetuadas no âmbito deste trabalho, e resultados obtidos por TOSTES (1998), no setor norte. No setor sul/sudeste da área, foram utilizados valores dos parâmetros hidráulicos obtidos por MELO (1998). De acordo com a aplicação da equação, a descarga estimada para o setor norte segundo uma frente de escoamento de 20 km foi de 42,0 x 10⁶ m³/ano. No setor sul, considerando uma frente de escoamento de 16 km foi estimada uma descarga da ordem de 34,0 x 10⁶ m³/ano. A vazão total do fluxo subterrâneo natural ficou estimada em 76,0 x 10⁶ m³/ano, tabela 4.3.

Figura 4.3 - Potenciometria do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras no curso inferior da Bacia do Rio Doce
Fonte: (CASTRO, 2000)

Tabela 4.3 – Descargas do fluxo subterrâneo do aquífero Barreiras – curso inferior da Bacia do Rio Doce

Setor	K(m/s)	b(m)	I (%)	L(Km)	Q(m³/ano)
Frente Rio Doce Norte/Nordeste	$2,0 \times 10^{-4}$	34	0,97	20	42×10^6
Frente Rio Doce Sul/Sudeste	$2,2 \times 10^{-4}$	38	0,80	16	34×10^6
Total					76×10^6

Fonte: (CASTRO, 2000)

4.3.4 - Estimativa das Reservas e Recursos Explotáveis

Segundo os registros geológicos citados por REBOUÇAS (1997), indicam que o volume total da terra ($1,4$ bilhão km^3) tem permanecido constante durante o último milhão de anos e nada indica que possa se alterar durante o próximo milhão de anos. No entanto, o volume de água estocado nos reservatórios pode variar, como ocorreu durante o último período glacial que durou 100.000 e 10.000 anos.

Os volumes de água naturalmente estocados representam as reservas, tradicionalmente classificadas como renováveis e não renováveis. REBOUÇAS (1997) comenta sobre tal classificação e considera-a de certa forma errônea, já que não existe água subterrânea desconectada do ciclo hidrológico. Na maioria dos casos, os tempos de residência das águas nos aquíferos são da ordem de dezenas de anos, em alguns casos atinge-se a escala de centenas e até de milhares de anos. De forma que, as taxas de renovabilidade natural poderão ser muito baixas, tornando as reservas praticamente não renováveis na escala de vida útil dos projetos de utilização. Um aquífero com grandes volumes estocados poderá apresentar águas muito velhas, na medida que, estando muito saturado, não existe volume disponível para receber novas recargas. Apresentam este tipo de comportamento os aquíferos livres e confinados localizados em regiões hidroclimáticas com grandes excedentes de água para recarga, como é o caso do Paraná, Maranhão, Recôncavo Baiano e Faixa Costeira Leste. Dessa forma, os processos de extração poderão induzir recargas, na medida em que alteram a cinemática natural dos sistemas aquíferos específicos e vizinhos, (REBOUÇAS op. cit.).

Os volumes de águas subterrâneas encontram-se estocados sob as formas de reservas reguladoras e reservas permanentes.

As reservas reguladoras correspondem aos volumes das recargas anuais. A sua determinação pode ser efetuada pelos seguintes métodos:

- (1) seção de fluxo ou de Darcy..... $R_r = Q = T \times I \times L$
 (2) volumétrico – tendo-se por base a variação sazonal (dh) dos níveis de água numa rede de poços de monitoramento..... $R_r = A \times dh \times \mu$ ou S
 (3) recessão dos rios $R_r = Q_0 \times 86.400/\alpha$

De acordo com as interpretações das seções hidrogeológicas, estas sugerem que o sistema aquífero em apreço apresenta um comportamento do tipo livre, cujo nível potenciométrico flutua com as variações sazonais. MELO (1995) quando definiu o modelo conceitual hidrogeológico da zona sul da cidade de Natal, verificou tal comportamento. Nestas condições, normalmente as potencialidades do aquífero estão condicionadas a infiltração direta das águas de chuva. Nestes estudos preliminares, não foi possível conhecer as flutuações sazonais dos níveis d'água, portanto para a avaliação das reservas reguladoras foi utilizada a metodologia através do fluxo de Darcy, que por definição as reservas reguladoras são equivalentes à vazão do fluxo subterrâneo, ($Q = R_r$). Conforme avaliações efetuadas com base no mapa de fluxo e características hidráulicas do aquífero, obteve-se uma descarga natural de $76,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, valor estimado para as reservas reguladoras.

As reservas permanentes constituem os volumes estocados abaixo do limite inferior da variação sazonal dos aquíferos livres ou dos níveis potenciométricos dos aquíferos confinados. No curso inferior da bacia, estas reservas foram estimadas em função da área correspondente a 118 km^2 , uma espessura saturada efetiva média de 30 metros e porosidade específica de 10%. Os respectivos valores aplicados na equação seguinte, indicou reservas permanentes da ordem de $354 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

$$R_p = A \cdot E_m \cdot \mu, \quad \text{onde;}$$

R_p = reservas permanentes (m^3/ano);

A = área (118 Km^2);

E_m = espessura mínima do aquífero (30 m);

μ = porosidade específica estimada (10 %).

Considerando a equação $R_r = A \times dh \times \mu$ e que as reservas reguladoras (R_r) são equivalentes a vazão de fluxo (Q), então tem-se : $Q = A \times dh \times \mu$, logo: $dh = Q / A \times \mu$.

A partir desta aplicação obteve-se uma variação de carga (dh) igual a 6,4 metros, valor aproximado ao obtido por MELO (1998) que foi de 7,0 metros. Tendo-se uma precipitação média da ordem de 1.500 mm/anuais, o volume precipitado no domínio da área de 118 km², é da ordem de 177×10^6 m³/ano. Considerando que a infiltração eficaz é de $76,0 \times 10^6$ m³/ano tem-se uma taxa de infiltração equivalente a 43 % aproximadamente igual ao valor avaliado por MELO op. cit. que foi de 44% para a zona norte de Natal.

Atualmente a exploração de água subterrânea é da ordem de $21,3 \times 10^6$ m³/ano, correspondente a 50% do consumo total da bacia e a 28% das reservas reguladoras. A tabela 4.4 compreende o resumo dos valores estimados do sistema aquífero Dunas/Barreiras, no curso inferior da bacia do rio Doce.

Tabela 4.4 - Resumo dos valores estimados relacionados ao Sistema Aquífero Dunas/Barreiras do curso inferior da Bacia do Rio Doce

Parâmetros Determinados	Valores obtidos
Área (Km ²) (A)	118 Km ²
Precipitação média anual (mm) P	1.500mm
Volume no Domínio da área (mm) (A x P)	177×10^6 m ³ /ano
*Descarga do fluxo subterrâneo (m ³ /ano) (Q)	76×10^6 m ³ /ano
*Taxa de infiltração eficaz (%)	43 %
*Reservas Reguladoras R _r = Q (m ³ /ano)	76×10^6 m ³ /ano
*Reservas Permanentes R _p (m ³ /ano)	354×10^6 m ³ /ano
Exploração atual de água subterrânea (Sistema Aquífero Dunas/Barreiras - m ³ /ano)	21×10^6 m ³ /ano
* Parâmetros estimados	

Fonte: (CASTRO, 2000)

Na figura 4.4 estão apresentados estes parâmetros estimados no contexto do comportamento hidrogeológico do sistema aquífero Dunas/Barreiras.

Figura 4.4 - Parâmetros estimados relacionados ao Sistema Aquífero Dunas/Barreiras no curso inferior da Bacia do Rio Doce
Fonte: (CASTRO, 2000)

4.3 5 – Estimativa da Contribuição do Volume de Água Proveniente do Aquífero Barreiras Para a Lagoa de Extremoz

A lagoa de Extremoz, com uma área de $4,0 \text{ km}^2$ e um volume de $9,0 \times 10^6 \text{ m}^3$, constitui um expressivo manancial da rede hidrográfica da bacia do rio Doce e recebe contribuições das águas subterrâneas e superficiais dos rios do Mudo e Guajiru, cujas descargas médias são da ordem de $0,28$ e $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. É drenada a jusante pelo rio Doce com descarga média de $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$. Os rios do Mudo e Guajiru ao longo de seus 25 km de extensão, são perenes a partir do trecho que fica aproximadamente a 5 km da área de descarga na lagoa, em uma cota topográfica de aproximadamente 30 metros, onde recebem exudações do sistema aquífero Dunas/Barreiras.

Para realizar um balanço das entradas e saídas de água de um determinado sistema que contempla as descargas de rios é necessário uma série histórica de dados fluviométricos na bacia. A falta de dados impossibilitou que a realização de uma simulação com um certo grau de confiabilidade fosse realizada. Neste sentido, foi efetuada uma avaliação com valores estimados a partir de alguns dados observados em um curto espaço de tempo. Portanto, o tratamento dado a este assunto neste capítulo é a nível de uma avaliação preliminar, cujas informações utilizadas estão apresentadas na tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Parâmetros utilizados em uma simulação preliminar das entradas e saídas anuais de água na lagoa de Extremoz

Parâmetros Utilizados	Valores obtidos	Fonte
Área da Lagoa	$4,0 \text{ Km}^2$	CAERN
Volume da Lagoa	$9,0 \times 10^6 \text{ m}^3$	CAERN
Descarga do Rio do Mudo	$0,28 \text{ m}^3/\text{s}$	Resultados da média de medições realizadas no período chuvoso e de verão
Descarga do Rio Guajiru	$0,26 \text{ m}^3/\text{s}$	Resultados da média de medições realizadas no período chuvoso e de verão
Descarga do Rio Doce	$0,39 \text{ m}^3/\text{s}$	Resultados da média de medições realizadas no período chuvoso e de verão
Evaporação	$4,5 \text{ mm}/\text{dia}$	Estimada com base em dados de outros corpos d' água da região com características ambientais semelhantes;
Precipitação	$1500 \text{ mm}/\text{ano}$	Resultado da média de uma série histórica de 1961 a 1979 obtida na estação meteorológica de Natal.
Volume atual explorado da lagoa	$21,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$	Cadastro dos usuários efetuado no âmbito desta pesquisa

Fonte: (CASTRO, 2000)

A partir do conhecimento do consumo atual de água da lagoa associado a estimativa de alguns parâmetros hidrológicos foi possível sugerir um esquema ilustrativo, do comportamento das entradas e saídas de água no sistema lacustre em apreço, (figura.4.5).

(a)

(b)

Figura 4.5 – Simulação preliminar das entradas (a) e saídas (b) anuais de água na lagoa de Extremoz

Fonte: (CASTRO, 2000)

No referido esquema ilustrativo, (figura 4.5), os exutórios da lagoa de Extremoz, são representadas pela descarga para o rio Doce, que é de $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$ equivalente a $12,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, pela evaporação que foi estimada em $4,5 \text{ mm}/\text{dia}$, correspondendo a $6,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ e pelo consumo atual equivalente a $0,67 \text{ m}^3/\text{s}$ representando $21,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, de forma que as saídas de água compreende atualmente um volume anual estimado em $40 \times 10^6 \text{ m}^3$. Ressalta-se para o fato de que as medições das descargas mencionadas, referem-se a um ano, cujas precipitações foram abaixo da média anual (menor que 1500 mm).

No que se refere ao volume de água que entra anualmente no sistema lacustre tem-se o volume médio anual de água precipitado na lagoa, que foi estimado em $6,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, a soma das descargas dos rios do Mudo e do Guajiru, que correspondem a $0,54 \text{ m}^3/\text{s}$ equivalente a $17 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ e o aporte de água subterrânea que foi estimado em $0,54 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondente a $17 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, representando um aporte de água de $40 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Em face a estas avaliações preliminares, verifica-se que a contribuição das águas subterrâneas para a lagoa de Extremoz constitui atualmente uma cifra de 42% em relação ao volume de aporte anual.

4.4 – Aquífero Aluvial

Os depósitos aluviais do RN, são constituídos, em média, por 70% de areias, variando de areias finas a grosseiras e bastante permeáveis, (DINIZ FILHO, 1993). Na área estudada, o aquífero aluvial constitui-se por sedimentos clásticos fluviais, representados por areias, argilas e cascalho. Na porção inferior os perfis mostram a predominância das frações arenosas médias a grosseiras e poucas intercalações argilosas. Em direção ao topo ocorrem as frações arenosas finas, argilosas, com maior frequência de intercalações argilosas. No curso superior dos rios do Mudo e Guajiru os sedimentos aluviais ocorrem sobrepostos às rochas cristalinas, com larguras médias de 50 metros. No médio e baixo curso apresentam-se sobre os terrenos sedimentares da Formação Barreiras, conectando-se hidraulicamente em um sistema único, de modo que o aproveitamento do seu potencial hídrico é insignificante, já que os poços tubulares e poços amazonas cadastrados indicaram captação apenas do aquífero Barreiras. Desta forma não foi possível efetuar uma caracterização hidrodinâmica deste aquífero.

5.0 - QUALIDADE DAS ÁGUAS E CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA

Apenas 2,7% da água do planeta é doce e desse total 98% correspondem as águas subterrâneas. Dentro desse contexto a água doce é um recurso indivisível e requer um manejo holístico. No ciclo hidrológico circula água pura, uma vez que o processo evaporação-precipitação age como um destilador. Após a água atingir a superfície, inicia-se um processo de dissolução e arraste que transportará material retirado do solo até os rios e oceanos. Nessa fase a água adquire outros elementos como cálcio, magnésio, sódio, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, nitratos e traços de alguns metais como chumbo, cobre, manganês e outros compostos orgânicos provenientes dos processos de decomposição do solo. Dessa forma o comportamento hidroquímico das águas passa a sofrer variações com o clima, a geologia local, a vegetação e ação antropogênica.

O clima influencia na decomposição das rochas e erosão do solo e, dependendo do tipo de rocha, aparecerão em maior quantidade aqueles elementos que fazem parte de sua composição. No entanto, os problemas mais graves que afetam a qualidade da água são decorrentes da ação antropogênica, principalmente no que se refere à falta de saneamento básico e práticas agrícolas deficientes. Os esgotos urbanos lançam efluentes orgânicos, as indústrias uma série de compostos sintéticos e metais pesados, a agricultura é responsável pela presença de pesticidas e excesso de fertilizantes na água. As atividades humanas representam a maior ameaça à qualidade da água.

Atualmente esta tendência é um dos principais problemas dos recursos hídricos no país. As regiões metropolitanas se expandem na periferia, onde normalmente se concentram os mananciais superficiais que são mais susceptíveis de sofrerem contaminações do que as águas subterrâneas. Entretanto, a contaminação de aquíferos é mais preocupante, tendo em vista que os mananciais de superfície se renovam e se recuperam após cessar o lançamento dos contaminantes.

No caso das águas subterrâneas, a descontaminação do aquífero até um nível zero de concentração não pode ser obtida. A um custo financeiro bastante elevado, consegue-se remediar esta contaminação a um nível aceitável acima de zero (CLEARY, 1992).

As impurezas mais comuns encontradas em águas naturais estão apresentados no quadro 5.1.

Quadro 5.1 - Impurezas mais freqüentes encontradas nas águas naturais

Origem	Impurezas Dissolvidas		Coloidais	Em Suspensão	Gases
Contato da água com minerais, solos e rochas	Cálcio	Bicarbonatos	Argila	Argila	Gás Carbônico
	Ferro	Carbonatos	Sílica	Silte	
	Magnésio	Cloretos	Óxido de Ferro	Areia	
	Manganês	Nitratos	Óxido de Alumínio		
	Potássio	Fosfatos	Dióxido de Magnésio		
	Sódio	Silicatos			
	Zinco	Sulfatos			
Atmosfera, Chuva	Hidrogênio	Cloreto		Poeira	Gás Carbônico Nitrogênio Oxigênio Dióxido de Enxofre
	Bicarbonato	Sulfato		Pólen	
Decomposição de matéria orgânica no meio ambiente	Amônia	Cloretos	Cor de origem vegetal	Solo Orgânico	Amônia Metano
	Hidrogênio	Nitritos	Resíduos	Resíduos	Hidrogênio
	Sódio	Nitratos		Orgânicos	Nitrogênio Oxigênio
	Sulfitos Radicais Orgânicos				Gás sulfídrico Gás Carbônico
Organismos vivos			Bactérias Algas Vírus	Algas Zooplâncton Peixes	Amônia Gás Carbônico Metano
Fontes antropogênicas	Ions Inorgânicos		Organoclorados	Sólidos	Cloro Dióxido de Enxofre
	Metais Pesados		Corantes bactérias	Inorgânicos	
	Moléculas Orgânicas		Vírus	Compostos	
	Cor			Orgânicos Óleos e Graxas	

Fonte: (TCHOBANOGLOUS & SCHROEDER, 1987)

5.1 – Águas Superficiais

5.1.1 – Comportamento de alguns Parâmetros Físicos, Químicos, Biológicos e Bacteriológicos no período de 1995 a 1996

A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), realizou no período de 1995 a 1996 campanhas de amostragem das águas da lagoa de Extremoz, dos rios do Mudo, Guajiru e Doce (figura 5.1) e efetuou determinações dos seguintes parâmetros físicos, químicos, biológicos e bacteriológicos: Cor, Turbidez, pH, Cloreto, Sólidos Totais Dissolvidos, Alcalinidade Total, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de

Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Coliformes Totais e Coliformes Fecais.

5.1.1.1 - Cor e Turbidez

A cor da água é resultado principalmente dos processos de decomposição que ocorrem no meio ambiente. Por esse motivo, as águas superficiais estão mais propensas a possuir cor do que as águas subterrâneas.

As variações de cor e turbidez que um corpo d' água possa apresentar devem-se à existência, no meio líquido, de pigmentos que lhe confirmam essas características. Os fatores que influenciam as condições ecológicas em um rio ou lago, relacionadas à luz, são a cor e a turbidez do meio, pois estes dois parâmetros afetam a disponibilidade de energia luminosa para os organismos fotossintetizantes (BRANCO, 1986). As substâncias responsáveis pela variação da cor geralmente encontram-se na forma coloidal ou em dissolução, enquanto que a turbidez é originada por partículas insolúveis que se mantêm em suspensão.

BRICAUD et al. (1981) em estudos realizados em águas oceânicas apresentaram quatro grupos de substâncias presentes na água, capazes de causar alterações em suas propriedades ópticas:

- fitoplâncton vivo;
- detritos biogênicos e associados;
- partículas terrágenas e sedimentares suspensos
- matéria orgânica dissolvida

Os esgotos domésticos e industriais, assim como as águas de escoamento superficial são ricos em partículas orgânicas e inorgânicas que causam alterações nessas propriedades. Os organismos vivos como as bactérias e as algas também causam alterações desses parâmetros.

As águas naturais possuem cor que varia entre 0 e 200 unidades pois, acima disso, já seriam águas de pântano com altos teores de matéria orgânica dissolvida (HEM, 1985). Coloração abaixo de 10 unidades quase não é perceptível. No Brasil, aceita-se para água bruta, ou seja, antes de ser tratada e distribuída para sistemas urbanos, valores de até 75 unidades de cor (Resolução CONAMA 20/86).

Figura 5.1 - Localização dos pontos de amostragem das análises físicas, químicas, biológicas, e bacteriológicas realizadas pela CAERN no período de 1995 a 1996
 Fonte: (CASTRO, 2000)

Na lagoa de Extremoz, manancial com uso principal para o abastecimento público, as análises desse parâmetro indicaram um valor máximo de 55,0 u^H e um valor mínimo de 3,0 u^H com uma média igual a 26,6 u^H.

Quanto à turbidez, no Brasil, admite-se que as águas naturais que possuam turbidez de até 100 UNT possam ser utilizadas para o abastecimento urbano (Resolução CONAMA 20/86). Valores de turbidez até esse limite podem ser removidos por tratamento convencional de água. A água tratada deve ter turbidez inferior a 5 UNT porque o material em suspensão permite que ocorram áreas em que eventuais microorganismos patogênicos presentes não entrem em contato com a substância desinfetante (PORTO et al. 1991).

Na lagoa de Extremoz foi verificado que a turbidez apresentou uma variação de 1,0 a 22,0 u^T e um valor médio de 5,1. u^T.

5.1.1.2 – pH

O pH controla a especiação química das águas. Os critérios de proteção da vida aquática fixam o pH entre 6 e 9. Muitos peixes e outros animais aquáticos podem sobreviver a valores iguais ou menores que 5,0, mas a este pH os metais se solubilizam muito facilmente, aumentando as possibilidades de toxidez. Acima do pH 6,0 há uma melhora na pesca e na agricultura (PORTO et al. 1991).

Os valores médios de pH variaram de 6,7 no rio Doce (jusante) a 7,2 no rio do Mudo (montante). Esse aumento do pH em direção a montante deverá estar associado a presença de rochas carbonáticas em subsuperfície. Ou seja, nestes locais onde os mananciais de superfície recebem contribuições das águas subterrâneas do aquífero Barreiras, misturadas às águas provenientes do aquífero Jandaíra, constituído por rochas carbonáticas, ocorre um aumento nos valores do pH.

5.1.1.3 – Alcalinidade Total

A quantidade de ácido necessária para consumir todo o carbonato e/ou bicarbonato é chamada alcalinidade. A capacidade da água em neutralizar ácido não se deve exclusivamente aos íons CO₃²⁻ e HCO₃⁻ (FENZL, 1988). Em grau menor, outros íons ou compostos são capazes de reagir com ácidos fortes e contribuir assim com a alcalinidade da água, como por exemplo: fosfatos, hidróxidos, certos compostos orgânicos, boratos e outros.

No rio do Mudo (Br-406), foi o local onde as análises das águas indicaram maior alcalinidade, apresentando um valor máximo de 158,4 mg/L (CaCO₃), (março/95).

Os valores mais baixos foram constatados na lagoa de Extremoz e rio Doce, cujos valores médios foram de 45,3 e 40,2 mg/L(CaCO_3), respectivamente.

Os valores de alcalinidade, caracterizados como sendo mais elevados à montante, (figura 5.2), justifica-se pela própria geologia da área, pois nesses locais ocorrem rochas carbonáticas em subsuperfície. Além desse fato, uma outra componente que interfere nesse comportamento, é devido a contribuição de um maior volume das águas subterrâneas, provenientes do sistema aquífero Dunas/Barreiras, (caracterizadas como ácidas), para os corpos d'água superficiais à jusante.

Figura 5.2 – Comportamento da alcalinidade total no perfil longitudinal Rio do Mudo (Br-406)/Rio Doce
Fonte: (CASTRO, 2000)

5.1.1.4 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Em águas naturais superficiais, a concentração dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) indicam as taxas de desgaste das rochas por intemperismo. Em regiões com altos índices pluviométricos mas com rochas insolúveis como o granito, o escoamento superficial apresentará baixos valores de sólidos dissolvidos totais. Excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão. Para as águas de abastecimento, permite-se um valor máximo de 500mg/L de sólidos dissolvidos totais (Resolução CONAMA 20/86). Os limites estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde N.º 36/90 e pela Organização Mundial de Saúde, (OMS), é de 1000 mg/L.

A tabela 5.1 e o anexo 02 apresentam os resultados obtidos das análises realizadas no período de 1995 a 1996 e caracterizam os seguintes comportamentos:

- No rio do Mudo, na Br-406 e na Fazenda São Miguel, foram os locais, onde ocorreram as maiores concentrações de STD com valores máximos de 1.248,0 mg/L (junho/95) e 1.462

mg/L (julho/95) respectivamente. A concentração média foi de 589,8 mg/L (Rio do Mudo-Br-406) e de 544,9 na Fazenda São Miguel.

- Na lagoa de Extremoz o valor máximo obtido foi de 810 mg/L (julho/95) e a menor concentração foi de 240,0 mg/L (maio/96). A concentração média de STD foi de 343,3 mg/L.
- No rio Doce ocorreram as menores concentrações. O valor máximo foi de 692,0 mg/L (julho/95), a concentração mínima foi de 120,0 mg/L (janeiro/96) e a média foi de 266,9 mg/L.

De acordo com o perfil longitudinal Rio do Mudo/Lagoa de Extremoz/Rio Doce, figura 5.3, ocorre uma diminuição da concentração dos sólidos totais dissolvidos em direção a jusante. Também foi verificado que os valores máximos das concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos, (STD), ocorreram principalmente no mês de julho, período chuvoso, enquanto que os valores mínimos ocorreram nos meses de baixas precipitações.

Figura 5.3 - Comportamento dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no perfil longitudinal Rio do Mudo (Br-406)/Rio Doce
Fonte: (CASTRO, 2000)

5.1.1.5 - Cloreto

Conforme os resultados das análises, (tabela 5.1 e anexo 02), verificou-se que o comportamento dos teores de cloreto, no período de março/95 a julho/96, mostraram:

- A montante dos rios do Mudo, (Br-406) e Guajiru (Br-406), foi onde ocorreram as maiores concentrações de Cloreto com valores máximos de 416,0 mg/L (março/95) e 322 mg/L (junho/96) respectivamente.
- Na lagoa de Extremoz os valores compreenderam uma faixa de 127 mg/L (set/95) a 75,0 mg/L (março/95), apresentando uma concentração média de 101,4 mg/L (Cl⁻).
- No rio Doce o valor máximo foi de 152,0 mg/L (agosto/95), a concentração mínima foi de 46,0 mg/L (janeiro/96) e a média foi de 70,2 mg/L.

Diante desses registros foi observado que existe uma relação entre o período chuvoso e os teores máximos de cloreto nos rios do Mudo (Br-406), Guajiru (Br-406) e lagoa de Extremoz, como mostra a figura 5.4.

Figura 5.4 – Relação entre as concentrações de cloreto (Cl⁻) e as precipitações nos rios Guajiru, do Mudo e lagoa de Extremoz no período de março/95 a março/96
Fonte: (CASTRO, 2000)

Esse comportamento sugere, que associado as precipitações ocorrem os processos de lixiviação e arraste de materiais rochosos com elevadas concentrações de cloreto, uma vez que no alto curso da bacia, (extremo oeste da área), afloram as rochas do embasamento cristalino.

5.1.1.6 – Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O oxigênio é um gás pouco solúvel em água, variando a solubilidade entre 14,6 mg/L a 0°C até 7,6 mg/L a 30°C, dependendo da pressão (altitude) e sais dissolvidos. Em águas poluídas, a quantidade de oxigênio dissolvido numa água é menor que em condições naturais. Por razões práticas, assume-se que 8 mg/L seja o teor máximo de dissolução de oxigênio na pior situação ambiental, PORTO et al. (1991). Em corpos d' água, as medidas de OD são vitais para a manutenção de condições oxidantes (aeróbicas) para degradar a matéria orgânica e para manter, por exemplo, o fósforo no sedimento de lagos.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para que microorganismos estabilizem, por via biológica aeróbica, o material de natureza orgânica contido na água, OLIVEIRA (1994). A DBO tem sido o parâmetro de maior aplicação na caracterização de esgotos domésticos e industriais, para quantificar seu potencial poluidor. Como o oxigênio consumido aumenta com o decorrer do tempo e a atividade biológica depende da temperatura, convencionou-se tomar a 5 dias e a 20°C como medida padrão para expressar o teor de matéria orgânica presente na água. Por durar 5 dias, os resultados são expressos em termos de DBO₅.

De acordo com a Resolução CONAMA N° 20/86 foi estabelecido que para as águas doces de classe especial o Oxigênio Dissolvido (OD) em qualquer amostra não deverá ser inferior a 6mg/L, enquanto que a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) deverá ser até 3 mg/L a 20°C.

Os locais onde foram avaliados estes parâmetros apresentaram o seguinte comportamento:

No rio do Mudo (Br-406) o valor máximo para o OD foi de 7,0 mg/L e o mínimo de 3,8 mg/L. A DBO₅ apresentou um valor máximo de 3,2 mg/L e um mínimo de 0,5 mg/L.

No rio Guajiru o OD apresentou-se mais elevado na Fazenda Jardim, com 8,4 mg/L. Nesse local o valor mínimo foi de 1,2 mg/L e a DBO₅ apresentou uma variação de 0,4 mg/L a 2,5 mg/L.

Na lagoa de Extremoz foi determinado um valor máximo de OD de 8,0 mg/L e um mínimo de 3,4 mg/L. A DBO₅ apresentou uma variação de 0,1 mg/L a 4,3 mg/L.

No rio Doce as análises do OD indicaram uma variação de 3,4 a 7,5 mg/L enquanto que para a DBO₅, foi obtido um valor máximo de 3,5 mg/L e um mínimo de 0,4 mg/L.

5.1.1.7 – Coliformes Fecais

O Número Mais Provável (NMP) de bactérias coliformes visa avaliar o potencial de contaminação da água por patogênicos de origem fecal. Baseia-se na determinação empírica da concentração de coliformes fecais em um volume dado de água. As bactérias do grupo coliforme não são, normalmente, patogênicas, mas são organismos de presença obrigatória, em grandes números, nos intestinos humanos e consequentemente, na matéria fecal. Calcula-se que um ser humano adulto elimina de 50 a 400 bilhões desse tipo de bactéria por dia, (BRANCO et al. 1991). Dessa forma, sua presença permite detectar a presença de fezes na água em concentração extremamente diluídas, dificilmente verificáveis pelos métodos químicos utilizados. Porém, as bactérias patogênicas veiculadas por água estão sempre associadas as fezes, logo a presença de coliformes fecais constitui presença potencial de patogênicos. Assim sendo, a ausência de coliformes permite, sem dúvida, concluir pela ausência de matéria fecal.

As análises bacteriológicas realizadas no período de 1995 a 1996 pela CAERN, (tabelas 5.1 e anexo02), foram a partir de registros efetuados nos rios do Mudo, Guajiru lagoa de Extremoz e no rio Doce.

- No rio do Mudo, na Fazenda São Miguel, o valor máximo determinado para os coliformes fecais foi de 11000 NMP/100ml e um valor mínimo de 340 NMP/100 ml.
- No rio Guajiru na Fazenda Jardim, o valor máximo determinado foi de 2.200 NMP /100ml e um valor mínimo de 540 NMP /100ml.
- Na Lagoa de Extremoz o valor máximo determinado foi de 300 NMP/100ml e um mínimo de 27 NMP /100ml.
- No rio Doce o valor máximo determinado foi de 11000 NMP/100ml e mínimo de 2.400.

De acordo com a resolução n.º 20/86 (CONAMA), os rios do Mudo e Guajiru no seu curso inferior, a lagoa de Extremoz e o rio Doce se enquadram na classe 1. No que se refere a presença de coliformes fecais, foram estabelecidos, para essa classe, os seguintes limites e/ou condições:

- as águas utilizadas para a irrigação ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

Para o uso de recreação de contato primário, (balneabilidade), as águas doces, salobras e salinas são avaliadas segundo as seguintes categorias:

- a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver no máximo, 250 coliformes fecais por 100mL ou 1.200 coliformes totais por 100 ml.
- b) Muito Boas: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver no máximo, 500 coliformes fecais por 100 ml ou 2.500 coliformes totais por 100 ml.
- c) Satisfatórias: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver no máximo, 1.000 coliformes fecais por 100 ml ou 5.000 coliformes totais por 100 ml.
- d) Impróprias: quando ocorrer, no trecho considerado, qualquer uma das seguintes circunstâncias:
 - não enquadramento em nenhuma das categorias anteriores, por terem ultrapassado os índices bacteriológicos nelas admitidos;
 - ocorrência, na região, de incidência relativamente elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica, a critério das autoridades sanitárias;
 - sinais de poluição por esgotos, perceptíveis pelo olfato ou visão;
 - recebimento regular, intermitente ou esporádico, de esgotos por intermédio de valas, corpos d'água ou canalizações, inclusive galerias de águas pluviais, mesmo que seja de forma diluída;
 - presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
 - pH menor que 5 ou maior que 8,5;
 - presença na água, de parasitas que afetam o homem ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados;

Tabela 5.1-Resumo dos resultados obtidos para alguns parâmetros físicos, químicos, biológicos e bacteriológicos no período de 1995 a 1996

Localização	Valores	Cor (u ^H)	Turbidez (U ^T)	pH	STD (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	Alc. Total (mg/L CaCO ₃)	DT (mg/L CaCO ₃)	Mat. Orgânica	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	CT (mg/L)	CF (mg/L)
Rio do Mudo (Br-406)	VMAX	75,0	12,0	7,5	1.248,0	416,0	158,4	363,0	9,2	7,0	83,3	168,0	1.248,0	
	VMED	36,7	6,1	7,2	589,8	205,5	126,1	216,1	5,1	5,1	7,7	66,4	589,8	
	VMIN	7,0	2,6	6,5	286,0	120,0	38,8	65,0	2,3	3,8	0,5	1,7		
Rio do Mudo (Faz. S. Miguel)	VMAX	130,0	9,5	7,4	1.462,0	254,0	92,4	182,0	9,6	5,5	46,3	136	50.000,0	11.000
	VMED	46,1	4,4	6,9	544,9	166,4	77,1	137,1	5,1	4,0	4,0	62,8	7.493,3	1.589,3
	VMIN	12,0	1,1	6,6	362,0	126,0	55,0	106,0	2,1	2,5	0,3	1,4	1.600,00	340
Rio Guajiru (Br-406)	VMAX	110	36,0	7,5	962,0	322,0	131,0	267,0	8,2	6,6	74,0	184,0	92.000,0	
	VMED	59,1	8,7	6,9	414,0	135,2	59,8	102,5	5,3	5,0	6,2	71,4	12.092,9	
	VMIN	22,0	2,5	6,5	46,0	79,0	25,3	56,0	2,3	3,3	0,3	0,8	800	
Rio Guajiru (Faz. Jardim)	VMAX	75,0	4,3	7,2	540,0	100,0	57,7	88,0	9,1	8,4	37,0	128,0	5.000,0	2.200,0
	VMED	42,9	2,4	6,8	270,7	74,8	41,5	61,5	5,4	3,8	4,5	79,0	1.915,0	349,1
	VMIN	15,0	1,0	6,3	178,0	56,0	26,4	40,0	2,0	1,2	0,4	5,1	170,0	540,0
Lagoa de Extremoz	VMAX	55,0	22,0	7,5	810	127,0	57,7	117,0	7,1	8,0	4,3	88,0	13.000,0	300,0
	VMED	26,6	5,1	7,0	343,3	101,4	45,3	78,9	5,1	6,5	1,4	45,5	1.185,0	61,1
	VMIN	3,0	1,0	6,5	240,0	75,0	36,3	60,0	3,4	3,4	0,1	8,0	70,0	27,0
Rio Doce	VMAX	55,0	6,4	7,5	692,0	152,0	144,0	220,0	7,1	7,5	83,3	104,0	90.000,0	11.000,0
	VMED	22,3	3,1	6,7	266,9	70,2	40,2	65,2	3,6	5,6	6,8	42,2	13.680,0	1.723,1
	VMIN	7,0	1,5	6,2	120,0	46,0	25,2	41,8	2,3	3,4	0,4	1,7	200	2.400

Fonte: (CAERN, 1996)

Legenda: STD: Sólidos Totais Dissolvidos; Cl: cloreto Alc. Total: Alcalinidade Total; DT: Dureza Total; Mat. Orgânica: Matéria Orgânica;
OD: Oxigênio Dissolvido; DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxigênio a 5 dias; DQO: Demanda Química de oxigênio
CT: Coliformes Totais CF: Coliformes Fecais

- presença nas águas doces de moluscos transmissores potenciais de esquistossomo, caso em que os avisos de interdição ou alerta deverão mencionar especificamente esse risco sanitário;
- outros fatores que contra-indiquem, temporariamente ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

No acompanhamento da condição das praias ou balneários as categorias Excelente, Muito Boas e Satisfatória poderão ser reunidas numa única categoria denominada Própria.

Conforme as condições e/ou limites estabelecidos em relação a presença de coliformes fecais, (Resolução n.º 20/86 CONAMA), as águas da lagoa de Extremoz foram classificadas como sendo muito boas para a prática da recreatividade. No entanto, a presença de moluscos transmissores de esquistossomo, restringe o uso desse manancial para o exercício da recreação de contato primário. As águas do rio do Mudo, na localidade de São Miguel e do rio Guajiru, na localidade de Jardim, foram classificadas como impróprias para a balneabilidade, quando analisados os valores máximos de coliformes fecais.

5.1.2 – Parâmetros medidos em Campo - Novembro/99

Os parâmetros obtidos a partir das medições em campo, (pH, Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos), (tabela 5.2), permitiram configurar zoneamentos para os corpos de águas superficiais, na bacia, conforme pode ser visto na figura 5.5. Os zoneamentos restringiram-se aos cursos médio e inferior da bacia, devido ao fato de que os rios são perenes apenas nesses trechos.

Os valores obtidos para o **pH**, (figura 5.5a), mostra que no médio curso da bacia, tanto o rio do Mudo quanto o rio Guajiru apresentaram pH entre 7,0 e 7,5. Uma faixa de valores entre 6,5 e 7,0, foi verificada para as águas do curso inferior dos rios Guajiru e Doce. As medições na lagoa de Extremoz indicaram uma faixa de valores entre 6,5 a 7,4.

PEREIRA (1993) quando investigou o índice de qualidade da água da Lagoa de Extremoz, no período de janeiro/92 a janeiro/93, constatou valores para o pH entre 7,4 a 8,3. ARAÚJO (1997) ao estudar a variação anual da comunidade fitoplanctônica neste corpo d'água, no período de janeiro/96 a janeiro/97, encontrou valores que variaram de 6,9 a 8,8.

DUARTE (1999) realizou campanhas de amostragens, no período de 1996 a 1997 e verificou que os valores médios de pH se apresentaram na faixa de 6,3 a 8,4.

Para a **condutividade elétrica**, (figura 5.5b) foi caracterizado o seguinte

comportamento: no curso inferior da bacia foram obtidos valores entre 300 a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no médio curso, valores entre 500 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e em direção a montante valores entre 1000 a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabela 5.2 - Medições obtidas em campo, Novembro/98

Localidade	Coordenadas		Município	pH	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	STD (mg/L)
	X	Y				
Lagoa de Extremoz- Henrique Gaspar	246,70	9.365,50	Extremoz	7,4	400,0	193
Rio Doce – Descarga da Lagoa	247,40	9.368,90	Extremoz	7,5	424,0	209
Lagoa de Extremoz-Ponta Grossa	241,453	9.368,82	Extremoz	7,4	500,0	283
Rio do Mudo – Comum	238,30	9.369,00	Extremoz	7,4	550	263
Rio do Mudo – Ponte Br- C. Mirim	238,50	9.366,30	São Gonçalo	7,9	717	344
Rio do Mudo	231,216	9.374,421	Ceará Mirim	7,6	1.862	920
Rio Mudo - Jacoca de Baixo	229,058	9.373,265	Ceará Mirim	7,5	3.270	1.690
Rio Guajiru	242,423	9.365,659	S. Gonçalo	6,6	313	180
Rio Guajiru	228,601	9.373,606	S. Gonçalo	7,6	5.190	2.690
Rio Guajiru	235,198	9.365,529	S. Gonçalo	7,5	770	366
Barramento D. Bosco	233,405	9.365,166	S. Gonçalo	7,0	715	342
Riacho	226,849	9.364,399	Ielmo Marinho	7,2	1.210	580

Fonte: (CASTRO, 2000)

Estudos realizados, especificamente na lagoa de Extremoz, por ARAÚJO (1997), caracterizaram uma variação entre 300 e 382 $\mu\text{S}/\text{cm}$. DUARTE (1999) verificou uma faixa de valores entre 303 a 446 $\mu\text{S}/\text{cm}$, duas vezes mais elevados que os valores determinados na lagoa do Bonfim localizada a sul de Natal e estudada no mesmo período. A comparação entre estas duas lagoas, evidencia que os diferentes tipos de rochas que constituem os terrenos onde estão inseridos os respectivos corpos d'água influí fortemente neste parâmetro físico da água. No caso da lagoa de Extremoz, esta possui dois rios afluentes, carreando ao longo do seu percurso elevadas concentrações de Ca, Mg, Na e Cl, provenientes das rochas cristalinas e calcárias existentes no alto curso da bacia.

As medições dos **Sólidos Totais Dissolvidos**, (figura 5.5 c) indicaram duas faixas de valores: para as águas do curso inferior da bacia, os sólidos totais dissolvidos apresentaram valores entre 200 a 500 mg/L ; no médio curso as concentrações são da ordem de 500 a 1000mg/L (STD) de modo que, nos locais onde afloram as rochas cristalinas estas concentrações atingiram valores acima de 1000mg/L.

Ao comparar os respectivos resultados com os valores médios obtidos pela CAERN, no período de 1995 a 1996, (item 5.1.1.2, tabela 5.1), verifica-se que encontram-se em um mesmo intervalo.

A elevada condutividade elétrica e as altas concentrações dos sólidos totais dissolvidos verificados em direção à montante da bacia, além de estarem associados ao tipo litológico das rochas (cristalinas e calcárias), também estão fortemente relacionadas as baixas precipitações e às altas taxas de evaporação. SOUZA & MOTA (1994) indicam que entre os fatores determinantes da salinização, estão o clima, as condições de circulação da água e a natureza do terreno e que o principal processo que controla a salinização pode ser considerado de origem climática, tendo em vista, que as águas parecem adquirir a sua composição química a partir da concentração progressiva por evaporação.

FENZL (1988) cita que os fatores climáticos tais como precipitação, evapotranspiração e variações de temperatura influem consideravelmente sobre o quimismo das águas superficiais e subterrâneas mediante processos de diluição, concentração ou aumento da solubilidade. De modo que, de uma certa forma, o quimismo das águas naturais reflete as condições climáticas de uma região. Em regiões secas, os solos e as zonas subsaturadas não sofrem lixiviações importantes, permitindo a acumulação de determinados sais, que chegam aos corpos d'água superficiais e aos aquíferos de forma irregular, quando ocorrem as grandes chuvas.

SANTIAGO (1984) desenvolveu estudos em dois reservatórios no estado do Ceará, em regiões de terrenos cristalinos e concluiu que com a ocorrência das primeiras chuvas os corpos aquáticos recebem uma massa significativa de sais provenientes da lixiviação do solo. Se as primeiras precipitações são muito intensas, o aumento da massa de sais é rápida gerando para os corpos de águas superficiais até 2,8 toneladas de cloretos por km² de bacia.

5.1.3 - Recorte para Lagoa de Extremoz - Índices de Qualidade da Água (IQA) e do Estado Trófico (IET) e Potabilidade

DUARTE (1999) desenvolveu estudos objetivando a análise da variação espaço-temporal das características tróficas e sanitárias da lagoa de Extremoz, através dos Índices de Qualidade da Água (IQA) e do Estado Trófico (IET). As amostragens, para esses estudos foram realizadas em três pontos na lagoa (E1, E2, E3), conforme indicado na figura 5.6.

O Índice de Qualidade da Água (IQA), é resultante de uma equação matemática que se baseia em valores de vários parâmetros de qualidade, quanto aos aspectos físicos, químicos e biológicos.

Figura 5.6 - Locais onde foram efetuadas as amostragens para avaliação do IQA
Fonte: (DUARTE, 1999)

Para a sua aplicação utiliza-se nove parâmetros e para cada um deles existe um peso de acordo com a sua importância na determinação do índice. A tabela.5.3, apresenta os respectivos parâmetros:

Tabela 5.3 - Parâmetros e pesos para cálculo do IQA

Parâmetro	Unidade	Peso
Oxigênio Dissolvido (OD)	% saturação	0,17
Coliformes Fecais (CF)	NMP/100ml	0,15
PH	-	0,12
DBO5	mg O ₂ /L	0,10
Nitrogênio Total (NT)	mg N/L	0,10
Fósforo Total (PT)	mg P/L	0,10
Turbidez (TUR)	uT	0,08
Sólidos Totais (ST)	mg/L	0,08
Temperatura de Desvio (ΔT)	°C	0,10

Fonte: (DUARTE, 1999)

O IQA pode ser calculado através de duas expressões matemáticas que definem o IQA aditivo (IQA_A) e o IQA multiplicativo (IQA_M):

$$IQA_A = \sum_{i=1}^9 q_i * W_i$$

$$IQA_M = \prod_{i=1}^9 q_i^{W_i}$$

Onde:

IQA = índice de Qualidade de água, representado por um número em escala contínua de 0 a 100.

q_i = qualidade individual (subíndice de qualidade) do i ésimo parâmetro, um valor entre 0 e 100.

W_i = peso unitário do i ésimo parâmetro.

A tabela. 5.4, mostra a classificação da água de acordo com o valor atribuído ao índice.

Tabela 5.4 - Classificação de águas naturais, conforme o IQA

Índice (IQA)	Qualidade
80 – 120	Ótima
52 – 79	Boa
37 – 51	Aceitável
20 – 36	Imprópria para tratamento convencional
0 – 19	Imprópria para consumo humano

Fonte: (GUAZZELLI & OTTA, 1979)

Nestes estudos foram constatados que os Índices de Qualidade de Água (aditivo e multiplicativo) apresentaram variações relativamente pequenas entre os pontos analisados, variando de 63 no ponto E1 a 85 no ponto E2, (tabela 5.5). Ambos os métodos empregados classificaram o corpo aquático de qualidade entre boa e ótima.

A eutrofização, “doença dos lagos” é considerada como um incremento da produção autrófica de matéria orgânica particulada e dissolvida, em lagos e reservatórios, devido ao aumento de nutrientes essenciais para o fitoplâncton e macrófitas aquáticas. Denota um processo natural ou artificial de nutrientes aos corpos d’água e os efeitos resultantes dessa adição. A eutrofização é assim parte do processo natural de envelhecimento dos lagos que ocorreria independentemente das atividades do homem, (NOGUEIRA, 1991).

DUARTE (1999) ressalta que o Índice do Estado Trófico (IET), não somente classifica um corpo aquático, como também serve para verificar sobre as relações entre os vários parâmetros de um ecossistema aquático. O autor utilizou três parâmetros (transparência, fósforo total e clorofila “a”), para a classificação da lagoa de Extremoz quanto ao grau de eutrofização, cujos índices determinados encontram-se na tabela 5.5.

Os índices de qualidade da água (aditivo e multiplicativo) apresentaram variações relativamente pequenas entre os pontos E1, E2 e E3. O menor valor do IQA aditivo foi determinado em E1 (68), em maio/97 e o maior em E2 (85), em julho do mesmo ano. O IQA multiplicativo teve comportamento semelhante, com o menor valor em E1 (63), em abril/97 e o máximo, de 85, em E2, no mês de setembro/97. Ambos classificam a água do manancial

como de qualidade entre boa e ótima. Os estudos desenvolvidos por PEREIRA (1993) em dois pontos do manancial indicaram que o IQA aditivo classificou-a como ótima enquanto o multiplicativo considerou-a boa.

Tabela 5.5 – Índice de qualidade da água (aditivo e multiplicativo) da lagoa de Extremoz/RN (período de dezembro/96 a dezembro/97)

Mês	IQA aditivo					IQA multiplicativo				
	E1	E2	E3	Médio	Classificação	E1	E2	E3	Médio	Classificação
Dez	83	80	74	79	Boa	81	79	70	77	Boa
Jan	78	79	74	77	Boa	77	78	68	75	Boa
Fev	71	76	75	74	Boa	68	71	72	71	Boa
Mar	78	79	76	77	Boa	77	77	73	76	Boa
Abr	70	79	75	74	Boa	63	75	70	69	Boa
Mai	68	79	82	76	Boa	64	73	80	74	Boa
Jun	79	80	81	80	Ótima	77	77	78	77	Boa
Jul	76	85	80	80	Ótima	74	84	77	79	Boa
Ago	81	81	82	81	Ótima	80	78	80	79	Ótima
Set	83	86	81	83	Ótima	82	85	80	82	Ótima
Out	78	81	82	80	Ótima	76	78	80	78	Boa
Nov	79	80	80	80	Ótima	76	77	77	77	Boa
Dez	82	79	79	80	Ótima	79	76	75	77	Boa

Fonte: (DUARTE, 1999)

A figura 5.7, mostra as escassas flutuações desses dois índices assim como a semelhança de qualidade entre os locais pesquisados. As variações isoladas de um parâmetro não foram suficientes para refletirem-se no índice final. O IQA, em particular a versão aditiva, que envolve muitos parâmetros, apresenta aparentemente menor sensibilidade, quando a qualidade da água encontra-se em níveis mais altos. Com efeito, o IQA tem como finalidade principal a classificação de um determinado corpo aquático no que diz respeito à qualidade sanitária e físico-química de uma água para consumo humano.

O autor constatou que a condição de oligotrofia só foi observada no mês de fevereiro/97 no ponto E2, para a clorofila “a”.

As características mesotróficas foram verificadas nos meses de estiagem em fevereiro/97 e a partir de agosto até dezembro/97 para os três parâmetros. Os pontos E1 e E2 foram os que apresentaram maior frequência de condições mesotróficas. Nos meses de março, abril, maio e junho/97, prevaleceram as condições eutróficas em todos os pontos.

Figura 5.7- Variação espaço-temporal do IQAA e IQAM, na lagoa de Extremoz-RN (dez/96 a dez/97)
Fonte: (DUARTE, 1999)

O autor conclui que esse comportamento possivelmente está associado as maiores descargas de fósforo, visto que são nestes meses que concentram-se as maiores precipitações na bacia hidrográfica, conseqüentemente promovendo um crescimento da biomassa algal, estimulada pelo aporte exógeno de nutrientes. Foi efetuada uma comparação dos valores obtidos para os índices tróficos tradicional e modificado e foi constatado que o IET classifica o manancial da lagoa de Extremoz como eutrófico com tendência para a hipereutrofia, enquanto o IET_M (Índice do Estado Trófico Modificado), define a Lagoa como mesotrófica em oito ocasiões e como eutrófica em apenas três meses.

Ao Comparar os resultados obtidos por PEREIRA (1993) e DUARTE (1999) foi constatado que a qualidade sanitária da lagoa de Extremoz manteve-se inalterada no período de 1993 a 1999.

5.1.3.1 - Potabilidade

As águas da lagoa de Extremoz foram caracterizadas com Potabilidade predominantemente Boa, os teores dos Cátions, Ânions e outros parâmetros físicos e químicos, estão resumidos na tabela 5.6, que podem ser comparados aos limites estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde e pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 36 de 19/01 1990.

5.2 - Águas Subterrâneas – Sistema Aquífero Dunas/Barreiras

5.2.1 - Caracterização Iônica

Os resultados das análises químicas das águas, foram tratados através do programa Acquaquem - Hydrogeological - Watherterloo, onde os cátions e os ânions foram plotados nos diagramas triangular de PIPER e Stiff, o que permitiu a identificação das fácies hidroquímicas e dos íons dominantes.

A classificação das águas através dos íons dominantes, (tabela 5.7 e figuras 5.8, 5.9), mostrou que as águas captadas do sistema aquífero Dunas/Barreiras são predominantemente cloretadas sódicas e naqueles pontos onde os poços ou cacimbões atingiram as rochas carbonáticas, como por exemplo, (P188 e C194), as águas se classificam como sendo bicarbonatadas sódicas ou cálcicas.

Tabela 5.6 - Padrões de Potabilidade das águas e valores determinados

Características	Valore Obtidos Lagoa de Extremoz (Abril/98)		Valores Obtidos Águas Subterrâneas (Aqüífero Barreiras/Novembro/97)		Portaria No. 36 de 19/01/90	OMS (VMP)
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo		
I – Físicas e organolépticas						
Turbidez (u^T)	0,35	1,14			1	5
Cor	7,5	12,5			5	5
Odor	Inobjetável	Inobjetável	Inobjetável	Inobjetável	Inobjetável	Inobjetável
Sabor	Inobjetável	Inobjetável	Inobjetável	Inobjetável	Inobjetável	Inobjetável
Sólidos Totais Dissolvidos			40	195	1000	1000
II – Químicos						
Dureza total (mg/L $CaCO_3$)	74,30	109,39	3,43	71,49	500	500
Cloretos (mg/L Cl^-)	81,42	101,7	10,43	94,77	250	500
Sulfatos (mg/L SO_4)	2,46	10,46	0,35	9,84	400	200
Cálcio (mg/L Ca^{++})	11,16	21,07	0,39	20,16	-	200
Magnésio (mg/L Mg^{++})	11,28	13,79	0,47	6,23	-	200
Nitrato (mg/L NO_3)	0,31	2,30	0,1	55,09	-	45
Ferro (mg/L Fe)	0,33	0,49	0,08	1,15	0,3	0,3

Fonte: (CASTRO, 2000)

OMS - Organização Mundial de Saúde

VMP – Valores Máximos Permissíveis

A montante da bacia onde as coberturas arenosas são de menores espessuras e sofre maior influência das rochas cristalinas foi verificada um tipo cloretada cálcica, (C260).

A concentração do sódio nas rochas sedimentares é de 3.870mg/kg, nas rochas argilosas de 4.850mg/kg e nas rochas carbonáticas de 393mg/kg. Durante o intemperismo e os processos de troca iônica (Na^+ , por Ca^{++}), grandes quantidades de sódio podem ser liberadas nas águas subterrâneas.

De acordo com estudos realizados pelo IPT (1982), as águas de chuva da região da “Grande Natal” são do tipo cloretadas-sódicas, o que é perfeitamente justificável, devido à influência do mar através dos aerossóis, cujos íons dominantes são o ânion cloreto e o cátion sódio.

De acordo com LOYD & HEATHCOTE (1985) (apud FENZL, 1988), as águas subterrâneas com dominância de bicarbonatos e cálcio, freqüentemente indicam águas de recarga em arenitos e calcários, enquanto as águas com cloreto e sódio dominantes indicam águas de circulação profunda ou de zonas de descarga.

Tabela 5.7 -Resumo dos tipos de classificações iônicas obtidas

ID	Localização			Íons Dominantes	Classificação
P43	Granja Santana	248,502	9.369,610	Cl - Na - Mg	Cloretada Sódica
P51	Distrito Industrial	247,338	9.367,816	Cl - Na - HCO_3	Cloretada Sódica
P68	Distrito Industrial	246,667	9.364,189	Cl - Na - SO_4	Cloretada Sódica
P71	Laguna Hotel	246,592	9.368,610	HCO_3 - Ca - Cl	Bicarbonatada Cálcica
P76	Distrito Industrial	246,539	9.365,770	Cl - Na - HCO_3	Cloretada Sódica
P87	Distrito Industrial	246,430	9.365,600	Cl - Na - Ca	Cloretada Sódica
P101	Distrito Industrial	246,151	9.365,142	Cl - Na - HCO_3	Cloretada Sódica
P136	Granja Wengrid	243,901	9.370,191	Cl - Na - Mg	Cloretada Sódica
C175	Fazenda Xingu	239,881	9.365,669	HCO_3 - Ca - Cl	Bicarbonatada Cálcica
P188	Maçaranduba	238,330	9.365,735	HCO_3 - Na - Cl	Bicarbonatada Sódica
P194	Maçaranduba	237,394	9.367,648	HCO_3 - Na - Cl	Bicarbonatada Cálcica
P202	Maçaranduba	237,052	9.365,605	Cl - Mg - Ca	Cloretada Magnésiana
P213	Granja São Pedro	233,625	9.363,638	Cl - Na - HCO_3	Cloretada Sódica
C260	Canto de Moça	226,186	9.365,551	Cl - Na - Ca - HCO_3	Cloretada Cálcica
P36	Centro dos Idosos	249,969	9.366,008	Cl - Na - Mg	Cloretada Sódica
P158	Parque 6 irmãos	242,149	9.364,142	Cl - Na - HCO_3	Cloretada Sódica

Fonte: (CASTRO, 2000)

5.2.2 – Potabilidade

As águas subterrâneas (sistema aquífero Dunas/Barreiras), foram caracterizadas com Potabilidade predominantemente Boa. Os teores dos Cátions, Ânions e outros parâmetros físicos e químicos, estão resumidos na tabela 5.6, (item 5.1.3.1), que podem ser comparados aos limites estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde e pela Portaria do Ministério da Saúde N.º 36 de 19/01 1990.

Figura 5.8 - Representação trilinear dos resultados das análises químicas das águas dos poços tubulares, cacimões, lagoa e rios.
Fonte: (CASTRO, 2000)

Figura 5.9 - Representação dos principais íons (meq/L), através do diagrama de Stiff, nos respectivos pontos analisados
Fonte: (CASTRO, 2000)

Dentre os parâmetros químicos analisados e comparados com os valores estabelecidos pelo Ministério da Saúde e pela Organização Mundial de Saúde (OMS), tabela 5.6, (item 5.1.3.1), apenas o nitrato (NO_3^-) e o ferro (Fe), apresentaram teores com valores acima dos limites estabelecidos. Os teores mais elevados de nitrato ocorreram no cacimbão 260 e no poço P71, cujas concentrações foram de 55,09 mg/L e 44,85 mg/L respectivamente. Os teores mais elevados de ferro ocorreram em três poços da Indústria Vicunha com 0,73mg/L, 0,97mg/L e 1,15mg/L (Fe).

5.2.3 - Nitrato

O nitrogênio, na forma de nitrato, é um dos contaminantes mais comuns identificados nas águas subterrâneas. Ocorre principalmente na atmosfera, nos solos e em substâncias orgânicas. Nas precipitações pluviométricas a concentração de nitrogênio na forma de amônio (NH_4^+), varia de 0,01 a 1,00 mg/L, e os teores de nitrato (NO_3^-) estão na faixa de 0,30 a 2,50 mg/L, podendo atingir até 12,00 mg/L (SCHOELLER, 1962).

No meio ambiente a matéria orgânica pode sofrer várias mudanças, fornecendo desde amina (R-NH_2), evoluindo para amônia (NH_3), amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e , finalmente, atingindo a forma mais estável e oxidada do nitrogênio, o nitrato (NO_3^-). Este processo é chamado de nitrificação e processa-se mediante as reações:

Em condições favoráveis este processo é reversível, passando a ser denominado de desnitrificação, (figura 5.10).

A matéria orgânica existente nos esgotos e nos resíduos vegetais produzem amoníaco ou o íon amônio através do processo de decomposição e mediante a participação de bactérias especializadas, de acordo com a reação:

O íon amônio (NH_4^+) ou o amoníaco (NH_3) formam-se sob a condição do pH da água, obedecendo à seguinte reação:

Se o pH da água diminui, a reação produz NH_4^+ , caso contrário produz NH_3 . A conversão do nitrogênio orgânico para NH_4^+ é conhecido como amonificação. A amonificação e nitrificação são processos que normalmente ocorrem na zona insaturada, na zona do solo,

onde a matéria orgânica e o oxigênio são abundantes, (FREEZE et. al. 1979) e (KOMOR et. al. 1993).

Figura 5.10 - Fontes e caminhos do nitrogênio no ambiente sub-superficial
Fonte: (FREEZE et al. 1979)

MELO (1995) realizou estudos sobre os impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal, salientando como o mais impactante o sistema de saneamento com disposição local de efluentes domésticos (fossas e sumidouros), sendo o principal tipo de contaminante envolvido o íon nitrato, resultado provavelmente da biodegradação dos excrementos humanos. A contaminação é favorecida pela vulnerabilidade atribuída às condições geomorfológicas e estrutura hidrogeológica caracterizada pela existência do capeamento de areias de dunas, pela formação de depressões ou bacias fechadas, pela ocorrência de lagoas e sobretudo pela conexão hidráulica das dunas com os sedimentos Barreiras.

Estudos recentes, realizados por MELO (1998), compreendendo uma área nas proximidades da lagoa de Extremoz, (figura 5.11), identificou no domínio da captação d'água Pajuçara/Gramoré, Sistema Público de Abastecimento da Zona Norte de Natal, teores de nitrato elevado, chegando a 80 mg/L, superior aos padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde que é de no máximo 45 mg/L.

A figura 5.11 apresenta as áreas com contaminações pontuais de nitrato nas águas subterrâneas da área estudada, obtidas a partir de análises químicas realizadas no ano de 1997. Os teores de nitrato crescem a partir de um nível geral de base de 10 mg/L na parte leste da área, em direção aos conjuntos habitacionais da zona norte de Natal, e na parte oeste, onde concentram-se cacimbões de profundidades médias de 14 metros de profundidade nas localidades de Canto de Moça e Ponte do Mato.

Atualmente na Indústria Guararapes Têxtil, foi observada uma evolução dos teores de nitrato no período dez/96 a outubro/98 conforme pode ser visto na figura 5.12.

Na unidade industrial da Parmalat, também foi constatado uma evolução nos teores de nitrato, cloreto e a condutividade elétrica, (figura 5.13).

CASTRO (1994) realizou estudos na zona leste de Natal, no bairro de Cidade Nova, e identificou teores de nitrato acima de 45,0 mg/L, alguns pontos analisados mostraram uma expressiva evolução das concentrações. Houve pontos, por exemplo, que aumentaram de 21,0 a 105mg/L e de 8,52 a 31,58 mg/L no período de 1987 a 1993.

Essa evolução pode ser explicada devido à forma aniônica, propiciando uma alta mobilidade do nitrato na água subterrânea. Em aquíferos pouco profundos e constituídos por sedimentos permeáveis, ou em zonas fraturadas, onde existe (O_2) dissolvido, o nitrato geralmente migra para grandes distancias a partir das zonas de origem, sem sofrer processos de retardamento, como adsorção por exemplo, (FREEZE et al. 1979).

Figura 5.11 - Contaminações pontuais de nitrato na Bacia do Rio Doce (a) e na Zona Norte de Natal (b)
Fonte: (CASTRO, 2000)

Figura 5.12 - Evolução dos teores de nitrato na Indústria Guararapes Têxtil
Fonte: (CASTRO, 2000)

Figura 5.13 - Comportamento da condutividade, cloreto e nitrato no período de 1987 a 1996 na indústria Parmalat
Fonte: (CASTRO, 2000)

Os estudos realizados por CASTRO (1994) e MELO (1995 e 1998), constataram que o nitrogênio ocorre nas águas subterrâneas, na sua forma mais estável que é o nitrato. O amônio e o nitrito são pouco representados. Concluíram também que existe uma correlação

entre a densidade populacional e o nível de nitrato nas águas subterrâneas da grande Natal. Nas zonas mais habitadas, os teores de nitrato tendem a ser mais elevados, atingindo níveis inadequados de utilização (superiores a 45 mg/L). A contaminação também está associada ao tempo de implantação e funcionamento das atividades urbanas. A tabela 5.8 apresenta os teores de nitrato nos poços tubulares e cacimbões, novembro/97.

Tabela - 5.8 - Resumo dos pontos d'água com os respectivos teores de NO_3^- , novembro/97

IDENT.	COORDENADAS		NO_3^-
	X	Y	(mg/L)
P24	251,166	9.366,524	16,00
P28	250,736	9.366,124	5,00
P36	249,969	9.366,008	8,57
P59	247,045	9.364,362	1,10
P71	246,592	9.368,610	44,85
P74	246,571	9.366,370	3,80
P82	246,443	9.365,300	0,80
P88	246,319	9.365,484	8,52
P87	246,430	9.365,600	1,40
P94	246,253	9.365,530	12,32
P101	246,151	9.365,142	0,50
P103	246,097	9.366,180	1,10
P136	243,901	9.370,455	18,80
P188	238,330	9.365,735	0,00
P202	237,052	9.365,605	32,50
P213	233,625	9.363,638	0,45
P221	231,092	9.374,534	17,72
C260	226,186	9.365,551	55,09
C175	239,881	9.365,669	18,80
C194	237,394	9.367,648	11,84
P80	246,471	9.363,929	0,1
P56	247,148	9.363,815	0,0
P68	246,667	9.364,189	1,5
P66	246,717	9.363,864	0,2
P53	247,218	9.364,264	0,6
P34	250,333	9.365,502	15,0
P29	250,641	9.363,929	2,4

Fonte: (CASTRO 2000)

5.2.4 - Parâmetros Medidos em Campo - Novembro/97

Os parâmetros obtidos a partir de uma campanha de medições em campo de pH, Condutividade Elétrica, e Sólidos Totais Dissolvidos, (tabela 5.9), permitiram configurar zoneamentos para estes elementos nas águas subterrâneas, conforme pode ser visto na figura 5.14.

Tabela 5.9 - Resumo dos parâmetros medidos em campo

Localidade	Município	pH	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	STD (mg/l)	Sais %
P58	Extremoz	5,4	56,8	26	0,0
P64	Extremoz	6,3	94,2	44,0	0,0
P69	Extremoz	4,7	287	140	0,1
P101	Extremoz	5,9	124,4	59	0,1
P103	Extremoz	6,9	126	59	0,1
P124	Extremoz	5,6	73,2	34	0,0
P132	Extremoz	5,9	137,3	64,4	0,1
P136	Extremoz	5,2	61,5	29	0,0
P177	Extremoz	5,5	450	215	0,2
P188	S. Gonçalo	7,8	336	160	0,2
P209	S. Gonçalo	7,6	1278	621	0,6
P213	S. Gonçalo	7,1	253	138	0,1
P215	S. Gonçalo	5,5	856	413	0,4
P227	S. Gonçalo	5,2	290	139	0,1
P228	S. Gonçalo	6,1	522	248	0,2
P231	Ceará Mirim	8,5	678	323	0,3
P238	Ceará Mirim	8,2	471	222	0,2
C67	Extremoz	5,2	131,4	62	0,1
C106	Extremoz	5,1	175,1	82	0,1
C148	Extremoz	6,3	52	25	0,0
C186	Extremoz	5,3	711	343	0,3
C194	S. Gonçalo	5,8	174,3	80	0,1
C237	S. Gonçalo	5,5	299	142	0,1
P239	Ceará Mirim	8,0	759	367	0,4
C248	Ielmo Marinho	6,6	146,6	69	0,1
C251	Ceará Mirim	6,5	2110	1050	1,1
C256	Ceará Mirim	5,3	90,3	42	0,0
C260	Ielmo Marinho	6,2	313	150	0,1
Granja Sta. Angela estr. Estivas	Extremoz	6,9	158	77	0,1
Mangabeiras	Extremoz	5,5	45	20	0,0
Granja Malvina - Manoel Fernandes	Extremoz	5,4	98,3	46	0,0
Faz Santa Maria	Ceará Mirim	5,8	121,8	57	0,1
Cacimbão- Floricultura -Rio Guajiru	Extremoz	6,0	544	262	0,3
Carão - Poço FNS	Extremoz	5,7	128,3	61	0,0
Poço - SAAE - Ponta Grossa	Extremoz	6,5	292	123	0,1
Poço - CDM - Ponta Grossa	Extremoz	7,0	208	98	0,1
Poço SAAE-Murici	Extremoz	5,7	48	22	0,0

Fonte: (CASTRO, 2000)

O comportamento do **pH**, indica que no curso inferior da bacia, no extremo leste, o mesmo varia entre 4,7 a 6,4. Nesta área as águas subterrâneas são captadas exclusivamente do aquífero Barreiras e nos poços onde foram realizadas as medições, os respectivos perfis construtivos mostram isolamento do contato entre o arenito da formação Barreiras e as rochas carbonáticas que aparecem na base dos perfis. No médio e alto curso da bacia, onde as fontes

de águas subterrâneas compreendem arenitos e rochas carbonáticas, o pH apresenta valores entre 5,2 a 7,8, (figura 5.14a).

No curso inferior da bacia, foi verificado que existem duas faixas de valores para a **Condutividade Elétrica**, de modo que no extremo leste da área foram obtidos valores na faixa de 50 $\mu\text{s/cm}$ a 100 $\mu\text{s/cm}$ e no trecho seguinte, as medições indicaram, valores entre 150 $\mu\text{s/cm}$ a 500 $\mu\text{s/cm}$, conforme mostra a figura 5.14(b). No médio curso foi caracterizado um intervalo de 500 $\mu\text{s/cm}$ a 700 $\mu\text{s/cm}$, e no alto curso os valores medidos para a condutividade elétrica foram da ordem de 700 a 1000 $\mu\text{s/cm}$.

Quanto aos **Sólidos Totais Dissolvidos (STD)**, foram identificadas três faixas de zoneamento, (figura 5.14c). No curso inferior da bacia os valores ficaram compreendidos entre 50 mg/L a 250 mg/L, no médio curso as medições variaram entre 300 mg/L a 450 mg/L e no alto curso os valores foram maiores que 450 mg/L.

6.0 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO

6.1 - Uso e Ocupação do Solo

A qualidade da água está intimamente relacionada à proteção dos recursos hídricos, que por sua vez depende, da forma do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Em geral uma bacia hidrográfica tomada como unidade de planejamento envolve mais de um município e parte do território de um Estado, tornando-se necessário um planejamento regional. Quando se trata do uso da água de uma unidade hidrográfica, imediatamente conduz ao uso e ocupação do solo e o planejamento passa a envolver o próprio processo de desenvolvimento da região.

A história da civilização, no que se refere à ocupação geográfica, está sempre relacionada à presença da água. As grandes cidades e zonas de ocupação ocorrem ao longo dos rios e vales, devido às necessidades de abastecimento de água para uso humano, navegação e irrigação.

No início deste século, quando as densidades demográficas e industriais eram baixas, as demandas eram muito pequenas e a qualidade da água para consumo era protegida pela desapropriação integral da bacia e manutenção de sua condição natural. Mas dentro deste contexto sempre existiu um agravante, que o próprio uso exige, a alteração dessa condição natural. Caso a manutenção das condições estritamente naturais do corpo d'água constituísse condição do uso múltiplo racional, seria inviável qualquer utilização do solo e qualquer obra de regularização para permitir o próprio uso múltiplo.

(a)

(b)

(c)

Escala gráfica
0 5 10 15Km

Figura 5.14 - Zoneamento do pH (a), Condutividade Elétrica (b), e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (c), nas águas subterrâneas da Bacia do Rio Doce novembro/98
Fonte: (CASTRO, 2000)

Dessa forma, constata-se que a condição natural não constitui o principal requisito para um adequado uso múltiplo, e sim quando assegurado por um rigoroso planejamento, fundamentado no conhecimento das potencialidades dos recursos hídricos, das características geográficas, das condições sócio-econômicas e necessidades atuais e futuras da região.

O modelo de gerenciamento do solo versus recursos hídricos nas bacias hidrográficas, induz a um entendimento no qual está implícito de que as águas de montante devem ser preservadas e as de jusante serão poluídas, gerando o conceito de que o desenvolvimento industrial é sinônimo de poluição das águas.

A experiência brasileira tem demonstrado as dificuldades para aplicação das medidas preventivas visando à proteção dos recursos hídricos através do uso adequado do solo. Estas medidas têm sido fortemente questionadas e repelidas pelos proprietários de terra na bacia, ou pelo próprio poder público, que não dispõe de outras áreas para expansão do seu município, para realização de seus planos habitacionais e crescimento geral.

No entanto, é inevitável a presença do Estado, de forma atuante e articulador de todo o processo, uma vez que as forças do mercado ainda não conduziram às soluções adequadas aos problemas do setor. É preciso que o Estado planeje e controle o uso do patrimônio público para que o processo econômico aconteça com o máximo de benefícios e o mínimo de custos para a população como um todo.

A adequação entre o processo de urbanização/crescimento populacional, e a utilização dos recursos hídricos adquire caráter de urgência na maior parte das grandes cidades do mundo, marcados pelo acelerado e desordenado processo de ocupação da terra.

A bacia hidrográfica em estudo, apesar de ser uma das menores, entre as dezesseis bacias que o Estado possui, mostra-se bastante diversificada nos aspectos climáticos, geomorfológicos, hidrogeológicos e consequentemente no uso e ocupação do solo. Portanto, para uma melhor compreensão deste comportamento, fez-se uma caracterização das atividades do uso e ocupação da terra, contemplando três trechos na bacia. A figura 6.1 representa o mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Rio Doce elaborado a partir de imagens de satélites tipo Spot-2 em escala 1:50.000, ano 1994 e com reambulação de campo. As figuras 6.2 e 6.3 constituem uma visão parcial, através de fotografias aéreas realizadas em outubro de 1998.

No primeiro trecho, onde nascem os rios Guajiru e do Mudo, as atividades do uso do solo são incipientes e a única urbanização restringe-se a uma pequena parte da cidade de Ceará Mirim, correspondente a 0,7% da bacia.

Figura 6.1 - Uso e ocupação do solo

Fonte : (CASTRO, 2000)

Foto: Elmo Marinho (1998)

Figura - 6.2 - Vista parcial do uso e ocupação do solo em torno da Lagoa de Extremoz
Fonte: (CASTRO, 2000)

Figura 6.3 - Vista parcial do uso e ocupação do solo em torno da Lagoa de Extremoz
 Fonte: (CASTRO, 2000)

Foto: Elmo Marinho (1998)

O restante da ocupação se dar com mata ciliar, (10,4%), tabuleiros (2,3%), e as culturas desenvolvidas que são:

- Temporárias: feijão, mandioca, abóbora, melancia, batata, milho, dentre outras, englobando 5,6% da área.
- Plantios de Cana de Açúcar intermediadas por Pasto: abrange aproximadamente 16%.
- Áreas de Uso Misto - correspondem a 1,8% da área da bacia. Referem-se as áreas de vale, com uso desordenado e diversificado. Presença de frutíferas e pequenos roçados. Cultivo de pasto e proliferação de capim em condições naturais nas áreas de aluvião e terraços fluviais.

No segundo trecho, o médio curso da bacia, entre as coordenadas 232,5 e 245,0 (E), onde estão inseridos parte dos municípios de Ceará Mirim, São Gonçalo do Amarante e Extremoz, cerca de 20% do uso do solo compreende as culturas permanentes, e temporárias, uso misto e plantio de cana de açúcar. A mata subcaducifolia e tabuleiros correspondem a 14% da área da bacia, as chácaras compreende aproximadamente 1,5%, a área urbanizada 0,3% e mata ciliar apenas 0,5%.

O terceiro trecho, o curso inferior da bacia, entre as coordenadas 245 e 255 (E), é onde se concentra a urbanização, abrangendo 10 % da área total da bacia, incluindo a presença do pólo industrial de Extremoz. A área de expansão urbana é de 20 km², equivalente a 5% da área da bacia.

6.1.1 Legislação sobre o Uso e Ocupação do Solo

No que concerne a uma legislação específica o Estado do Rio Grande do Norte ainda não dispõe, existindo apenas a legislação ambiental estadual que aborda no uso e ocupação do solo. Dentro deste contexto foi elaborado um resumo das principais leis e decretos existentes.

O Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte, (IDEC 1998), colocou à disposição dos usuários dos seus serviços o conjunto de normas que disciplinam a atividade ambiental no Estado. Sob o título Legislação Ambiental do RN, esta publicação reúne, em sua 1ª edição, Leis, Decretos e as Resoluções mais importantes do Conselho Estadual de Meio Ambiente.

LEI Nº 5.147, de 30 de setembro de 1982 - Dispõe sobre a política e o Sistema Estaduais de Controle e Preservação do Meio Ambiente e ressalta:

- racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

Art. 5º - Constituem instrumentos da política estadual de controle e preservação do meio ambiente:

- I - zoneamento ambiental;
- II - avaliação dos impactos ambientais;
- III - o licenciamento e a revisão de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras.

Art. 6º - A construção, a instalação, a ampliação e o funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como, os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento pelo conselho estadual de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, (CECTEMA).

Art. 7º - Compete ao órgão central do sistema, Secretaria de Planejamento RN, propor ao CECTEMA normas e padrões para a implantação, acompanhamento e fiscalização do licenciamento previsto no artigo anterior.

Art. 11 - A instalação, a construção, ou a ampliação de quaisquer atividades de produção, transformação e comércio que envolvem o aproveitamento e a utilização dos recursos naturais, bem como a edificação ou a reforma de prédios em áreas consideradas de proteção ambiental e a aprovação de loteamentos no estado, ficam sujeitos à prévio registro no órgão central do sistema, que identificará as condições de uso, funcionamento e localização, quanto à possibilidade de vir a causar poluição ambiental e/ ou desequilíbrios ecológicos.

LEI Nº 5.747, de 30 de dezembro de 1987 - Disciplina proibição de uso de todo território do RN para depósitos de lixo atômico.

LEI Nº 6.504, de 1º de dezembro de 1993 - Proíbe a queimada de cana-de-açúcar num raio de 1.000 (mil) metros de distância da periferia das cidades.

LEI Nº 6.678, de 21 de julho de 1994 - Cria o Fundo Estadual de Preservação do Meio Ambiente (FEPEMA) e dá outras providências.

LEI Nº 6.769, de 11 de maio de 1995 - Dispõe sobre a política florestal do Estado do RN e dá outras providências.

Art. 4º - O poder executivo criará mecanismos de fomentos a :

- complementação à programas de conservação do solo e regeneração ou recomposição de áreas degradadas, incluídas aquelas em processo de desertificação, para incremento do potencial florestal do estado, bem como, a minimização da erosão e o assoreamento de cursos de água, naturais ou artificiais.

Art. 20 - Fica proibida a queimada no preparo do solo objetivando o seu uso alternativo.

LEI Nº 6.950, de 20 de agosto de 1996 - Dispõe sobre o plano estadual de gerenciamento costeiro e dá outras providências.

Art. 19 - Parágrafo 1º Não será permitida a urbanização ou qualquer forma de utilização do solo na zona costeira que impeça ou dificulte o acesso assegurado no “caput” deste artigo.

DECRETO Nº 7.237, de 22 de novembro de 1977 - Declara de utilidade pública, para fins de desapropriação, bens situados na área das dunas, adjacentes ao oceano atlântico no município de Natal.

DECRETO Nº 8.600, de 03 de março de 1983 - Aprova o regulamento da política e sistema estaduais de controle e preservação do meio ambiente.

DECRETO Nº 10.582, de 06 de março de 1990 - Cria o sistema de controle ambiental e sanitário do litoral (SCAL), e dá outras providências.

DECRETO Nº 12.620, de 17 de maio de 1995 - Cria a Área de Proteção Ambiental (APA) Genipabu, nos municípios de Extremoz e Natal e dá outras providências.

LEI COMPLEMENTAR Nº 140, de 26 de janeiro de 1996 - Regulamenta os artigos 150 e 154 da constituição estadual e dá outras providências.

DECRETO Nº 13.799, de 17 de fevereiro de 1998 - Aprova o regulamento à lei complementar Nº 140 de 26 de janeiro de 1996, que dispõe sobre a política e o sistema estadual de controle e preservação do meio ambiente e dá outras providências.

6.2 – Fontes Potenciais de Contaminação

Os recursos hídricos da bacia do Rio Doce estão sujeitos à contaminação devido, principalmente, às atividades do desenvolvimento urbano e industrial. Destacam-se como

principais fontes de contaminação, a disposição local de efluentes domésticos (fossas), lagoas de estabilização e a ocupação do terreno, entre outras como: postos de combustível, cemitérios, poços sem proteção sanitária, cacimbas transformadas em fossa e os lixões. Esta situação gera problemas graves na saúde da população, pois sabe-se que os sistemas de saneamento com disposição local dos efluentes podem contaminar as águas subterrâneas por microorganismos patogênicos e produtos da bio-degradação dos excrementos humanos. Durante o processo de penetração dos efluentes no solo esses microorganismos são eliminados total ou parcialmente pelos fenômenos de filtração e adsorção. O grau de eficácia desta purificação, dependerá fundamentalmente da vulnerabilidade do meio não saturado com relação a sua litologia e profundidade das águas subterrâneas.

Os microorganismos patogênicos contidos na matéria fecal, são representados por ovos de helmintos, protozoários e por bactérias e vírus. Os helmintos e protozoários são de dimensões relativamente grandes (superiores a 25 micros), sendo facilmente filtrados através do solo e geralmente não oferecem riscos para as águas subterrâneas. As bactérias e vírus por serem muito pequenos podem ser transportados, através da percolação dos efluentes, desde os sistemas sanitários locais até às águas subterrâneas, contaminando-as e colocando em risco a saúde da população que as consome. No entanto, isto só ocorre em função das características do meio não saturado e do sistema aquífero, onde predominem sedimentos arenosos e nível de água raso. Quando se trata de terrenos argilosos e nível de água profundo o tempo de permanência dos efluentes na zona não saturada é muito maior, propiciando ações efetivas de eliminação dos contaminantes.

Através de estudos realizados por LEWIS et al. (1988) foi verificado que normalmente o risco de contaminação de origem fecal da água subterrânea é mínimo quando a espessura dos substratos não saturados abaixo da base das fossas é superior a 2m ou quando as cargas hidráulicas que provém destes sistemas de deposição local de efluentes não excedem 30mm/dia e as partículas do solo são inferiores a 1mm.

6.2.1 - Atividades Industriais

Foram cadastradas indústrias , de pequeno porte (30 funcionários), e indústrias de porte elevado (com 624 funcionários), cuja disposição espacial está representada na figura 6.4.

Figura 6.4 - Disposição das indústrias
Fonte (Secretaria da Indústria e do Comércio/RN, 1999)

A tabelas 6.1 indica o consumo de água nas indústrias, a tabela 6.2 e figuras 6.5 e 6.6 compreendem os volumes dos efluentes industriais. Em função do tipo de indústria foi definido o índice de contaminação potencial e considerando o volume de água utilizado foi caracterizada a categoria de perigo potencial de contaminação para as águas subterrâneas, seguindo a metodologia estabelecida por FOSTER & HIRATA (1991).

Entre as indústrias cadastradas, três foram consideradas de alto perigo potencial de contaminação para as águas subterrâneas, (tabela 6.3): LABORSIL, cujo principal tipo de contaminante envolvido é a matéria orgânica e orgânicos sintéticos (produtos farmacêuticos); NOVOGÁS, com perigo potencial de contaminação por matéria orgânica, hidrocarbonetos e orgânicos sintéticos (petróleo/gás); HENFIBRA, contaminação por orgânicos sintéticos (plástico/fibra de vidro). Os efluentes industriais são conduzidos para uma lagoa de estabilização situada nas imediações da CISAF E VICUNHA.

Tabela 6.1 – Consumo de água nas Unidades Industriais

Unidade Industrial	Manancial de Captação	Consumo de Água (m ³ /ano)	Drenagem de Efluentes Líquidos	Conteúdo dos Efluentes Líquidos
Vicunha	Poço Tubular	402.0844,00	Lagoa de Estabilização (CAERN)	Resíduo Orgânico
Henfibra	Poço Tubular	1.800,00	Fossa com Sumidouro	Resíduo Orgânico
Mastex	Poço Tubular	302.400,00	Lagoa de Estabilização (CAERN)	Resíduo Orgânico
Parmalat	Poço Tubular	268.800,00	Lagoa de Estabilização (CAERN)	Resíduo Orgânico
Guarap.Têxtil	Poço Tubular	364.792,78	Lagoa de Estabilização (CAERN)	Resíduo Orgânico
Antártica	Poço Tubular	4 x 10 ⁶	Lagoa de Estabilização (CAERN)	Não contém resíduos
Laborsil	Poço Tubular	8.448,00	Lagoa de Estabilização (CAERN)	Não contém resíduos
Coats	Poço Tubular	350.400,00	Lagoa de Estabilização (CAERN)	Resíduo Orgânico

Fonte: (CASTRO, 2000)

Tabela 6.2 - Volumes dos efluentes industriais registrados pela CAERN em 1996

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	m ³ /dia	m ³ /mês
VICUNHA	-	-	-	-	49.421	59.306	56.330	39.411	1.977	51.117
PARMALAT	7.446	7.268	7.703	7.013	8.895	9.895	11.105	10.874	370	8.775
MASTEX	1.645	4.491	2.594	2.594	1.762	5.094	8.188	4.837	273	3.900
GUARARAPES	16.519	4.026	16.059	16.059	9.720	12.073	17.255	14.308	575	12.779
ANTÁRTICA	34.435	50.457	51.460	51.460	42.218	53.503	43.200	47.210	1.783	46.056

Fonte: (CAERN, 1996)

Figura 6.5 - Produção média diária de efluentes industriais
Fonte: (CAERN, 1996)

Figura 6.6 - Produção média mensal de efluentes industriais
Fonte: (CAERN, 1996)

6.2.2 - Lagoa de Estabilização

Entre os processos de tratamento mais utilizados pela engenharia sanitária e ambiental em todo o mundo, pela sua eficiência e economia, têm-se destacado os sistemas de lagoas de estabilização.

Tabela 6.3 - Categoria de perigo potencial para as águas subterrâneas devido as atividades industriais

ID	Indústria	Atividade Industrial	Principal Contaminante	Índice de Contaminação Potencial	Uso da Água (m³/dia)	Perigo Potencial
1	Henfibra	Fibra de vidro Plástico	Orgânico Sintético	3	< 100	Alta
2	Laborsil	Farmacêuticos	Material Orgânico e Orgânicos Sintéticos	3	< 100	Alta
3	Novogás	Petróleo/gás	Material Orgânico, Hidrocarboneto, Orgânico Sintético	3	< 100	Alta
4	Vicunha	Têxtil	Material Orgânico e Orgânico Sintético	2	100 - 1000	Moderado
5	Mastex	Têxtil	Material Orgânico e Orgânico Sintético	2	100 - 1000	Moderado
6	Guararapes Têxtil	Têxtil	Material Orgânico e Orgânico Sintético	2	100 - 1000	Moderado
7	Coats	Têxtil	Material Orgânico e Orgânico Sintético	2	100 - 1000	Moderado
8	Parmalat	Alimento	Nutriente, Matéria Orgânica e Patógenos	1	100 - 1000	Moderado
9	Antártica	Bebida	Matéria Orgânica	1	> 1000	Moderado

Fonte: (CASTRO, 2000)

Normalmente essas lagoas tem um fundo impermeabilizado à um nível diferenciado, resultado da compactação do solo e da sedimentação, tais condições geralmente permitem infiltração equivalente a 10 - 20 mm/dia e, portanto, essas lagoas são uma causa freqüente de contaminação das águas subterrâneas.

De acordo com FOSTER & HIRATA (1991), nenhum material de custo razoável, disponível na atualidade, permanece impermeável por longos períodos, especialmente se as lagoas contém químicos corrosivos ou são submetidos a limpezas periódicas. Dessa forma espera-se que ocorra alguma fuga em lagoas revestidas, ainda que à taxas mais baixas que àquelas referidas anteriormente.

No curso inferior da bacia estudada existe um sistema de lagoas de estabilização nas imediações do Polo Industrial, que recebe efluentes das indústrias e nas suas proximidades foi construído um poço de monitoramento (figura 6.7), pela CAERN, para verificação e acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas.

O perfil litológico da sondagem até o nível da água (14,13 metros) apresenta uma seqüência de arenitos argilosos, o que permitiu caracterizar o local como sendo de vulnerabilidade moderada.

Figura 6.7 - Sistema de lagoas de estabilização do distrito industrial
 Fonte: (MELO, 1998)

Este poço de monitoramento foi submetido a bombeamento para a verificação da qualidade das águas e possíveis modificações hidroquímicas. Após 1 hora de bombeamento a condutividade elétrica foi de 325 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e após 4 horas de bombeamento a condutividade foi de 305 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O cloreto variou de 81 a 85 mg/L respectivamente. Estes valores quando comparados aos valores representativos da área 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para a condutividade e 10 mg/L para o cloreto, são considerados elevados. Os teores de nitrato obtidos foram baixos com valores de 2,1 mg/L com 1 hora de bombeamento e 1,8 mg/L com 4 horas de bombeamento.

6.2.3 - Expansão Urbana

Os efeitos impactantes do processo de urbanização manifestam-se muito lentamente e, assim sendo, com efeitos cumulativos, não observáveis diretamente e de difícil restauração.

Na bacia hidrográfica estudada existem atualmente três núcleos urbanos, referem-se a uma parte da cidade de Ceará Mirim, outra da cidade de Extremoz e alguns conjuntos habitacionais da Zona Norte de Natal, no setor leste da área em estudo.

MELO (1998) identificou o setor leste da área de estudo, à margem direita do rio Doce, como uma região de maior potencial hidrogeológico no âmbito da zona norte de Natal. Esta área, entretanto, muito embora possua alguns espaços pouco habitados, já encontra-se intensamente loteado para futuras ocupações, com riscos de degradação das águas subterrâneas.

6.2.4 - Outras fontes ou atividades potencialmente contaminantes

No domínio da bacia hidrográfica, principalmente nas proximidades das cidades de Ceará Mirim, Extremoz e Zona Norte de Natal, ocorrem outras fontes ou atividades potencialmente contaminantes das águas subterrâneas, destacando-se:

- Resíduos Sólidos
- Cemitérios
- Atividades agrícolas
- Postos de gasolina
- Poços sem proteção sanitária
- Cacimbas transformadas em fossas negras

6.2.4.1 - Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos de origem doméstica depositados na superfície do solo ou dispostos nos aterros sanitários tem sido causadores de contaminações das águas subterrâneas. Neste processo, que envolve a decomposição biológica dos resíduos, é produzido um líquido de coloração escura conhecido como chorume, o qual pode se infiltrar no terreno e atingir as águas subterrâneas, contaminando-as. O chorume contém, geralmente, um grande número de contaminantes orgânicos e inorgânicos que inclui compostos de nitrogênio e metais pesados.

Os riscos aumentam quando a deposição de resíduos sólidos é realizada em locais sob condições hidrogeológicas vulneráveis. Estes riscos tornam-se mais potencializados quando falta o controle e o gerenciamento dos depósitos. Acontece que em muitos casos, os resíduos industriais e hospitalares são colocados em áreas destinadas aos resíduos domésticos e na maioria dos casos isso ocorre clandestinamente dificultando uma avaliação precisa dos perigos de contaminação para as águas subterrâneas.

De acordo com os dados divulgados no Plano Estadual de Recursos Hídricos, (SERHID, 1998b) o destino dos resíduos sólidos domésticos do município de Extremoz compreende 19,8% de domicílios servidos pela coleta de lixo de 19,8%, os domicílios que tem o lixo queimado ou enterrado correspondem a 53,7% e aqueles cujo lixo é jogado representa 26,1%, e outras formas 0,4%. Na cidade de Ceará Mirim dos 10.126 domicílios, 46,6% tem o lixo coletado, 31,6% queimado ou enterrado, 6,0 % jogado fora e 15,8 % usam outros meios. Alerta-se para o fato de que atualmente o lixo considerado como “coletado”, nos municípios citados, é depositado sobre a superfície do solo a céu aberto. No que diz respeito aos municípios de São Gonçalo do Amarante, Taipu e Ielmo Marinho, o lixo é depositado fora da área de domínio da bacia do Rio Doce.

Parte da zona Norte de Natal, que está inserida na bacia estudada tem o lixo coletado e destinado ao parque de reciclagem e compostagem situado no bairro de Cidade Nova em Natal, bacia hidrográfica do Potengi.

6.2.4.2 – Cemitérios

Alguns trabalhos sobre os impactos ambientais de cemitérios em meios urbanos foram desenvolvidos no Estado de São Paulo, destacando-se: PACHECO (1986); PACHECO et

al. (1988); PACHECO & MENDES (1990); PACHECO et al. (1990); MARTINS et al. (1991) e PACHECO et al. (1992). De acordo com os respectivos estudos, a presença de cemitérios em meios urbanos podem provocar impactos físicos ao meio ambiente, entre estes o mais importante está no risco de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e por nitrato. A contaminação ocorre mediante a proliferação de microorganismos durante o processo de decomposição dos corpos. No domínio da bacia hidrográfica existem sete cemitérios, e em apenas um todos os cadáveres são dispostos em gavetas de concreto, os outros, 10 a 30% dos caixões são enterrados na areia.

6.2.4.3 - Atividade Agrícola

A caracterização dos impactos causados pela atividade agrícola nas águas subterrâneas ainda é uma das mais difíceis de ser avaliada. Até a década de 60, os agrotóxicos eram tidos como causadores de baixo impacto nos aquíferos. Com a atuação das instituições de controle ambiental em países europeus e norte americanos, iniciaram-se as campanhas de monitoramento das águas subterrâneas e foi constatado a contaminação dos aquíferos, com maior frequência, pela atividade agrícola.

Segundo HIRATA (1994), o uso de fertilizantes inorgânicos está se expandindo de forma bastante rápida nos países periféricos, no intuito de aumentar a produtividade agrícola. Assim, os solos, anteriormente pobres em nutrientes, passaram a conter excesso intermitente de sais, de compostos nitrogenados e de outros produtos que, mobilizados pelo excesso de água infiltrada, podem chegar a contaminar os aquíferos.

A caracterização do comportamento dos pesticidas deve considerar: umidade, temperatura, pH, matéria orgânica e argila do solo, em interação com os efeitos climáticos. Estes parâmetros têm influência direta na adsorção, volatilização e na fotodegradação, e de forma indireta nos processos de degradação microbiológicos, (HIRATA op.cit).

COHEN et al. (1984) destaca as seguintes características, para os pesticidas potencialmente contaminantes:

- solubilidade maior que 30ppm;
- Kd (coeficiente de partição) menor que 5;
- degradação na zona de raiz maior que 2 a 3 semanas; meia vida hidrolítica menor que 6 meses.

No domínio da área estudada, atualmente merecem destaque os plantios de cana de açúcar, compreendendo aproximadamente 20% do total da área da bacia, distribuídos no seu superior e médio curso; os projetos de irrigação de fruticulturas localizados entre os Rios do Mudo e Guajiru e as plantações hortigranjeiras desenvolvidas ao longo do rio Doce. Na tabela 6.4 estão resumidas as características dos principais fertilizantes agrícolas.

Tabela 6.4 - Resumo das características dos principais fertilizantes agrícolas

Tipo	Adsorção no Solo	Mobilidade no Solo		Transformação		Possíveis Contaminantes	
		Cátions	Ânions	Quím.	Biol.	Cátions	Ânions
De Nitrogênio							
Nitrato de Cálcio	baixo, s/e Ca	baixa	alta		*	NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
Salitre de Amônio	parcial s/e NH ⁺	baixa	alta		*	NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
Salitre de Sódio	baixa s/e Na	baixa	alta		*	NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
Salitre de Potássio	baixa s/e K	baixa	alta		*	NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
Salitre de Amônio e Cal	aumento NH ⁺	baixa	alta		*	NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
Sulfato de Amônio	parcial s/e NH ⁺	baixa	média		*	NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
Amoníaco Líquido	alta NH ⁺	baixa	alta	*		NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
Água amoniacal	parcial NH ⁺	baixa	alta	*		NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
Uréia	parcial NH ⁺	baixa	alta	*		NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
Cianamida Cálcica Uréia 50 amoníaco 50	parcial NH ⁺	baixa	alta	*		NH ⁺	NO ³⁻ , NO ⁻
De Fósforo							
Surfossato	muito alta	Extrema e baixa					HPO ⁺
Surfossato Granulado	muito alta	Extrema e baixa		*			HPO ⁺
Tri-Surfossato	muito alta	Extrema e baixa		*			HPO ⁺
Fossato Pulverizado	muito alta	Extrema e baixa		*			HPO ⁺
Pó de Thomas	muito alta	Extrema e baixa					HPO ⁺
Superfossato simples + Fossato Cru	muito alta	Extrema e baixa		*			HPO ⁺
De Potássio							
Cloreto de Potássio	baixa	baixa	alta			K	Cl
Cloreto de Potássio	baixa	baixa	baixa			K	Cl
Sulfato de magnésio							
Kainit	baixa	baixa	alta			k	Cl
Sulfato de Potássio	baixa	baixa	média			K	Cl
NPK combinado	aumentada	baixa	alta	*	*	K	NO ³⁻ , NO ⁻

Fonte: (VRBA & ROMIJN, 1986)

6.2.4.4 - Postos de Gasolina

A gasolina comporta-se como um contaminante complexo em subsuperfície, tendo em vista que todos os componentes físico-químicos, como densidade, viscosidade e composição química, tem relevância no processo de contaminação. A descontaminação natural da área atingida, por degradação biológica do contaminante, pode levar anos e a remediação requer uma caracterização detalhada e criteriosa do problema.

Estudos mostram que os tanques de armazenamento subterrâneo, construídos em chapa de aço, corroem e vazam num período médio de 20 anos a partir de sua instalação. OLIVEIRA et al. (1990) em estudos realizados no Estado de São Paulo, ressaltam os efeitos impactantes atribuídos a esses reservatórios e verificaram vários casos de poços contaminados por hidrocarbonetos devido a vazamentos nos tanques de combustível em consequência da ação corrosiva sobre estes depósitos.

Na área estudada existem hoje cerca de 10 postos de combustível, distribuídos principalmente no curso inferior da bacia hidrográfica, onde há maior tráfego de automóveis com destino às praias. A quantidade destas unidades de abastecimento, atualmente não é considerada um problema, mas existe um agravante, no que se refere ao tipo geológico dos locais onde estão instalados os postos de gasolina, pois o meio insaturado em determinados locais é constituído por areias das dunas, apresentando-se com elevadas taxas de infiltração, da ordem de 43%.

6.2.4.5 - Poços sem Proteção Sanitária e Cacimbas Transformadas em Fossas Negras

MELO (1998) faz referências a alguns poços do Sistema Público de Abastecimento de Água, na Zona Norte de Natal, que não apresentam proteção sanitária e em outros casos esta proteção é inadequada, o que pode facilitar a penetração de águas contaminadas no interior dos poços, através dos seus pré filtros. É o que ocorre no poço Pt-12 da Captação Pajuçara/Gramoré (CAERN), e alguns poços antigos da Fundação Nacional de Saúde (FNS), como por exemplo o caso do poço Pt-03, localizado no Conjunto Habitacional da Marinha na cidade de Extremoz. Também existem referências de casos de poços tipo cacimbão construídos inicialmente para captação de água e que hoje são utilizados como depósitos de efluentes domésticos, constituindo as “fossas negras” e gerando riscos de contaminação para as águas subterrâneas.

7.0 - SAÚDE PÚBLICA

Historicamente os aglomerados urbanos desenvolvem-se nas proximidades de rios, lagos e outros mananciais e, naturalmente a necessidade de saneamento se torna necessária em todas as relações do homem com o ambiente. Estas relações contemplam um único objetivo que é o de promover a saúde e conforto dos indivíduos, através das estruturas de controle de doenças e garantia da qualidade ambiental.

A falta de valorização das linhas de ações na área de saneamento tem gerado graves problemas na saúde do planeta. No mundo cerca de 500 milhões de pessoas sofrem de afecção transmitida pela água, 25 por cento dos leitos hospitalares de todo o mundo são ocupados por pacientes que sofrem de algum mal de veiculação hídrica.

Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (1996), (apud Secretaria de Saúde Pública do Estado do Rio Grande do Norte 1997), 80% das doenças que ocorrem nos países em desenvolvimento são ocasionadas pela contaminação da água e que, a cada ano, 15 milhões de crianças de 0 a 5 anos morrem direta ou indiretamente pela falta ou deficiência dos sistemas de abastecimento de águas e esgotos.

O Brasil apresenta atualmente uma situação crítica na área de saúde pública, segundo dados levantados por GARCIAS & NUCCI (1993). O país, ocupa o 70º lugar em esgotamento sanitário e segundo a Unicef, o 4º lugar em mortalidade infantil na América Latina, cujo coeficiente é de 64 óbitos por mil nascimentos. A Organização Mundial de Saúde (1996) (apud Secretaria de Saúde Pública do Estado do Rio Grande do Norte 1997), sugere uma taxa máxima de mortalidade infantil de 50 por mil nascidos vivos.

Enfim, a alta taxa de urbanização com o declínio nos investimentos no setor de saneamento conduz ao caos urbano, gerando para uma grande parte da população, condições subumanas de vida.

A origem da maior parte das doenças está na dependência quase exclusiva da poluição das águas. A incidência de doenças como verminoses, parasitoses, infecções intestinais repetidas, micoses, tifo e cólera está diretamente ligada à poluição e/ou contaminação hídrica. O mais agravante é o fato de que o preço a pagar pela ingestão de águas poluídas microbiologicamente é difícil de ser computado. O quadro 7.1 apresenta o resumo das doenças de veiculação hídrica e a figura 7.1 mostra o ciclo de contaminação viral no meio hídrico.

Quadro 7.1 - Doenças de veiculação hídrica.

DOENÇA	AGENTE ETIOLÓGICO	RESERVATÓRIO	MODO DE TRANSMISSÃO	PERÍODO DE INCUBAÇÃO	MEDIDAS DE PREVENÇÃO
Amebíase	E. histolytica	Homem	Transmissão anobucal para as formas vegetativas, através de alimentos, da água contaminada e de moscas para as formas císticas.	2 – 4 semanas	Água tratada, instalações sanitárias, remoção do lixo, controle de moscas, uso de filtros domésticos.
Ancilostomíase	Ancylostoma duodenale;	Homem, gato, cão	Contato com o solo contaminado por formas larvárias infectantes.	Variável (semanas ou meses)	Provisão de água e de instalações sanitárias, remoção do lixo.
Ascaridíase	lumbricoides	Homem	Ingestão de ovos infectantes contidos no solo e nos alimentos.	4 – 8 semanas	Provisão de água e de instalações sanitárias adequadas.
Cólera	Vibrio cholerae	Homem	Ocorre através de ingestão de água e alimentos contaminados com fezes ou vômitos de pacientes ou portadores do vibrião da cólera.	2 – 3 dias variando de poucas horas até 5 dias	Saneamento básico (água tratada, esgoto e remoção de lixo). Educação em saúde.
Esquistossomose	Schistosoma mansoni	Homem	Caramujos dulciaquícolas do gênero biomphalaria Constituem a fonte de infecção. Dá-se a transmissão indiretamente, quando as pessoas, principalmente durante o lazer em ambientes aquáticos, entram em contato com as cercarias eliminadas por planorbídeos.	1 – 2 meses	Instalações sanitárias adequadas, provisão de água em qualidade e quantidade. O nível de instrução e urbanização influem no seu controle.
Febre tifóide	Salmonella typhi	Homem	Água, leite e outros alimentos contaminados.	1 – 3 semanas	Saneamento básico. Pasteurização do leite. Cozimento adequado dos alimentos
Giardíase	Giardia lamblia	Homem, possivelmente alguns animais domésticos	Água e alimentos, mãos contaminadas com fezes contendo cistos de giardia.	7 – 10 dias podendo variar de 5 – 24 dias	Água potável para beber e em quantidade adequada para a higiene pessoal e limpeza doméstica. Uso de filtros e em casos especiais fervura da água.
Hepatite (A)	Vírus da hepatite A	Homem, chimpanzés	Água, leite, vegetais e outras contaminadas. Contato impessoal através da contaminação fecal-oral.	15 – 50 dias média de 28 – 30 dias.	Instalações sanitárias adequadas, água potável. Uso de imunoglobulina para os contatos familiares.
Poliomielite	Poliovírus 1, 2, 3	Homem	Indiretamente através da água contaminada especialmente onde o saneamento é precário. De modo direto, através das secreções oronasais.	3 – 35 dias média de 7 – 14 dias.	Imunização com a vacina oral polivalente.
Metahemoglobinemia	Nitrato > 45mg/L	Homem Fertilizantes químicos ou orgânicos	Água contaminada através de fossas, esgotos, poços tubulares construídos inadequadamente e da aplicação de fertilizantes químicos ou orgânicos nas culturas.		Saneamento básico e poços tubulares adequadamente construídos. Moderação na aplicação de fertilizantes.

Fonte: (ROUQUAYROL, 1993 modificado)

Figura 7.1 - Ciclo de contaminação viral do meio hídrico
Fonte: (CÉCCILLON, 1996)

A classificação tradicional das doenças relacionadas com a água compreendem dois grupos:

- doenças de transmissão hídrica: são aquelas em que a água atua como veículo do agente infeccioso. Os microorganismos patogênicos atingem a água através dos excretos humanos ou animais infectados, causando problemas principalmente no aparelho intestinal do homem. Essas doenças podem ser causadas por bactérias, fungos, vírus, protozoários e helmintos. O quadro 7.1, apresenta um resumo das características de algumas delas.

- doenças de origem hídrica: são causadas por determinadas substâncias químicas, orgânicas ou inorgânicas, presentes na água em concentrações inadequadas, em geral superiores às especificações nos padrões para águas de consumo humano. Estas substâncias podem existir naturalmente no manancial ou resultarem da poluição.

7.1 - Indicadores de Saneamento Básico na Bacia do Rio Doce

Os elementos componentes que interferem na qualidade e funcionalidade dos serviços urbanos de saneamento foram abordados à luz do Plano Estadual de Recursos Hídricos, restringindo-se apenas à cidade de Extremoz, tabela 7.1.

Tabela 7.1 - Principais Indicadores de Saneamento Básico, da cidade de Extremoz

População	14.941 hab.
Taxa de urbanização	54,7%
Estimativa de habitantes por domicílio	4,78 hab./dom
Domicílios com abastecimento inadequado	67,6%
Crianças de 0 - 6 anos com abastecimento de água inadequado	57%
Domicílios com canalização	32,4%
Abastecimento a partir de poços ou nascente sem canalização	16,2%
Fossas sépticas sem escoadouros	88,85
Domicílios servidos pela coleta de lixo	19,8%
Domicílios com lixo queimado ou enterrado	53,7%
Domicílios com lixo jogado	26,1%
Outra forma	0,4%

Fonte: (SERHID, 1998b)

O levantamento das doenças de veiculação hídrica na bacia hidrográfica em estudo, foi realizado junto à Secretaria de Saúde do Estado e à Fundação Nacional de Saúde (FNS). Na FNS foram levantados os dados relacionados a ocorrência de esquistossomose no período de 1976 a 1996, (tabela.7.2).

Tabela - 7.2 - Registros da ocorrência de esquistossomose na Bacia do Rio Doce, no período 1976 - 1996.

Localidade	Ano	Examinados	Casos Positivos	Prevalência (Pos./Exam)x 100
Carão	76	119	25	21,0
Carão	77	102	6	5,8
Carão	78	83	7	8,4
Carão	78	94	5	5,3
Carão	78	119	3	2,5
Carão	78	1.073	146	13,6
Carão	79	110	2	1,8
Carão	79	107	3	2,8
Carão	79	104	4	3,8
Carão	81	66		
Carão	82	134	1	0,74
Carão	83	132	2	1,5
Carão	84	199	2	1,0
Carão	85	242	2	0,8
Carão	86	197	19	9,6
Carão	87	192	16	8,3
Carão	89	247	15	6,0
Carão	90	235	8	3,4
Carão	92	275	4	1,4
Carão	94	186	2	1,0
Carão	95	245	1	
Conj. Estrela do Mar	86	1.500	18	1,2
Conj. Estrela do Mar	91	1.802	20	1,1
Conj. estrela do Mar	92	1.772	9	0,5
Conj. Estrela do Mar	89	485	10	2,0
Conj. Estrela do Mar	90	1.852	32	1,7
Gramoré	87	76	1	1,3
Gramoré	89	96	7	7,2
Gramoré	90	98	11	11,2
Gramoré	91	113	11	9,7
Gramoré	92	120	19	15,8
Gramoré	93	120	5	4,1
Gramoré	94	119	20	16,8
Gramoré	78	16	2	12,5
Gramoré	79	85	2	2,3
Gramoré	79	3		
Gramoré	80	125	7	5,6
Gramoré	81	126	2	1,5
Gramoré	82	112		
Gramoré	83	119	4	3,3
Gramoré	84	143	11	7,6
Gramoré	85	103	6	5,8
Gramoré	86	95	15	15,7
Guajiru	78	15	2	13,3
Guajiru	78	12	3	25,0
Guajiru	79	76	19	25,0
Guajiru	80	32	4	12,5
Guajiru	81	71	9	12,6
Guajiru	82	62	3	4,8

(Continua)

Guajiru	83	61		
Guajiru	84	73		
Guajiru	85	45	3	6,6
Guajiru	86	41	3	7,3
Guajiru	87	71	13	18,3
Guajiru	89	71	10	14,0
Guajiru	90	53	3	5,6
Guajiru	91	78	5	6,4
Guajiru	92	76	4	5,2
Guajiru	94	63	10	15,8
Lagoa Azul	78	16		
Lagoa Azul	79	47	1	2,1
Lagoa Azul	80	31		
Lagoa Azul	81	28		
Lagoa Azul	82	42	1	2,3
Lagoa Azul	83	26		
Lagoa Azul	84	53	4	7,5
Lagoa de Extremoz	76	922	158	17,1
Lagoa de Extremoz	78	22	3	13,6
Lagoa de Extremoz	79	87	16	18,3
Lagoa de Extremoz	80	40	11	27,5
Lagoa de Extremoz	80	1.018	25	2,4
Lagoa de Extremoz	81	67	2	2,9
Lagoa de Extremoz	81	257	3	1,1
Lagoa de Extremoz	82	70	3	4,2
Lagoa de Extremoz	83	89	1	1,1
Lagoa de Extremoz	84	223	20	8,9
Lagoa de Extremoz	84	111	5	4,5
Lagoa de Extremoz	85	328	8	2,4
Lagoa de Extremoz	85	96	3	3,1
Lagoa de Extremoz	86	97	11	11,3
Lagoa de Extremoz	87	78	10	12,8
Lagoa de Extremoz	87	1.273	110	8,6
Lagoa de Extremoz	89	99	7	7,0
Lagoa de Extremoz	89	1.012	58	5,7
Lagoa de Extremoz	90	1.564	86	5,4
Lagoa de Extremoz	90	99	16	16,1
Lagoa de Extremoz	91	88	16	18,1
Lagoa de Extremoz	91	1.770	54	3,0
Lagoa de Extremoz	92	85		
Lagoa de Extremoz	92	1.898	41	2,1
Lagoa de Extremoz	94	113	15	13,2
Lagoa de Extremoz	94	1.948	20	1,0
Lagoa de Extremoz	86	1.250	169	13,5
Passagem da Vila	77	62	11	17,7
Passagem da Vila	76	271	82	30,2
Passagem da Vila	78	55	1	1,8
Passagem da Vila	79	77	1	1,2
Passagem da Vila	79	58	4	6,8
Passagem da Vila	79	282	19	6,7
Passagem da Vila	80	126	1	0,7
Passagem da Vila	81	108	1	0,9

(Continua)

Passagem da Vila	82	319	6	1,8
Passagem da Vila	83	332	5	1,5
Passagem da Vila	84	415	2	0,4
Passagem da Vila	85	154	2	1,2
Passagem da Vila	86	159	2	1,2
Passagem da Vila	87	137	2	1,4
Passagem da Vila	89	125	3	2,4
Passagem da Vila	90	144	3	2,0
Passagem da Vila	91	151	4	2,6
Passagem da Vila	92	141		
Passagem da Vila	94	148	3	2,0
Ponta Francesa	76	106	31	29,2
Ponta Francesa	77	12		
Ponta Francesa	78	23		
Ponta Francesa	79	25		
Ponta Francesa	79	112	9	8,0
Ponta Francesa	79	24		
Ponta Francesa	80	59	1	1,6
Ponta Francesa	81	21		
Ponta Francesa	82	121	4	3,3
Ponta Francesa	83	111	12	10,8
Ponta Francesa	84	144		
Ponta Francesa	85	48	6	12,5
Ponta Francesa	86	56	6	10,7
Ponta Francesa	87	58	2	3,4
Ponta Francesa	87	59	7	11,8
Ponta Francesa	89	118	12	10,1
Ponta Francesa	90	165	12	7,2
Ponta Francesa	90	69	1	1,4
Ponta Francesa	91	160	8	5,0
Ponta Francesa	91	63	2	3,1
Ponta Francesa	92	85	1	1,1
Ponta Francesa	92	169	2	1,1
Ponta Francesa	94	156	5	3,2
Ponta Francesa	94	64	1	1,5
Ponta Grossa	77	119	53	44,5
Ponta Grossa	78	11		
Ponta Grossa	78	12		
Ponta Grossa	79	54	2	3,7
Ponta Grossa	79	97	21	21,6
Ponta Grossa	80	34		
Ponta Grossa	80	58	1	1,7
Ponta Grossa	81	42	9	21,4
Ponta Grossa	81	55	5	9,0
Ponta Grossa	82	128	3	2,3
Ponta Grossa	82	87	2	2,2
Ponta Grossa	83	126	6	4,7
Ponta Grossa	83	87		
Ponta Grossa	84	106	16	15,0
Ponta Grossa	84	158	49	31,0
Ponta Grossa	85	173	41	23,6
Ponta Grossa	85	109	20	18,3

(Continua)

Ponta Grossa	86	135	62	45,9
Ponta Grossa	86	106	39	36,7
Ponta Grossa	87	79	17	21,5
Ponta Grossa	87	138	51	36,9
Ponta Grossa	89	96	10	10,4
Ponta Grossa	89	136	36	26,4
Ponta grossa	90	149	24	16,1
Ponta Grossa	90	70	5	7,1
Ponta Grossa	91	149	16	10,7
Ponta Grossa	91	92	8	8,6
Ponta Grossa	92	136	12	8,8
Ponta Grossa	92	78	7	8,9
Ponta grossa	93	159	8	5,0
Ponta Grossa	93	62	1	1,6
Ponta Grossa	94	133	16	12,0
Ponta Grossa	94	74	3	4,0

Fonte: (FNS)

Na Subcoordenadoria de Notificação Compulsória e Agravos Específicos da Secretaria de Saúde do Estado do Rio Grande do Norte, foram levantados os dados relacionados à ocorrência de febre tifóide, hepatite viral, cólera e esquistossomose, conforme as tabelas 7.3 e 7.4.

Tabela 7.3 - Casos notificados de doenças de veiculação hídrica na bacia do rio Doce, no período de 1989 a março de 1991

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	março 1999	Total
Febre tifóide	01	01	02	-	01	-	-	-	-	-	-	05
Hepatite viral	-	-	-	-	64	76	40	46	117	94	07	444
*Esquistossomose									29	34	05	68

Fonte (Secretaria de Saúde do Estado do Rio Grande do Norte)

Tabela 7.4 - Casos confirmados de doenças de veiculação hídrica na bacia do rio Doce, no período de 1992 a março de 1999

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	março/1999	Total
Cólera	66	101	154	-	02	-	-	-	323
Hepatite viral	-	-	-	-	-	09	23	01	33
*Esquistossomose						28	34	05	67

Fonte: (Secretaria de Saúde do Estado do Rio Grande do Norte)

7.2 - Esquistossomose

A esquistossomose é uma doença parasitária produzida por esquistossoma (trematódeo), na qual as larvas adultas, macho e fêmea, vivem nas veias mesentéricas e/ ou vesiculares do hospede durante vários anos. A sintomatologia depende da localização do

parasita. Os efeitos patológicos são as complicações derivadas da infecção crônica: fibrose hepática e hipertensão portal. As larvas de algumas outras espécies de esquistossomo de aves e mamíferos podem penetrar na pele humana e produzir uma dermatite conhecida como “prurido dos nadadores”. O agente infeccioso é o *Schistosoma mansoni* e *Schistosoma Japonicum*.

No período de 1976 a 1996 a Fundação Nacional de Saúde registrou no município de Extremoz 2.267 casos positivos de esquistossomose, tabela 7.2.

A figura 7.2 mostra o comportamento da ocorrência dos casos positivos de esquistossomose nas diversas localidades nas proximidades da lagoa de Extremoz.

Figura 7.2 - Casos de ocorrência de esquistossomose na Bacia do rio Doce
Fonte: (FNS, 1976 a 1996)

7.3 - Hepatite Viral

A hepatite viral é uma infecção sistêmica aguda que afeta, predominantemente, o fígado e se apresenta sob duas formas devidas a agentes etiológicos estreitamente relacionados, mas distintos, conhecidos, respectivamente como vírus A e B. O tipo A é conhecida como hepatite infecciosa ou epidêmica, pode ser transmitida ao homem por via oral ou parenteral e o tipo B é transmitida apenas por via parenteral.

A hepatite viral tipo A pode ocorrer tanto sob forma esporádica como epidêmica e compreende um período de incubação variável, entre duas a seis semanas. Ocorre particularmente sob condições de má higiene, em mananciais de águas contaminadas por fezes. As ocorrências se dão principalmente em acampamentos de verão, parques muito

freqüentados em certas estações do ano ou aglomerados de pessoas em abrigos de inverno e balneários onde não existam condições sanitárias adequadas. Caracteriza-se por distúrbios digestivos e comprometimento do estado geral.

Na bacia do rio Doce foram notificados 444 casos no período de 1993 a março de 1999, tendo sido confirmados 33 casos no período de 1997 a março de 1999, (tabelas 7.3 e 7.4). A figura 7.3 mostra o comportamento dos casos notificados de hepatite viral no período de 1993 a março de 1999.

Figura 7.3 - Casos notificados de hepatite viral no período de 1993 a 1996.

Fonte: (Secretaria de Saúde do Estado do RN).

7.4 - Cólera

A cólera é uma enfermidade aguda, diarréica, provocada por uma infecção intestinal através da bactéria *Vibrio cholerae*. A infecção geralmente é benígna e assintomática, as vezes, pode ser grave. Aproximadamente uma de cada 20 pessoas infectadas pode ter a enfermidade em estado grave, caracterizada por diarréia aquosa profunda, vômitos e intensa depleção salina. Nestas pessoas, há uma perda rápida de líquido corporal e leva a desidratação e a prostração. Sem tratamento adequado, pode ocorrer a morte em questão de algumas horas.

A cólera tem sido pouco freqüente nos países desenvolvidos durante os últimos 100 anos; no entanto esta enfermidade é comum em outras partes do mundo, incluindo os países da América Latina, o sul do Saara na África e a Índia.

Nos Estados Unidos, a cólera foi comum nos anos 1800, pois foi praticamente eliminado graças aos modernos sistemas sanitários e de tratamento de água. Atualmente os poucos casos confirmados no país se deve ao fato das pessoas contraírem a cólera durante viagens para a América Latina, África ou Ásia.

LÓPEZ (1998) descreveu o comportamento da cólera no Peru, com base nos dados do Sistema de Vigilância deste país, abrangendo casos hospitalizados de óbitos por semanas epidemiológicas. Foram também incluídos, neste estudo, resultados de trabalhos realizados durante a epidemia com o objetivo de identificar fatores de risco. As informações foram analisadas segundo características do tempo, espaço e pessoa. A incidência e as taxas de mortalidade e de letalidade dos casos hospitalizados foram analisadas por semanas epidemiológicas, referentes ao período de 1991 a 1993. Os estudos constataram que a disseminação da cólera pelo território peruano esteve relacionada com fatores sociais, culturais, econômicos e geográficos.

As curvas epidêmicas analisadas indicaram as formas de transmissão predominantes e possíveis fatores associados: consumo de água contaminada, consumo de frutas ou verduras sem cuidados de higiene, consumo de alimentos distribuídos por vendedores ambulantes, consumo de gelo produzido com água contaminada e costumes relativos às formas de elaborar alimentos no domicílio. Identificou-se como fatores de proteção, ferver a água e o tipo de serviço de fornecimento de água intra-domiciliar.

Na bacia do Rio Doce foram registrados e confirmados 323 casos no período de 1992 a 1996.

Figura 7.4 - Casos confirmados de cólera no período de 1992 a 1996.

Fonte: (Secretaria de Saúde do Estado do RN)

7.5 - Febre Tifóide

A febre tifóide é uma infecção sistêmica desenvolvida através da ingestão de água, leite ou alimentos contaminados por fezes infectadas pela *Salmonella typhosa* que reside apenas no homem e é perpetuada na natureza pela sua transmissão a pessoas sadias, por

doentes ou portadores. É um axioma epidemiológico que, para cada surto ou caso esporádico de febre tifóide deve haver um portador.

A incidência de febre tifóide nos E.U.A. declinou no último século, devido principalmente ao controle da atividade dos portadores, e a melhoria do suprimento de água e dos serviços de esgotos. Grandes epidemias sucederam na década de sessenta na Suíça e Grã-Bretanha, acentuando a capacidade de disseminação devido as deficiências nos serviços de saneamento.

De acordo com as informações prestadas pela Secretaria de Saúde do Estado foram cinco os casos notificados de febre tifóide no período de 1989 a 1993.

7.6 - Patogenicidade do Íon Nitrato

A patogenicidade das águas contendo elevados teores de nitrato, é maior nas crianças na faixa etária de 0 a 6 meses, segundo CATALAN (1981) (apud FIGUEREDO et al. 1992). A explicação para essa susceptibilidade é que no meio gástrico das crianças prolifera uma flora bacteriana redutora, a qual propicia a redução de NO_3^- para NO_2^- . A sintomatologia dessa contaminação caracteriza-se por cianose (cor azulada da pele), cefaléia, vertigens e taquicardia. Constatou-se que os adultos são menos vulneráveis a metahemoglobinemia que as crianças. Porém há ainda a possibilidade da reação dos nitritos com aminas nos intestinos, produzindo nitrosaminas que são substâncias carcinogênicas.

A abordagem da presença do nitrato nas águas subterrâneas da bacia do rio Doce, (capítulo 5, Item 5.2.3), mostra que os teores de nitrato crescem a partir de um nível geral de base de 10 mg/L na parte leste da área, em direção aos conjuntos habitacionais da zona norte de Natal, atingindo valores da ordem de 80mg/L (NO_3^-). Na parte oeste da bacia onde concentram-se cacimbões de profundidades (14 metros), as concentrações de nitrato atingem 55,09 mg/L.

7.7 Saúde Pública no Contexto do Gerenciamento dos Recursos Hídricos

A questão do gerenciamento dos recursos hídricos não pode limitar-se apenas aos aspectos quantitativos e qualitativos das águas, mas deve incluir a promoção da saúde pública no que se refere ao controle e prevenção das doenças de veiculação hídrica.

Saúde Pública é a ciência e a arte de prevenir as doenças, prolongar a vida, promover a saúde e a eficiência física e mental, mediante esforços organizados da

comunidade. ROUQUAYROL (1993), analisando o enfrentamento das questões da saúde pública enfatiza: a prevenção deve começar ao nível das estruturas políticas e econômicas. As ações dos especialistas da saúde só são eficientes a partir do momento em que as situações sócio-político-econômicas estão corrigidas. Em sua análise, a autora comenta o texto de Rossi Doria, médico italiano que em 1904 já pregava a indissociabilidade da ação política e da ação sanitária, assim dizia o texto: “o que é que pode fazer um individuo isolado para defender-se de um ambiente que o ameaça continuamente de todo lado”?

Na bacia em questão, especificamente no seu curso inferior foram diagnosticados alguns casos de doenças de veiculação hídrica como: esquistossomose, cólera, febre tifóide e hepatite viral. Também foi constatado que o potencial hídrico subterrâneo, do curso inferior da bacia, está fortemente submetido aos efeitos impactantes da falta de saneamento, cujas conseqüências já se faz presente nas águas de alguns poços tubulares, onde os teores de nitrato já ultrapassam 45 mg/L, limite estabelecido pela Organização Mundial de Saúde.

Considerando que a respectiva bacia já detém um dos pólos industriais mais promissores e com tendência a se expandir nos próximos anos, consequentemente acompanhado de uma crescente urbanização, além do desenvolvimento turístico é imprescindível que ao se fazer gerenciamento dos recursos hídricos se inclua a componente saúde pública.

O reconhecimento da complexidade da situação no Brasil, tanto em relação aos problemas de saúde da população (perfil epidemiológico) quanto àqueles referentes ao sistema de saúde, não significa uma impossibilidade absoluta de enfrentá-la. As intervenções necessárias para a melhoria dos níveis sanitários e para a garantia do acesso oportuno aos serviços de saúde dependem de medidas técnicas e administrativas, porém exigem mudanças de ordem econômica, política e cultural. Consequentemente, o enfrentamento da situação de saúde requer intervenções setoriais no âmbito da organização dos serviços de saúde e extra setoriais, que envolvam outros setores, tais como educação, agricultura, habitação, recursos hídricos, saneamento e outros, (CNS, 1987).

A reforma sanitária constitui uma proposta abrangente de mudança social no Brasil e , ao mesmo tempo, um processo de transformação da atual situação sanitária (AROUCA, 1988). A proposta da reforma sanitária foi gestada ao longo das últimas décadas a partir de críticas e estudos referentes ao sistema de saúde vigente e através de movimentos sociais envolvendo estudantes, profissionais de saúde, docentes, pesquisadores, sindicatos de trabalhadores e associações de moradores (PAIM (1993) apud ROUQUAYROL 1993).

Em 1986, os princípios e diretrizes da reforma sanitária foram sistematizados na 8ª Conferência Nacional de Saúde (CNS, 1987), destacando-se os seguintes elementos:

- conceito ampliado de saúde;
- reconhecimento de saúde como direito de todos e dever do Estado;
- sistema único de saúde;
- participação popular;
- constituição e ampliação do orçamento social.

Esta nova concepção possibilitaria intervenções específicas no âmbito do sistema de serviços de saúde, além de exigir medidas mais amplas extra setoriais. Apesar de certos avanços alcançados na legislação e em experiências localizadas e descentralizadas de saúde a reforma sanitária tem encontrado grandes resistências para a sua concretização (ROUQUAYROL, 1993)

No Brasil, convivem de forma contraditória ou complementar o modelo “assistencial sanitarista” e o modelo médico “assistencial privatista”.

O primeiro corresponde à Saúde Pública tradicional que não contempla a totalidade da situação de saúde, isto é, concentra sua atenção no controle de certos agravos ou em determinados grupos supostamente em risco de adoecer. Geralmente deixam de se preocupar com os problemas do sistema de saúde e com os determinantes mais gerais da situação sanitária. PAIM (1993) apud ROUQUAYROL (1993), analisando este modelo concluiu que muitas vezes as campanhas de saúde pública aparentam uma operação militar visando ao combate de uma epidemia (cólera por exemplo). É quase um trabalho do tipo “apagar incêndio”.

Diante desta problemática vêm sendo propostos e elaborados, modelos assistenciais alternativos visando a integralidade da atenção e ao impacto sobre os problemas de saúde. Essas experiências localizadas iniciaram-se com a implantação do SUDS em alguns estados, como Bahia, São Paulo, Rio Grande do Norte, entre outros, através da organização de distritos sanitários. Na verdade, estes modelos requerem uma mudança na organização e funcionamento de instituições. PAIM (1993) apud ROUQUAYROL (1993), sugere que as secretarias de saúde não deveriam concentrar seus esforços apenas na oferta de serviços para os usuários que constituem a “demanda espontânea”, mas deveriam atentar fundamentalmente para as necessidades de saúde da população num dado “território” e para o impacto sobre as mesmas. É dentro desta visão que a problemática da Saúde Pública, relacionada às doenças de veiculação hídrica, precisa ser analisada diante dos órgãos responsáveis pela saúde, pelos

recursos hídricos e pela qualidade ambiental. Com essa visão, propõe-se que o gerenciamento das águas da Bacia do Rio Doce adote o denominado “território”, como sendo a bacia hidrográfica a unidade de gerenciamento para as doenças de veiculação hídrica.

A qualidade física e química das águas dependem de diversos fatores, tais como aspectos geológicos, estruturais e do comportamento da drenagem da bacia hidrográfica. Quanto aos aspectos bacteriológicos, microbiológicos e da presença de elementos tóxicos, nas águas, estes fatores estão fortemente ligados ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica. Neste sentido é de se esperar que os tipos de doenças de veiculação hídrica também estejam associados ao comportamento de uma determinada bacia hidrográfica. Por exemplo, no caso da bacia do rio Doce a incidência de esquistossomose foi diagnosticada no curso inferior da bacia, devido a presença das lagoas e vales úmidos. Na montante da bacia onde existe escassez de água as doenças persistentes são transmitidas pelas verminoses devido à falta de água para a higiene. Desta forma, o gerenciamento dos recursos hídricos de uma determinada bacia, deve contemplar uma visão holística com ações localizadas.

ROUQUAYROL (1993) define espaço geográfico como sendo uma determinada porção localizada da superfície terrestre, constituídas pelas rugosidades, águas correntes e estanques, solo, clima, fauna e flora, ocupada, modificada e organizada por uma população socialmente estruturada, acrescida dos resultados objetivos da intervenção do homem no decurso da história. Os elementos do espaço geográfico que se põem ao observador constituem a paisagem. Assim, a paisagem nada mais é do que o reflexo do espaço. Seu aspecto, a um dado momento, é resultante da confluência das seguintes contribuições essenciais: (i) dos condicionantes básicos, físicos, químicos e morfológicos, formadores do substrato abiótico; (ii) da existência e dinamismo do componente biótico formado pela flora e pela fauna; (iii) da atuação do homem em decorrência de suas necessidades sociais e econômicas.

São vários os estudos de investigação epidemiológica nos quais os autores procuram evidenciar associações significativas entre incidência ou prevalência de doenças, e com variáveis ambientais (localização, relevo, hidrografia, solo, clima, vegetação e fauna).

No modelo atual, baseado na “demanda espontânea”, o sistema de saúde, espera que um indivíduo com esquistossomose por exemplo, sinta “algo errado em sua saúde” e tenha a iniciativa de procurar um serviço que se disponha a atendê-lo. Nessa nova perspectiva estará se implantando um modelo que contemplará a integralidade do indivíduo com o meio ambiente e que tem como princípio básico a prevenção das doenças de veiculação hídrica, em que os problemas deverão ser identificados nas comunidades através de um trabalho conjunto

com as associações de usuários dos recursos hídricos. A conscientização dos usuários em relação ao uso dos recursos hídricos deverá ser de uma forma holística, ou seja, o usuário deve ter uma visão de como usar a água como recurso natural de valor econômico e tê-la como um veículo de saúde.

Dentro deste contexto pensar globalmente e agir localmente através das associações dos usuários dos recursos hídricos em parceria com o setor de saúde pública e o setor de saneamento poderá ser um forte instrumento para enfrentar as questões relacionadas a esta problemática.

Nessa perspectiva as sugestões para o gerenciamento dos recursos hídricos considera a componente saúde pública parte deste modelo.

Sendo assim, apresenta-se como sugestão que o trabalho a ser desenvolvido pelo órgão gestor dos recursos hídricos através da Associação dos Usuários dos Recursos Hídricos, aborde principalmente a importância e a necessidade do saneamento, para que os usuários dos recursos hídricos da referida bacia hidrográfica se conscientizem de tal necessidade e passem a cobrar do poder público e/ou dos respectivos setores a existência destes serviços. Cabe à comunidade questionar se suas instituições sociais e econômicas são favorecedoras de saúde ou de doença. No entanto, diante da falta de conhecimento, de educação e acesso às informações as comunidades carentes não estão preparadas para possuir esta visão.

Dentro deste contexto propõe-se que a associação dos usuários dos recursos hídricos em conjunto com os setores envolvidos nas questões de saúde pública, desenvolvam trabalhos educacionais a nível de bacia hidrográfica, aplicando a educação ambiental, o conhecimento do comportamento dos corpos d'água da bacia e o acompanhamento da incidência das doenças de veiculação hídrica na região em apreço.

No caso específico da Bacia do Rio Doce, será de grande relevância, que seja realizado um trabalho desse tipo, com a participação das comunidades. A bacia apresenta excelentes condições para a implantação de um modelo experimental dessa natureza. Possui uma área relativamente pequena em relação as outras bacias, (338 km², equivalente a 0,64 % da superfície do estado), tornando mais fácil o gerenciamento dessas questões. Apresenta um comportamento hidrogeológico e do uso e ocupação do solo bastante diversificados. É uma bacia, que do ponto de vista sócio-econômico, é considerada uma das mais promissoras do estado, pois detêm um dos pólos industriais mais importantes e está inserida na rota "litoral norte", onde o desenvolvimento turístico está em ascensão.

Com base na realidade sócio-econômica da bacia, sugere-se que este trabalho tenha raízes nas escolas da região. Os professores participantes deste projeto, serão

devidamente orientados e acompanhados por equipes técnicas dos órgãos responsáveis pelas questões da saúde pública e da gestão dos recursos hídricos.

Este trabalho poderá ser realizado em três domínios da bacia, tendo em vista a variação climática, as diferenças de uso e ocupação do solo nestes domínios. Portanto, poderão ser envolvidas três equipes: para os cursos superior, médio e inferior da bacia. O intuito maior deste trabalho será de envolver a escola, que orientará o usuário dos recursos hídricos a entender o comportamento dos corpos d'água e suas inter-relações e a partir daí sedimentar a conscientização do uso dos recursos hídricos como veículo de saúde. Os resultados deste projeto deverão ser permanentemente divulgados para todos os usuários da bacia através da associação dos usuários. Neste sentido, este trabalho deverá ter continuidade, de modo que à medida que uma determinada equipe conclua um ciclo de monitoramento, deverá de imediato repassar os trabalhos para outra equipe dar continuidade ao projeto. O conhecimento do comportamento dos corpos d'água compreenderá o acompanhamento dos níveis das águas superficiais e subterrâneas e da qualidade física e química das águas. Em conjunto com o setor de saúde deverão ser efetuadas as análises microbiológicas para auxiliar no diagnóstico e prevenção das doenças de veiculação hídrica. As equipes técnicas do setor de saúde em conjunto com o órgão gestor dos recursos hídricos deverão fazer um criterioso acompanhamento principalmente dos casos de verminoses, esquistossomose, hepatite viral e cólera, realizando estudos que compreendam o cruzamento das informações sobre a incidência das doenças e dos dados do monitoramento dos corpos d'água da bacia. Os resultados deste projeto deverão ser divulgados a nível regional, como "modelo experimental" e a partir daí ser implementado nas outras bacias hidrográficas cuja realidade é mais complexa.

Com esta visão, a aplicação deste modelo de gerenciamento integrado dos recursos hídricos, estará propiciando valiosa contribuição na promoção da saúde, por se enquadrar na prevenção primária, ou seja: possibilitar a prevenção que se faz com a intercepção dos fatores pré-patogênicos, que inclui os seguintes fatores relacionados ao meio ambiente e conseqüentemente aos recursos hídricos:

- Promoção de Saúde: educação sanitária, água com qualidade e quantidade adequada.
- Proteção Específica –saneamento básico (tratamento da água, esgotos e lixo) e higiene pessoal e do lar.

O quadro 7.2, representa a história natural e prevenção de doenças, com base em LEAVEL & CLARK (1976).

Quadro 7.2 - História natural e prevenção de doenças

Fonte: (LEAVEL & CLARK, 1976)

8.0 – APROVEITAMENTO, USOS, DEMANDA E OFERTA DOS RECURSOS HÍDRICOS

8.1 Aproveitamento

O aproveitamento dos recursos hídricos na bacia do rio Doce, é expressivo no curso inferior através da captação das águas da lagoa de Extremoz e do sistema aquífero Dunas/Barreiras.

Na lagoa de Extremoz, à margem esquerda, (figura 8.1), a captação adentra aproximadamente 140 metros, onde uma torre de concreto armado abriga os conjuntos elevatórios constituídos por três bombas do tipo centrífugas de eixo vertical, acionadas por motor elétrico de 200CV. As bombas estão imersas na lagoa, onde se dá a sucção da água bruta aduzindo até a estação de tratamento (ETA), através de tubulação de ferro fundido de 800 milímetros de diâmetro e aproximadamente 950 metros de comprimento. Cada bomba tem capacidade para aduzir uma vazão de 333l/s e segundo informações da CAERN, (agosto de 1999), é captado atualmente um volume de 634 l/s equivalente a $20 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

A Estação de Tratamento é do tipo convencional composta das unidades de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Passado pelo processo de tratamento a água é conduzida ao reservatório localizado nos domínios da ETA, ligando-se ao poço de sucção da estação elevatória de água tratada, onde nove conjuntos motor-bomba fazem a adução para os reservatórios de distribuição nos bairros da zona norte de Natal. No laboratório são realizados os controles de qualidade, cor, turbidez, cloro residual, pH e oxigênio consumido.

Quanto ao aproveitamento das águas subterrâneas, é realizado através de poços tubulares profundos e de poços amazonas. Entre os 275 pontos de captação de água subterrânea cadastrados, 188 são poços e 87 são poços amazonas, (figura 8.2).

Os pontos cadastrados concentram-se principalmente nos municípios de Extremoz (38%) e São Gonçalo do Amarante (24%). Nos municípios de Natal e Ceará Mirim compreendem respectivamente 16% e 17% dos pontos. Os 5% restantes encontram-se distribuídos na montante da bacia entre os municípios de Ielmo Marinho (4%) e Taipu (1%), (figura 8.3).

A forma da distribuição espacial a nível de bacia hidrográfica dos pontos cadastrados, figura 8.4, apresenta-se indicando uma forte relação com as características hidrogeológicas e sócio-econômicas da região. De modo que, à montante da bacia, onde predominam as rochas do embasamento cristalino, a quantidade de poços é significativamente

Figura 8.1 - Localização da captação da CAERN na Lagoa de Extremoz
Fonte: (CASTRO, 2000)

inferior, havendo uma maior predominância de cacimbões, que são construídos em coberturas sedimentares e aluvionares com profundidades médias de 14 metros, com uso especificamente para consumo humano. As informações sobre as estruturas hídricas cadastradas (poços tubulares e cacimbões), indicaram que as vazões explotadas neste setor variam entre 0,5 a 3,0 m³/h.

Figura 8.2 – Relação entre poços e cacimbões cadastrados
Fonte: (CASTRO, 2000)

Figura 8.3 - Situação dos poços cadastrados nos municípios inseridos
Fonte: (CASTRO, 2000)

No médio curso, onde as características hidrogeológicas são diferentes, por se constituírem de maiores espessuras sedimentares e por haverem trechos dos rios perenizados, o número de poços tubulares é superior aos cacimbões. Consequentemente as obras de captação apresentam maiores variações nas suas profundidades, dependendo dos locais onde foram construídos, de modo que estas variações oscilam entre 8 a 30 metros nos cacimbões e de 30 a 130 metros nos poços tubulares, com usos destinados ao consumo humano e atividades agrícolas. As vazões explotadas neste setor compreendem a faixa de 3,0 a 20m³/h.

No baixo curso da bacia, devido a existência dos corpos de águas superficiais (rios e lagoas) e do expressivo potencial do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras os projetos das obras de captação e dos usos de água são mais diversificados. Nas proximidades dos rios e lagoas normalmente são construídos cacimbões, com profundidades de 1,0 a 8 metros, exceto quando se trata de hotéis, áreas de lazer, ou projetos de irrigação. Nestes casos os poços tubulares apresentam profundidades de até 70 metros com média de 50 metros. As vazões explotadas no curso inferior da bacia variam de 5,0 m³/h nas granjas e balneários a 120 m³/h nas áreas industriais.

De um modo geral os poços tubulares são perfurados com diâmetros de 10 ou 14 polegadas e diâmetro de revestimento que varia de 4,0 a 8,0 polegadas. A altura média da boca em relação a cota do terreno é de 0,50 metro. Normalmente são revestidos com tubos geomecânicos e em alguns casos com ferro galvanizado. Os filtros são do tipo geomecânico ou inoxidáveis e apresentam pré-filtro. As figuras 8.5 a 8.8, representam os perfis construtivos e litológicos dos poços das unidades industriais e dos sistemas de abastecimento público.

8.2 – Usos

O cadastro dos poços e usuários de água indicou, basicamente a existência de três usos: humano, industrial e irrigação. A lagoa de Extremoz é usada principalmente para o abastecimento público e atende parte do consumo da indústria COTENE localizada fora do domínio da bacia do rio Doce. Quanto ao uso dos poços tubulares e cacimbões, constatou-se que 76% são utilizados restritamente para uso humano, 15% para o uso industrial e 9% para irrigação, como pode ser visualizado na figura 8.9.

No que se refere ao perfil dos usuários dos poços tubulares atualmente ativados, (total de 171), 60% são de particulares, 24% são gerenciados pelos serviços de abastecimento público (SAAE e CAERN) e 16% pelas indústrias, (figura 8.10).

8.2.1 – Abastecimento Público

Dos seis municípios inseridos na bacia do rio Doce, dois entre estes têm seu sistema de abastecimento público de água efetuado através das bacias vizinhas, é o caso das cidades de Ielmo Marinho, que é abastecida através de poços tubulares localizados nos aluviões do rio Potengi, Bacia Potengi, e a cidade de Taipu cujo abastecimento é realizado através do sistema integrado da fonte de Pureza, na bacia de Maxaranguape.

Figura 8.5 - Colunas construtivas e litológicas dos poços tubulares localizados nas unidades industriais
Fonte:(CASTRO, 2000)

Figura 8.6 - Colunas construtivas e litológicas dos poços tubulares localizados nas unidades industriais
Fonte: (CASTRO, 2000)

Figura 8.7 - Colunas construtivas e litológicas dos poços tubulares do abastecimento público da Zona Norte de Natal administrados pela Companhia de Água e Esgoto do RN-(CAERN)
Fonte:(CASTRO, 2000)

Figura 8.8 - Colunas construtivas e litológicas dos poços tubulares do abastecimento público da cidade de Extremoz administrados pelo Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE)
Fonte: (CASTRO, 2000)

Figura 8.9 - Usos dos poços tubulares e cacimbões na bacia do rio Doce.

Fonte: (CASTRO, 2000).

Figura 8.10 - Perfil dos usuários dos poços

Fonte: (CASTRO, 2000)

Na bacia do Rio Doce as demandas concentram-se principalmente no seu curso inferior, devido à existência da lagoa e do expressivo potencial do sistema aquífero Dunas/Barreiras. Consequentemente houve um maior desenvolvimento econômico caracterizado pelo distrito industrial e uma acentuada expansão urbana representada por parte da zona norte da cidade de Natal, Extremoz e São Gonçalo do Amarante.

No caso da Zona Norte de Natal o seu abastecimento é gerenciado pela Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN), que utiliza duas fontes de captação: as águas da lagoa de Extremoz e as águas subterrâneas do sistema aquífero Dunas/Barreiras. De forma que a captação da lagoa de Extremoz, caracteriza-se como uma transposição de águas, pois os bairros beneficiados localizam-se na Bacia Potengi.

Nos últimos vinte anos, a zona norte tem sido área preferencial dos programas habitacionais do governo e paralelamente a estes programas a CAERN desenvolveu um projeto de captação na lagoa de Extremoz com capacidade para 1000 l/s a implantar-se em duas etapas, com o objetivo de abastecer a zona Norte. Segundo informações da CAERN, o volume captado atual é de 634 l/s. Quanto ao abastecimento da zona norte através do sistema aquífero Dunas/Barreiras, cujos poços tubulares estão localizados na bacia do rio Doce, compreende atualmente um volume da ordem de $8,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$

A população urbana de Extremoz e parte da população rural dos municípios de Extremoz, São Gonçalo do Amarante e Ceará Mirim têm seu abastecimento realizado através de poços tubulares localizados na bacia do rio Doce que são gerenciados pelo Serviço Autônomo de Águas e Esgotos, (SAAE). Para a sede municipal de Ceará Mirim o abastecimento público de água é realizado através de um sistema de adução, cujo ponto de captação é na lagoa de Extremoz, através de uma bateria de sete poços tubulares que explora anualmente um volume de $2,4 \times 10^6 \text{ m}^3$. Atualmente todo o sistema SAAE capta $4,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, atendendo parte dos municípios de Extremoz, Ceará Mirim e São Gonçalo do Amarante.

Portanto, a soma dos volumes explorados pelo SAAE ($4,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$), pela CAERN ($8,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$), e pelos particulares ($2,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$), atinge atualmente um consumo de água subterrânea, para o abastecimento público, da ordem de $14,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Este valor adicionado ao volume anual captado da lagoa de Extremoz, que é de $20 \times 10^6 \text{ m}^3$ constitui uma cifra estimada em $34,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, destinada ao uso humano.

8.2.2 - Usos Industrial e Agrícola

Quanto ao uso industrial, é utilizado atualmente um volume de $1,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ da lagoa de Extremoz e $5,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ das águas subterrâneas do sistema aquífero Dunas/Barreiras, totalizando $7,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Nas atividades agrícolas são utilizados $1,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ de água subterrânea.

A figura 8.11 mostra uma ilustração esquemática dos diversos usos dos recursos hídricos na bacia estudada. Foi elaborada com base no cadastro de poços tubulares, cacimbãos, usuários dos recursos hídricos e no mapa de uso e ocupação do solo.

Figura 8.11 - Ilustração esquemática dos diversos usos dos recursos hídricos e alguns usos do solo na bacia do rio Doce
 Fonte: (CASTRO, 2000)

8.3 – Demandas Consumo Real e Ofertas

A demanda total de água de uma determinada região compreende os usos públicos, industrial, atividades agropecuárias e recreativas. Os usos públicos da água se referem àquelas demandas que são supridas por sistemas de abastecimento de água. Estes sistemas são dimensionados para atender às demandas que dependem diretamente da população a ser atendida. A cota per capita, em litro por habitante por dia abrange o consumo destinado a esses usos os quais são em função dos costumes e grau de desenvolvimento da população.

A projeção demográfica determina a estimativa da demanda e neste estudo a demanda urbana foi estimada com base na projeção demográfica, da zona norte, caracterizada por SANTOS (1999) e na população urbana da cidade de Extremoz, projetada para os anos 2000, 2005 e 2010, em que foi aplicada uma taxa de crescimento de 4,44% ao ano, IDEMA (1999), tendo como base a contagem populacional de 1996. A projeção da população rural foi estimada na média das taxas de crescimento dos municípios de Extremoz, São Gonçalo do Amarante e Ceará Mirim, indicou um valor médio de 3,25% ao ano, tendo como base a contagem populacional de 1996, IDEMA (1999). Considerando as projeções populacionais estimadas e admitindo um fator de consumo “per capita” de 200 l/hab.dia, para a população urbana e 100l/hab.dia para a população rural, foi estimada uma demanda total (urbana e rural) de $23,6 \times 10^6$ m³/ano para o ano 2000, $28,9 \times 10^6$ m³/ano para o ano 2005 e $35,8 \times 10^6$ m³/ano para o ano 2010 (tabela 8.1). No entanto, ao comparar as demandas calculadas para o ano 2000 com o consumo real verificou-se um índice de desperdício de 46,6% no abastecimento urbano e rural da bacia do rio Doce e de 21% no abastecimento da zona norte de Natal, (tabela 8.2).

Na estimativa da demanda industrial foi considerada uma área útil atual de 400 ha e áreas de 576ha e 752 ha para os anos de 2005 e 2010 respectivamente, sendo a última (752 ha) a mesma considerada para projeto de abastecimento da CAERN, (SANTOS, 1999). Com base nos tipos de indústrias existentes e naquelas que possivelmente se instalarão nos próximos dez anos no distrito industrial, (alimentícias, bebidas e têxtil), foi estimada uma vazão média diária de 0,40 l/s.ha, (12.614 m³/ha.ano), que resultou em uma demanda de $5,0 \times 10^6$ m³/ano para o ano 2000, $7,3 \times 10^6$ m³/ano para o ano 2005 e $9,4 \times 10^6$ m³/ano para o ano de 2010, (tabela 8.1). Comparando-se a demanda industrial calculada para o ano 2000 e o consumo real neste mesmo ano, constatou-se um desperdício em torno de 31,5%, (tabela 8.2).

Tabela 8.1 – Projeção das populações e demandas calculadas para os anos 2000, 2005 e 2010

PROJEÇÃO DAS POPULAÇÕES				DEMANDAS CALCULADAS				
População Urbana e Rural/ Áreas de projetos agrícolas e Irrigação	ANO			Demandas (m³/h)	ANO			
	2000	2005	2010		Consumo	2000	2005	2010
População Urbana da Bacia do Rio Doce (BRD)	96.969	120.494	149.727	Demanda Urbana (DURB) BRD (m³/ano)	200L/hab.dia	$7,0 \times 10^6$	$8,7 \times 10^6$	$10,9 \times 10^6$
População Rural da BRD	21.536	25.268	29.647	Demanda Rural (DRUR) BRD (m³/ano)	100L/hab.dia	786.064	922.282	$1,1 \times 10^6$
População Total da BRD	118.505	145.762	179.374	Demanda Total (DURB + DRUR) da BRD		$7,8 \times 10^6$	$9,6 \times 10^6$	$12,0 \times 10^6$
População da Zona Norte abastecida com Águas da BRD	216.360	265.552	325.916	Demanda Urbana Zona Norte (m³/ano)	200L/hab.dia	$15,8 \times 10^6$	$19,3 \times 10^6$	$23,8 \times 10^6$
Área irrigável (ha)	60	60	60	Demanda Agrícola (m³/ano)	Total (Abastecimento humano)	$23,6 \times 10^6$	$28,9 \times 10^6$	$35,8 \times 10^6$
Área de projeto para Empreendimento Industrial (ha)	400	576	752		10.000m³/ha.ano	600.000	600.000	600.000
				Demanda Industrial (m³/ano)	12.614 m³/ha.ano	$5,0 \times 10^6$	$7,3 \times 10^6$	$9,4 \times 10^6$
Demanda Total (Abastecimento Humano + Irrigação+ Indústria) (m³/ano)						$29,2 \times 10^6$	$36,8 \times 10^6$	$45,8 \times 10^6$

Fonte: (CASTRO, 2000)

Legenda:

BRD = Bacia do Rio Doce

DURB = Demanda Urbana

DRUR = Demanda Rural

Tabela 8.2 - Comparação entre os valores estimados das demandas calculadas e consumo real no ano 2000, e demandas estimadas para o ano 2010, incluindo os índices de desperdícios

Usos	Demandas Calculadas Ano 2000 (m³/ano)	Consumo Real Ano 2000 (m³/ano)	Situação de Desperdício	Demandas Calculadas Ano (2010) (m³/ano)	Demandas Estimadas Para o Ano 2010 Incluindo desperdícios (m³/ano)	Incremento entre Consumo Real (Ano 2000) e Demandas Estimadas (Ano 2010) com desperdícios (m³/ano)
Abastecimento Urbano e Rural da Bacia do Rio Doce (BRD)	$7,8 \times 10^6$ (Água Subterrânea)	$14,6 \times 10^6$ (Água Subterrânea)	46,6%	$12,0 \times 10^6$	$17,6 \times 10^6$ (Água Subterrânea)	$3,0 \times 10^6$
Abastecimento da Zona Norte pelas águas da BRD (lagoa de Extremoz)	$15,8 \times 10^6$ (Água Superficial)	$20,0 \times 10^6$ (Água Superficial)	21%	$23,8 \times 10^6$	28,8 (Água Superficial)	$8,8 \times 10^6$
Uso Agrícola	600.000 (Água Subterrânea)	Consumo Agrícola $1,0 \times 10^6$ (Água Subterrânea)	40%	600.000	$1,0 \times 10^6$ (Água Subterrânea)	0,0
Uso Industrial	$5,0 \times 10^6$ (Água Subterrânea + Água Superficial)	Consumo Industrial $7,3 \times 10^6$ Água Superf. ($1,6 \times 10^6$) Água Subter. ($5,7 \times 10^6$)	31,5%	$9,4 \times 10^6$	$12,0 \times 10^6$ Água Superf. ($1,6 \times 10^6$) Água Subter. ($10,4 \times 10^6$)	4,7
TOTAL				$45,8 \times 10^6$	$59,4 \times 10^6$	$16,5 \times 10^6$

Fonte: (CASTRO, 2000)

Para a determinação da demanda agrícola foi aplicado o fator de necessidade de atendimento, de 10.000 ha.ano (TEIXEIRA, 1988). Considerando uma área efetivamente irrigada estimada em 60ha, e não apresentando perspectiva de desenvolvimento quanto às atividades agrícolas na região, até o ano 2010, (SERHID, 1998), a demanda agrícola estimada para os anos de 2000, 2005 e 2010 foi avaliada em 600.000m³/ano. O consumo real no ano 2000, indicou uma cifra de $1,0 \times 10^6$ m³/ano, caracterizando um desperdício da ordem de 40%, (tabela 8.2).

Atualmente, o consumo real total, incluindo todas as demandas da bacia, atinge cerca de $42,9 \times 10^6$ m³/ano, sendo que, deste total, $21,3 \times 10^6$ m³/ano (49,6% do consumo total), é de água subterrânea, equivalente a 28% das reservas reguladoras do sistema aquífero Dunas/Barreiras, avaliadas em 76×10^6 m³/ano (capítulo 4, Item 4.3.2), (figura 8.12). Dentro destas expectativas tem-se um volume disponível de 55×10^6 m³/ano.

A demanda total estimada para o ano 2010, considerando os índices de desperdícios verificados no consumo real do ano 2000, indicou uma cifra da ordem de $59,4 \times 10^6$ m³/ano.

Diante desta perspectiva a demanda de água subterrânea poderá variar em função da tomada de decisão da CAERN, em relação a exploração ou não da vazão total do projeto de adução da lagoa de Extremoz que é de 1000l/s, cujo volume explorado atualmente é de 634 l/s. Desta forma foram consideradas duas situações: uma em que foi contemplada a captação de 1000l/s da lagoa de Extremoz para o abastecimento público, tendo sido nesse caso a demanda de água subterrânea, (sistema aquífero Dunas/Barreiras), estimada em 29×10^6 m³/ano, equivalente a 38% das reservas reguladoras, (tabela 8.3). Uma segunda situação considerou que o volume a ser captado da lagoa permanecerá o mesmo que está sendo explorado atualmente (634 l/s). Dessa forma, a demanda estimada de água subterrânea para o ano de 2010 indicou uma cifra de $37,8 \times 10^6$ m³/ano, correspondente a 49,7% das reservas reguladoras, tabela 8.3. A figura 8.12 mostra a situação atual, apresentando o consumo real de águas superficiais e subterrâneas na bacia do rio doce. A figura 8.13 mostra o comportamento das demandas estimadas para o ano 2010.

Estudos realizados recentemente por DINIZ FILHO (1999), na bacia do rio Ceará Mirim, ao norte da bacia estudada, constatarem uma subexploração do aquífero Barreiras naquela região. De forma que as reservas explotáveis do respectivo aquífero, na bacia Ceará Mirim, foram avaliadas em torno de 81×10^6 m³/ano, demonstrando um potencial hídrico muito superior ao consumo total da região, que é da ordem de $9,9 \times 10^6$ m³/ano, equivalente a 12,2 % das reservas explotáveis.

Tabela 8.3 – Comportamento da demanda total estimada de águas subterrâneas (Sistema Aquífero Dunas/Barreiras), para o ano 2010

PRIMEIRA SITUAÇÃO			
Demanda de água subterrânea (Sistema Aquífero Dunas/Barreiras), estimada para o ano 2010, incluindo os índices de desperdício, (tabela 8.2) e considerando a implantação da vazão final do projeto (1000L/s) do sistema adutor da lagoa de Extremoz para o abastecimento público da zona Norte de Natal, gerenciado pela CAERN			
Abastecimento Público	Industrial	Agrícola	Total
Demanda Estimada para o atendimento da população da Bacia do Rio Doce (BRD) Água Subterrânea = $17,6 \times 10^6$ m³/ano	Água subterrânea = $10,4$ m³/ano	Água Subterrânea $1,0 \times 10^6$ m³/ano	$29,0 \times 10^6$ m³/ano (38 % das Reservas Reguladoras)
SEGUNDA SITUAÇÃO			
Demanda de água subterrânea estimada para o ano 2010, incluindo os índices de desperdícios, (tabela 8.2) e considerando que não seja implantada a vazão de exploração do sistema adutor da lagoa de Extremoz, de modo a ser mantida a vazão atual, (637L/s), para o abastecimento público da zona Norte de Natal.			
Abastecimento Público	Industrial	Agrícola	Total
Incremento da demanda entre 2000 e 2010 da Zona Norte + demanda da BRD $*8,8 \times 10^6$ m³/ano + $17,6 \times 10^6$ m³/ano Água subterrânea = $26,4 \times 10^6$ m³/ano	Água subterrânea = $10,4 \times 10^6$ m³/ano	$1,0 \times 10^6$ m³/ano	$37,8 \times 10^6$ m³/ano (49,7 % das Reservas Reguladoras)

Fonte: (CASTRO, 2000)

* $8,8 \times 10^6$ m³/ano - corresponde ao acréscimo no incremento da demanda de água subterrânea para o ano 2010, caso não seja implantada a vazão final do projeto (1000L/s) do sistema adutor da lagoa de Extremoz para a Zona Norte de Natal.

BRD = Bacia do Rio Doce

Figura 8.12 - Consumo real de águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Rio Doce
Fonte: (CASTRO, 2000)

Figura 8.13 - Comportamento das demandas estimadas para o ano de 2010, mostrando a possibilidade de ocorrência de uma das situações indicadas.
Fonte: (CASTRO, 2000)

Dentro deste contexto o aquífero Barreiras na bacia do rio Ceará Mirim tem um volume disponível de 71×10^6 m³/ano. DINIZ FILHO (1999), verificou que essas condições de subexploração do aquífero Barreiras são retratadas por encharcamentos quase constantes em grande parte do trecho oriental do vale durante todo o ano, decorrentes de afloramentos do aquífero freático em fontes e olhos d'água, consequência da pouca retirada a que vem sendo submetido o sistema. As avaliações também constataram que os órgãos responsáveis pelo abastecimento têm procurado outras fontes para atendimento da demanda de água para consumo humano na respectiva bacia, sem ter considerado o elevado potencial hidrogeológico do aquífero Barreiras, cuja utilização mais efetiva poderia atender a demanda atualmente requerida.

Isso se confirma neste estudo, quando foi constatada a transposição de águas da bacia do rio Doce para a bacia do rio Ceará Mirim, (item 8.2.1), através da exploração de uma bateria de sete poços tubulares localizados às margens da lagoa de Extremoz para atendimento do abastecimento público da cidade de Ceará Mirim, localizada no limite destas duas bacias. Portanto, ao comparar as demandas e ofertas entre as bacias vizinhas, do rio Doce e Ceará Mirim, constatou-se a necessidade de um planejamento para uma exploração adequada dos recursos hídricos, nessa região, contemplando uma gestão integrada entre essas unidades hidrográficas.

9.0 - FUNDAMENTOS E ESTRATÉGIAS PARA O GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO CURSO INFERIOR DA BACIA DO RIO DOCE

A grande preocupação mundial envolvendo a comunidade científica internacional, governos, ambientalistas e outras entidades é de se encontrar soluções para uma adequada política de gestão das águas. Ela será tanto mais viável quanto mais o modelo de desenvolvimento econômico-social adotado tender a considerar a par do conhecimento da produção dos bens de consumo, a promoção de melhores condições de vida e a preservação da qualidade do ambiente.

Como exemplos a experiência internacional de mais de 25 anos em países como França, Estados Unidos, Alemanha e Japão que, resguardadas as suas peculiaridades, vêm se adequando a uma nova filosofia de gestão de recursos hídricos e ambientais, destacando-se o modelo francês de "agência de bacia".

9.1 - Aspectos Conceituais da Gestão dos Recursos Hídricos

POMPEU (1995), (apud LANNA 1997) define “Recursos Hídricos” como sendo a água destinada a usos; quando se tratar das águas em geral, incluindo aquelas que não devem ser usadas por questões ambientais, o termo correto é apenas “água”.

A gestão em si, realiza-se através de procedimentos integrados, de planejamento e de administração. Planejamento é a forma de conciliar recursos escassos e necessidades abundantes. O planejamento dos Recursos Hídricos visa à avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre os usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais; (BARTH et al. 1987).

Gestão de recursos hídricos é o conjunto de procedimentos integrados de planejamento e de administração pelo qual procura-se equacionar e resolver as questões de escassez relativa, ou de uso sustentado e proteção de qualidade, (REBOUÇAS, 1997).

LANNA (1997) define a gestão das águas como sendo uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos; à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos. Enfatiza que uma eficiente Gestão das Águas deve ser constituída por uma **Política**, que estabeleça as diretrizes gerais, um **Modelo de Gerenciamento**, que estabeleça a organização legal e institucional e um **Sistema de Gerenciamento**, que contemple os instrumentos para o preparo e execução do **Planejamento do uso, Controle e Proteção das Águas**.

9.2 - Aproveitamento das Águas

A água em abundância, pode ser tratada como bem livre, sem valor econômico. Com o crescimento da demanda surgem os conflitos entre usos e usuários e passa a existir a componente escassez, daí precisa ser entendida como bem econômico, ao qual deve ser atribuído o justo valor. Essa escassez, também pode decorrer de aspectos qualitativos, quando os padrões excedem aos admissíveis para determinados usos. A utilização da água compreende a de caráter consuntivo, que se refere aos usos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo as disponibilidades quantitativas, espacial e temporal e a de caráter não consuntivo, que se refere aos usos que retornam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade de água utilizada, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de

disponibilidade quantitativa. O quadro 9.1 mostra as principais categorias, usos, caráter e efeito da poluição nas águas.

9.3 - Experiências Internacionais

A experiência internacional, principalmente a Européia, tem sido alvo como referência para a implantação dos sistemas brasileiros.

✓ Associações Alemãs de Bacias

Um dos exemplos mais antigos é das Associações de Bacias na Alemanha, como a do Rio Ruhr, estabelecida no início do século. Surgiram de uma concepção adotada pelo Kaiser Guilherme II de que os assuntos sobre a água deveriam ser tratados através de seus próprios usuários, cabendo ao governo apenas o estabelecimento de normas e diretrizes destinadas a ordenar e assegurar o encaminhamento das soluções. A necessidade foi devido ao suprimento de água e energia, e da poluição hídrica, em regiões densamente povoadas e ou industrializadas. Os recursos financeiros para o gerenciamento são provenientes dos próprios membros, alocações do governo e empréstimos.

A direção é exercida por uma Assembléia de representantes eleitos pelos próprios usuários, por um Conselho de Diretores e Representação da Associação, e por um Congresso de Apelação, ao qual são endereçados recursos a deliberações.

✓ Sistema Francês de Gerenciamento das Águas

O exemplo francês é um dos mais bem sucedidos sistemas de gestão de recursos hídricos no mundo. A França, possui desde o final do século passado, um Código de Águas, um Código Florestal, um Código de Pesca e uma série de regulamentações. Mesmo diante de todo esse aparato jurídico-institucional, em 1964, foi criado um sistema nacional de gestão, com vistas a reverter o processo acentuado de degradação das águas de seus rios, em consequência do expressivo desenvolvimento pós guerra. Esta ampla lei das águas mesmo não interferindo nos dispositivos legais anteriores, deu um sentido de conjunto à ação do Estado.

Quadro 9.1 - Principais usos, caráter e efeitos da poluição nas águas.

CATEGORIAS	USOS	CARÁTER DO USO	EFEITOS NAS ÁGUAS
Infra-Estrutura Social	Dessedentação de animais	Consuntivo	Alterações na qualidade com efeitos difusos
	Domésticos	Consuntivo	Poluição ou contaminação orgânica e bacteriológica
	Comercial	Consuntivo	Poluição ou contaminação orgânica e bacteriológica
	Navegação	Não consuntivo	Poluição ou contaminação por hidrocarbonetos
	Recreação, Lazer	Não consuntivo	Poluição ou contaminação por resíduos sólidos
	Harmonia Paisagística	Não consuntivo	Alterações na qualidade com efeitos difusos
Agropecuária e aquicultura	Agricultura	Consuntivo	Poluição ou contaminação por agrotóxicos e fertilizantes
	Pecuária	Consuntivo	Alterações na qualidade com efeitos difusos
	Irrigação	Consuntivo	Poluição ou contaminação por agrotóxicos e fertilizantes
	Piscicultura	Consuntivo	Alterações na qualidade após mortalidade dos peixes.
	Ranicultura	Consuntivo	Alterações na qualidade após mortalidade das rãs.
	Uso de Estuários	Não consuntivo	Alterações na qualidade com efeitos difusos
Industrial	Arrefecimento	Consuntivo	Poluição ou contaminação por substâncias tóxicas e elevação da temperatura
	Mineração	Não consuntivo	
	Sanitário	Não consuntivo	Poluição ou contaminação orgânica, química e bacteriológica
	Processamento Industrial	Consuntivo	Poluição ou contaminação orgânica e química.
	Hidroeleticidade	Não consuntivo	
	Termoeleticidade	Consuntivo	Poluição ou contaminação química
	Transporte Hidráulico	Consuntivo	x
Ecológico	Vazões para a sustentabilidade do equilíbrio ecológico	Não consuntivo	Melhoria na qualidade da água.

Fonte: (Adaptado de NAÇÕES UNIDAS, 1976 e BARTH et al. 1987).

A lei francesa de 64, ao lado de suas normas, decretos e regulamentos é considerada atualmente por especialistas internacionais em recursos hídricos e economistas ambientais como um dos instrumentos mais abrangentes e eficientes em matéria de gerenciamento de recursos hídricos. Os princípios básicos do sistema francês são: gestão por bacia hidrográfica; participação ativa de todos os seguimentos da sociedade; aplicação na prática do princípio do usuário-pagador; cobrança do uso de recursos hídricos, que possibilitam alavancar os investimentos necessários em projetos e obras.

O sistema francês atua em dois níveis: em um primeiro nível, o território francês foi dividido em seis bacias hidrográficas. Em cada uma das bacias há um conjunto de três elementos interatuantes: as Comunas e os Departamentos, a Agência da Água e o Comitê de Bacia. A forma de atuação é iniciada com as Comunas e Departamentos aprovando as classes ou cenários de qualidade para os cursos de água que passem por sua área de domínio, que deverão ser alcançados ao longo dos anos; em seguida vem a atuação da Agência da Água que é o órgão de apoio técnico e administrativo da bacia que tem como principal função realizar os estudos técnicos e econômicos identificando os “pontos negros”, apontar os programas de ações de menor custo econômico global para a consecução de tais objetivos e determinar as cotas de contribuição (redevances) sobre os diversos usos da água, necessárias para cobrir uma parcela ponderável dos investimentos planejados; na sequência do sistema de gerenciamento, vem a atuação do Comitê de Bacia, entidade colegiada composta por políticos, funcionários do governo central e usuários de água, que analisa, discute e solicita modificações para finalmente aprovar as cotas de contribuição. Nesta fase é realizado o cotejo entre o custo da solução e a sua efetividade possibilitando a reavaliação dos cenários estabelecidos. Por fim, a Agência de Água cobra e canaliza as cotas na forma de empréstimos para os diversos agentes (prefeituras, empresas industriais, agricultores, etc) realizarem os investimentos previstos nos programas. O valor arrecadado é a única fonte de recursos financeiros para as Agências de Água. Todo esse processo, aloca anualmente em torno de 0,3 % do PIB à gestão dos recursos hídricos franceses, o que equivale a cerca de 30 a 40% dos investimentos realizados na bacia em obras de controle de poluição (LANNA, 1997).

Os comitês funcionam como Parlamento das Águas e são compostos por 38 representantes eleitos nas comunas e departamentos, 38 representantes dos usuários da água, 20 representantes indicados pelo governo central e 7 representantes de entidades da sociedade civil. A Agência da Água tem um Conselho de Administração designado pelo Comitê,

formado por 8 representantes das coletividades locais, 8 representantes dos usuários, 8 representantes do Estado e 1 dos funcionários, (ÁGUA VIVA, 1994 apud LANNA, 1997).

Em um segundo plano o Estado faz o monitoramento da qualidade da água de acordo com as solicitações das comunidades afetadas em cada bacia. O Ministério do Meio Ambiente, exerce a tutela sobre as Agências das Águas e os Comitês de Bacia das 6 regiões hidrográficas francesas. O Ministério da Saúde Pública controla a qualidade da água potável e o Ministério da Economia e Finanças regula as tarifas de água.

As diretrizes gerais são controladas pelo governo central e supervisionadas regionalmente no âmbito das Regiões Hidrográficas pelos Comitês Colegiados auxiliados técnica e financeiramente pelas Agências de Água, o que não impede que o controle direto sobre a execução dos serviços seja descentralizado em aproximadamente 36.000 autoridades locais e comunas, que podem se organizar em consórcios. Dessa forma, o mercado na prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, é bastante competitivo e oligopolizado.

✓ Companhia Nacional do Ródano, França

A Companhia Nacional do Ródano, França foi criada em 1993 para o gerenciamento de projetos de energia, irrigação e navegação do rio Ródano, em sua parte francesa. É uma companhia organizada por ações, cujos participantes são as entidades públicas interessadas no desenvolvimento do Ródano e câmaras de comércio representando interesses privados. A interferência governamental é exercida pela indicação da maioria dos membros do seu Conselho Diretor.

✓ Inglaterra

Em 1973 o Sistema Inglês de Gerenciamento dos Recursos Hídricos foi atribuído inicialmente a um Conselho Nacional de Águas, que determinaria a estratégia geral do uso dos recursos hídricos, de forma que este Conselho era composto pelas secretarias de Estado para o Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento e por representações das 10 Superintendências Regionais de Bacia que engloba todo o território. As Superintendências Regionais correspondiam às principais bacias hidrográficas e possuíam responsabilidades sobre o uso, controle e a conservação dos recursos hídricos. Controlavam os gerenciamentos da

oferta das Águas (quantidade e qualidade), além de interferir no gerenciamento dos usos setoriais, principalmente no abastecimento de água e esgotamento sanitário. Este modelo centralizou as ações executivas tornando as superintendências responsáveis pelo patrimônio, construção, operação e manutenção das obras hidráulicas da bacia. Para cada uma dessas superintendências foi previsto um Conselho de Administração, constituído por representantes das comunidades, das indústrias e dos governos locais e central. Com a reformulação em 1983, o Gerenciamento Interinstitucional foi atribuído às superintendências caracterizando dessa forma uma forte centralização do gerenciamento dos recursos hídricos. Em 1989, as 10 superintendências foram vendidas, através da oferta de ações ao público, tornando-se empresas privadas de capital aberto. O Estado ficou na posse de “ações privilegiadas” (golden shares), com valor simbólico, mas conferindo ao detentor o poder de veto sobre as decisões da assembléia de acionistas. Nesta reforma foram criados:

- o Escritório de Serviços de Água (Office of Water Services), com atribuições no controle do preço da água os anseios dos usuários são viabilizados pelos Comitês Regionais de Serviços dos Consumidores (Consumers Services Committees).
- a Superintendência Nacional de Rios (National Rivers Authority) responsável pelo gerenciamento integrado dos recursos hídricos.
- Divisão de Água Potável (Drinking Water Inspectorate) da Secretaria do Meio Ambiente que monitora a qualidade da água potável.

✓ Estados Unidos

O exemplo de um gerenciamento em regiões com escassez de água, é o Estado da Califórnia, onde 50% da sua área caracteriza-se por regiões semi-áridas e desérticas. Essa adversidade climática não impediu o sucesso do gerenciamento dos recursos hídricos nestas áreas. Existe o desenvolvimento de uma agricultura irrigada de elevado rendimento e rentabilidade que é a base do desenvolvimento econômico. Existe uma ampla experiência no que se refere a transposição de águas, foram construídas complexas obras para a transposição de águas das bacias dos rios do norte e da bacia do Colorado situada em estado aos vizinhos para o sul da Califórnia.

✓ México

Instituiu um sistema nacional de gestão de recursos hídricos, com algumas características do sistema francês, mas difere por ser um sistema centralizador, sendo o domínio das águas exclusivo da união, dificultando o gerenciamento. A gestão é por bacia hidrográfica e o uso destes recursos é cobrado.

9.4 - Experiência Brasileira

A prática da administração das águas no Brasil tem demonstrado a despreocupação com a possibilidade da escassez deste recurso. A abundância relativa de água em grande parte das bacias hidrográficas nacionais, permite esse comportamento sem que sofra maiores consequências. No entanto, essa situação acompanhada de tal postura não significa inexistência do problema. Os prolongados períodos de seca na região nordeste continuam sem que haja um adequado gerenciamento para uma melhor convivência com este fenômeno natural. O lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento degrada a qualidade das águas tornando-as fora dos padrões de consumo e, conseqüentemente, escassa nas regiões caracterizadas como abundantes neste recurso. Retiradas extraordinárias de água para irrigação geram conflitos entre usuários em várias bacias hidrográficas. Explorações de grande relevância sem controle algum são efetuadas em aquíferos costeiros provocando intrusões salinas.

Os antecedentes jurídicos da administração dos recursos hídricos no Brasil, remontam às ordenações Filipinas, promulgadas em 1580, quando Portugal estava sob domínio espanhol, mas somente no início deste século o poder público passou a dar alguma importância a um arcabouço legal para as questões dos recursos hídricos. O primeiro projeto de um código de águas data de 1907. Após duas décadas criou-se, no âmbito da comissão legislativa uma subcomissão do "código de águas", com o objetivo de elaborar um novo projeto que finalmente foi aprovado com a promulgação em 10 de julho de 1934.

O Código de Águas Brasileiro é considerado internacionalmente, uma das mais completas leis de águas. É pioneiro em abordar matérias das atuais legislações ambientais. No entanto, falha por atribuir o domínio das águas de superfície exclusivamente às características do curso d'água ignorando a unidade geográfica mais ampla e abrangente a bacia hidrográfica. Não considerou a interdependência de domínios e usos impossibilitando uma administração eficaz. A regulamentação dada ao código de águas priorizou os serviços de energia elétrica, favorecendo seu desenvolvimento e o aproveitamento do expressivo potencial de energia

hidráulica. Os outros setores aguardaram que a regulamentação do código de águas se completasse e retardaram a sua organização. Neste sentido a gestão de recursos hídricos no país tornou-se fragmentada e descoordenada.

Na década de 90 houve reformas a nível federal e estadual, fazendo surgir as bases necessárias para uma gestão integrada dos recursos hídricos. A transformação do Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal em Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, com competência para a formulação e execução da política nacional do meio ambiente e dos recursos hídricos, constituiu a base para a implantação de um novo modelo de administração dos recursos hídricos no Brasil. Alguns estados antecederam o governo federal no processo de implantação de uma política de recursos hídricos. Até novembro de 1997, sob inspiração da política ambiental reforçada pelas decisões da ECO 92 e da Conferência de Dublin, alguns estados promulgaram a Lei que institui a Política e o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos, sendo que seis dentre estes estão na região nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe), dois na região sudeste, (Minas Gerais e São Paulo) um na região sul (Rio Grande do Sul) e um na região centro oeste, (Distrito Federal).

A nível de bacia hidrográfica, surgiram até o ano de 1997, os consórcios e associações intermunicipais, voltados para a gestão integrada dos recursos hídricos das bacias, resultante de solicitações das respectivas comunidades. Cita-se, os consórcios e associações das bacias dos rios Piracicaba e Capivari, no estado de São Paulo, e da bacia dos rios Santa Maria da Vitória e Jacu, no Espírito Santo.

9.4.1 - Arcabouço Jurídico-Institucional Existente

Para um melhor acompanhamento foi elaborado um resumo da evolução histórica da administração das águas no Brasil:

- 1933 - Criação no Ministério da Agricultura, da Diretoria de Águas, posteriormente transformada em Serviço de Águas e inserido na estrutura do Departamento Nacional da Produção Mineral, DNPM.
- 1934 - Edição do Código de águas que representa um marco na legislação brasileira. Conforme MEIRELLES (1990), o regime jurídico brasileiro das águas internas, nos termos da 1ª Conferência de Direito Internacional de Haia, de 1930, é o estabelecido pelo Código de Águas, que dispõe sobre a classificação e utilização das águas e dar ênfase ao aproveitamento

do potencial hidráulico que na década de 30 representava uma condicionante do progresso industrial no Brasil.

- 1940 - O serviço de Águas tornou-se Divisão de águas (Decreto 6.402/40).
- 1946 - A Constituição de 1946 procurou regulamentar a utilização dos recursos naturais visando à sua exploração econômica. Deu ênfase à livre iniciativa e à propriedade privada e estabeleceu, como competência da União, legislar sobre riquezas do solo, mineração, metalurgia, águas, energia elétrica, florestas, caça e pesca. Permitia que os Estados legislassem sobre águas.
- 1967 - A Constituição de 1967 reforçou mais ainda o caráter de exploração aos recursos ambientais numa visão desenvolvimentista da época.
- 1978 - A Portaria Interministerial nº 90 cria o Comitê Especial responsável pela classificação dos cursos d'água da União, bem como do estudo integrado e do acompanhamento da utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais, no sentido de se obter o aproveitamento múltiplo de cada bacia. A Portaria nº 1.832, estabelece que somente serão apreciados pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica os pedidos de concessão ou autorização para derivar águas públicas federais para aplicações da indústria e da higiene que, juntamente com os projetos das obras de derivações, apresentarem sistemas de tratamento dos efluentes aprovados pela Secretaria Especial do Meio Ambiente, (SEMA), do Ministério do interior, ou por órgãos regionais devidamente credenciados pela mesma Secretaria.
- 1979 - A portaria Interministerial nº. 003 aprova o regimento do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas.
- 1980 a 1984 - Diagnóstico de Bacias Hidrográficas.
- 1984 a 1985 - Alguns Comitês de Bacia evoluem, tais como Paranapanema, Paraíba do sul e Doce.
- 1986 - Resolução do CONAMA nº. 20, de 18/06/1986 estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no território nacional em nove classes, segundo seus usos preponderantes.
- 1988 - A Constituição de 1988 dá pouca ênfase às águas, reservando à União a competência para legislar sobre águas e energia. No que se refere ao domínio público, a Constituição Federal manteve como bens da União os lagos e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banham mais de um Estado, constituam limites com outros

países ou ainda se estendam em território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais. Permanecem como bens dos Estados “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito. O critério para a determinação da propriedade do Estado-membro ou da União sobre rios e lagos públicos é o território que estes últimos ocupam. Se a nascente e a foz se localizarem em um só Estado, o rio será estadual. Se seu curso ultrapassar os limites territoriais de um Estado, o rio será federal. Também são consideradas públicas, de uso comum, todas as águas situadas nas zonas periodicamente assoladas pelas secas (Cód. de águas, art. 5º) que coincide com o art. 21 (XVIII), da Constituição Federal, que atribui à União competência privativa para organizar a defesa permanente contra os efeitos da seca.

- 1989 - A Lei nº. 7.990, institui para os Estados, distrito Federal e municípios a compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva.
- 1991 - O Poder Executivo encaminha o Projeto de lei nº. 2.249, que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e altera a regulamentação do preceito constitucional de compensação financeira pela exploração de petróleo ou gás natural, de outros recursos minerais e de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica (art. 20, § 1º, da Constituição Federal).
- 1995 - Foi criado o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e, neste a Secretaria de Recursos Hídricos, pela MP nº. 813, de 01/01/95.
- 1997 - A Lei nº. 9.433 de 8 de janeiro, institui a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Este novo modelo da Política de Gerenciamento tem como princípios básicos aqueles praticados atualmente em todos os países que avançaram na gestão dos seus recursos hídricos, tais como: (i) adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento; (ii) usos múltiplos integrados; (iii) reconhecimento da água como um bem natural finito, vulnerável, e de valor econômico; (iv) gestão descentralizada e participativa. Esta lei apresenta as bases legais para outorga e cobrança pelo uso da água, como também para a fiscalização e as sanções pelo seu uso indevido.

9.4.2 - Sistema Nacional Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos

A Lei, 9.433 de 8 de janeiro de 1997, instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos que tem como objetivos:

- i) coordenar a gestão integrada das águas;
- ii) arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- iii) implementar a política nacional de recursos hídricos;
- iv) planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- v) promover a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

A base do funcionamento desse Sistema é a Lei Federal e o conjunto de Leis Estaduais promulgadas a partir de 1991, composto por:

- i) uma estrutura federal, compreendendo um Conselho Nacional de Recursos Hídricos e sua Secretaria Executiva, (Secretaria de Recursos Hídricos, do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal);
- ii) uma estrutura a ser implantada por bacia hidrográfica em que o rio principal é de domínio federal composta pelo Comitê de Bacia Hidrográfica e pela Agência de Água, ambos organizados segundo a legislação federal;
- iii) estruturas estaduais compostas por Conselho Estadual de Recursos Hídricos, o órgão gestor de recursos hídricos, os Comitês de Bacias Hidrográficas e as Agências de Bacia.

A implantação do Sistema deverá ser negociada com base nas articulações entre: o Conselho Nacional e os Conselhos Estaduais, entre a Secretaria de Recursos Hídricos e os órgãos gestores estaduais; entre os Comitês de Bacias de rios de domínio federal a os Comitês Estaduais em sub bacias afluentes a este rio e entre as Agências de Água e as Agências de Bacias estaduais.

BARHT & POMPEU (1987) alertam para o fato de que nessa estrutura coexistem e se sobrepõem o sistema federativo brasileiro e o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. O primeiro prevê a União e as Unidades Federativas autônomas, com águas de domínio federal e estaduais, e o segundo considera o gerenciamento integrado dos recursos hídricos por bacia hidrográfica. Enfatiza que o grande desafio organizacional e político - administrativo é fazer com que o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos funcione de forma eficiente e eficaz, conciliando-se com o sistema federativo.

9.5 - Experiência no Estado do Rio Grande do Norte

As questões ambientais do Estado do Rio Grande do Norte sempre foram tratadas pelo Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente, (IDEC), atualmente IDEMA, órgão vinculado à Secretaria de Planejamento do Estado, (SEPLAN). Sob o título “Legislação Ambiental do RN”, foi publicada em 1998 uma coletânea das normas vigentes que disciplinam a atividade ambiental no Estado e que de uma certa forma incide no tratamento das questões dos recursos hídricos, compreendendo Leis e Decretos.

9.5.1 Leis Ambientais que Antecederam a Legislação Estadual dos Recursos Hídricos:

LEI Nº 5.147, de 30 de setembro de 1982 - Dispõe sobre a política e o Sistema Estaduais de Controle e Preservação do Meio Ambiente, e dá outras providências.

LEI Nº 5.743, de 30 de dezembro de 1987 - Disciplina proibição de uso de todo território do RN para depósitos de lixo atômico.

LEI Nº 6.367, de 14 de janeiro de 1993 - Institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos, e dá outras providências;

LEI Nº 6.504, de 1º de dezembro de 1993 - Proíbe a queimada de cana-de-açúcar num raio de 1.000 (mil) metros de distância da periferia das cidades.

LEI Nº 6.621, de 12 de julho de 1994 - Dispõe sobre o controle da poluição sonora e condicionantes do meio ambiente;

LEI Nº 6.678, de 21 de julho de 1994 - Cria o Fundo Estadual de Preservação do Meio Ambiente (FEPEMA) e dá outras providências.

LEI Nº 6.769, de 11 de maio de 1995 - Dispõe sobre a política florestal do Estado do RN e dá outras providências.

LEI Nº 6.908, de 01 de julho de 1996 - Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH, e dá outras providências.

LEI Nº 6.950, de 20 de agosto de 1996 - Dispõe sobre o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências.

DECRETO Nº 8.600, de 03 de março de 1983 - Aprova o regulamento da política e sistema estaduais de controle e preservação do meio ambiente.

DECRETO Nº 9.100, de 22 de outubro de 1984 - Enquadra cursos e reservatórios d'água do Estado na classificação estabelecida na Portaria no 13, de 15 de janeiro de 1976, do Ministro do Interior, e dá outras providências.

DECRETO Nº 10.388, de 07 de junho de 1989 - Aprova o Plano de manejo do Parque Estadual das Dunas de Natal.

DECRETO Nº 10.582, de 06 de março de 1990 - Cria o sistema de controle ambiental e sanitário do litoral (SCAL), e dá outras providências.

DECRETO Nº 10.683 de 06 de junho de 1990 - Cria a Área de Proteção Ambiental (APA), e dá outras providências.

DECRETO Nº 12.620, de 17 de maio de 1995 - Cria a Área de Proteção Ambiental (APA) Genipabu, nos municípios de Extremoz e Natal e dá outras providências.

DECRETO Nº 13.211, de 09 de janeiro de 1997 - Prorroga a suspensão de licenciamento de construção na Zona Costeira, e dá outras providências.

LEI COMPLEMENTAR Nº 140, de 26 de janeiro de 1996 - Regulamenta os artigos 150 e 154 da constituição estadual e dá outras providências.

9.5.2 Histórico da Gestão dos Recursos Hídricos no Estado do RN e Atual Arcabouço Jurídico e Institucional

Tradicionalmente a Política de Recursos Hídricos na região nordeste retrata a intervenção do poder público federal no setor. Esse quadro se mantém ao longo de várias décadas e se caracteriza por uma administração centralizadora e fragmentada.

O período de 1825 a 1830 foi marcado por uma prolongada estiagem que impulsionou o início das obras de açudagem no semi-árido nordestino. Em 1831 a Regência Trina autorizou a abertura de fontes artesianas profundas. Na primeira metade do século, com a criação da Inspetora de Fiscalização de Obras Contra as Secas (IFOCS), posteriormente transformada em Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), até a década de setenta limitou-se apenas a ampliar a oferta hídrica, através da construção de açudes, construídos através do barramento no leito dos riachos e rios. Em 1959 com a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), o Estado do Rio Grande do Norte passou a incluir como obras de infra-estrutura-hídrica a construção de poços tubulares, através de convênios celebrados entre a SUDENE e o governo do Estado, na época através da Companhia de Águas e Solos (CASOL), posteriormente denominada de Companhia de

Desenvolvimento e Recursos Minerais do Rio Grande do Norte (CDM/RN). A partir do início da década de setenta, houve um maior incentivo dos programas governamentais que tinham como objetivo a construção e a instalação de poços tubulares com a finalidade de suprir a demanda humana e animal de água em áreas nunca antes beneficiadas, que se encontravam distantes dos açudes públicos ou rios. Do ponto de vista mercadológico, a construção de poços, era dominada pelo governo, através do DNOCS e da CDM/RN, principalmente devido a inexistência de empresas privadas atuando em perfurações nos terrenos cristalinos.

Entre os anos de 1960 a 1994 a CDM/RN perfurou em todo o Estado cerca de 7000 poços tubulares de modo que nesse período não houve a interação com as outras fontes de abastecimento contribuindo para uma subutilização dos recursos disponíveis.

Apesar dos altos investimentos dos recursos federal e estadual na tentativa de ampliar as ofertas hídricas, os resultados dessa forma de administração mostram que o aproveitamento dos recursos hídricos sempre foi realizado de forma a servir aos interesses privados ou da circunstância política, gerando uma falta de gerenciamento integrado que envolvesse o uso múltiplo dos recursos hídricos e uma participação efetiva dos usuários.

Essa visão limitada se reflete nos prolongados períodos de estiagem, quando a única fonte de abastecimento o poço ou o reservatório (açudes e barragens) que não foi gerenciada de forma proativa gera a insustentabilidade desses recursos ao atendimento das demandas, instalando-se situações caóticas, afetando principalmente a saúde das populações atingidas pela escassez, já que nestas situações o abastecimento d'água ocorre através de carros pipas, condutores em potencial de doenças de veiculação hídrica.

Em 1994 foi elaborado o relatório "Potencialidades Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Norte", para o Projeto Áridas, onde os técnicos da divisão de hidrogeologia da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Rio Grande do Norte (CDM/RN), sugeriram uma definição no papel desempenhado pelos órgãos envolvidos com os recursos hídricos do Estado, solicitando dos poderes competentes uma estrutura efetiva e uma política definida.

Em 1995 foi criada a Subsecretaria de Recursos Hídricos e Projetos Especiais, (SERHPE), posteriormente Secretaria de Recursos Hídricos (SERHID), onde foi iniciado um trabalho por uma equipe técnica composta por geólogos, engenheiros civis e agrônomos, cujo objetivo inicial foi colocar em discussão, a questão da administração das águas, colocando em prática algumas providências urgentes e necessárias ao desempenho do próprio trabalho. Com o desenvolvimento dos debates em torno do tema "Gestão de Recursos Hídricos" e inspirando-

se nos primeiros resultados do Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos no estado do Ceará, notadamente com uma realidade econômica e social semelhante ao estado do Rio Grande do Norte, foram tomadas as primeiras decisões: “o novo modelo” de administração estadual das águas deveria estar assentado sobre o estabelecimento de um arcabouço institucional, a criação do aparato legal e a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Dentro deste contexto foi analisada a situação do Estado, e verificou-se uma administração desorganizada com interferência de vários órgãos e conseqüente superposição de atividades na área dos recursos hídricos, gerando uma administração incapaz de implantar um gerenciamento efetivo de um Estado com 90% do seu território em condição de semi-aridez.

Diante desta situação a implementação de uma adequada política de gestão das águas adquire um valor estratégico e, conseqüentemente, um dever do poder público. Neste sentido, foi criado um aparato jurídico institucional através da Lei 6.908, aprovada em 01 de julho de 1996, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERH).

É uma lei de trinta artigos, resultado de um minucioso estudo das leis de outros estados, como o do Ceará e de São Paulo, adaptada à realidade do Estado, que define como objetivos: o planejamento, desenvolvimento e gerenciamento de forma integrada, descentralizada e participativa no uso múltiplo, controle, e conservação dos recursos hídricos, assegurando que a água seja utilizada em padrões de quantidade e qualidade satisfatória. Os instrumentos de política e gerenciamento estão definidos no art.4º e compreende: o Plano Estadual de Recursos Hídricos, (PERH), o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNERH), a Outorga do Direito de Uso dos recursos hídricos, o Licenciamento de Obras Hídricas, e a Cobrança pelo Uso da Água.

✓ PERH - aprovado por lei, estabelece as diretrizes gerais sobre o aproveitamento dos recursos hídricos e será revisto e atualizado a cada quatro anos e inserido no Plano Plurianual de Desenvolvimento do Estado, de forma a assegurar a integração setorial em seus aspectos sociais, econômicos e ambientais.

✓ FUNERH - constitui o suporte financeiro da política estadual de recursos hídricos. Os recursos financeiros do FUNERH deverão ser depositados em conta específica aberta em Banco Oficial e movimentada através do seu gestor. São definidas as seguintes aplicações para com os recursos do FUNERH:

- realização de planos, programas, projetos e pesquisas com vistas ao desenvolvimento, conservação, uso racional e sustentável, controle e proteção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- execução de obras e serviços com vistas ao desenvolvimento, conservação, uso racional e sustentável, controle e proteção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- programas e estudos com vistas à capacitação de recursos humanos, pesquisas e desenvolvimento tecnológico de interesse da gestão dos recursos hídricos;
- implementação das atividades de gestão dos recursos hídricos dos órgãos participantes do SIGERH.

✓ Outorga de Direito de Uso da Água

A possibilidade de concessão do uso e exploração de um manancial decorre do Código de Águas de 1934. Atualmente, a outorga é vinculada à jurisdição das águas. No estado do Rio Grande do Norte foi regulamentada pelo decreto 13.283 de 22 de março de 1997, que norteia princípios fundamentais, como: (i) prioridade para o abastecimento humano; (ii) o acesso à água constitui direito de todos para as primeiras necessidades da vida; (iii) a distribuição da água no território do Rio Grande do Norte obedecerá a critérios sociais, econômicos e ambientais; (iv) o uso da água será compatibilizado com as políticas federal e estadual de desenvolvimento urbano e rural.

✓ Cobrança pelo uso da água

De acordo com o Cap. II, art. 16 a cobrança pelo direito de uso da água, superficial ou subterrânea, é um instrumento gerencial e de planejamento da política estadual de recursos hídricos que visa conferir racionalidade ao uso e a valorização econômica dos recursos hídricos. É o elemento de maior impacto na implementação da legislação de recursos hídricos no Brasil. O princípio que rege a cobrança é o equilíbrio entre a oferta e a demanda, consequentemente este equilíbrio de mercado é um forte instrumento para evitar o desperdício e induzir ao aproveitamento racional dos mananciais.

O regulamento estabelecerá os procedimentos relativos à cobrança pelo direito de uso da água, a ser implementada, de forma gradual, de acordo com condicionamentos econômicos e sociais dos usuários dos recursos hídricos. O cálculo do custo da água, para efeito de cobrança, considerará:

- (i) a classe de uso preponderante em que for enquadrado o corpo de água objeto do uso;

- (ii) a função social e econômica da água;
- (iii) as condições sócio-econômicas dos usuários;
- (iv) o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas
- (v) a operação e manutenção da infra-estrutura hídrica e amortização do investimento realizado.

No caso de utilização de corpos de água para diluição, transporte e assimilação de efluentes, os responsáveis pelos lançamentos ficam obrigados ao cumprimento das normas e padrões relativos ao controle de poluição das águas.

As obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo, terão seus custos rateados por todos os seus beneficiários diretos.

9.5.2.1 - O Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos

O Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos (SIGERH), regulamentado através do Decreto nº 13.284 de 22 de março de 1997, compreende os seguintes órgãos Condutores da Política Estadual de Recursos Hídricos: o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), os Comitês de Bacias Hidrográficas e a Secretaria de Recursos Hídricos (figura 9.1).

- Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) - constitui a instância maior de deliberação do sistema integrado de gestão dos recursos hídricos do Estado e compete às seguintes atribuições:
 - i) aprovar e acompanhar o Plano Estadual de Recursos Hídricos;
 - ii) estabelecer os critérios e diretrizes que orientam a Política Estadual de Recursos Hídricos;
 - iii) promover a articulação entre os órgãos estaduais, federais e municipais e a sociedade civil no encaminhamento da política estadual de recursos hídricos;
 - iv) deliberar sobre a criação de Comitês de Bacias Hidrográficas;
- arbitrar, em grau de recurso, os conflitos existentes entre bacias hidrográficas ou entre usuários de água;
- v) estabelecer critérios gerais para cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
 - vi) deliberar sobre a criação e funcionamento das agências de Bacias Hidrográficas;
 - vii) deliberar sobre as questões que lhe tenham sido encaminhadas pelos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Figura 9.1 - Sistema de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte
Fonte: (CASTRO, 2000)

- Comitês de Bacias - órgãos colegiados de atuação descentralizada e têm por objetivo:
 - i) congregar os usuários de água das bacias hidrográficas;
 - ii) atuar junto ao conselho estadual de recursos hídricos - CONEHR;
 - iii) colaborar com o poder público na administração dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte.
- Secretaria de Recursos Hídricos, (SERHID) - é o núcleo gestor que constitui a instância executiva maior da política estadual de recursos hídricos, regulamentada através do decreto 13.285 de 22 de março de 1997, cujo organograma atual está apresentado na figura.9.2.

Figura 9.2 - Estrutura organizacional da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte
Fonte: (SERHID)

9.6 - Estratégias Para a Implementação da Gestão das Águas Subterrâneas no Curso Inferior da Bacia do Rio Doce

O gerenciamento dos recursos hídricos além de envolver um conjunto de procedimentos integrados de planejamento e administração, requer o conhecimento da unidade hidrográfica, sob vários aspectos, tais como: a sua condição sócio-econômica, seu condicionamento físico (geologia, clima, hidrologia, hidrogeologia), uso e ocupação do solo, ofertas e demandas dos recursos hídricos e os anseios dos usuários.

O quadro 9.2 resume o que foi levantado na bacia do Rio Doce e a partir deste diagnóstico preliminar associado ao arcabouço jurídico e institucional existente no Estado do Rio Grande do Norte foi possível elaborar algumas sugestões para o início da implantação de um Sistema de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos na bacia estudada. O diagnóstico realizado indicou o seguinte quadro:

Normalmente ao se constatar os problemas gerados pelo mal uso dos recursos naturais, os setores envolvidos com a problemática tendem a querer sanar de imediato o efeito. No entanto, tem-se verificado que os melhores resultados provêm de medidas que envolvam a sociedade fazendo-a ser participativa no processo.

Quadro 9.2 - Resumo do diagnóstico realizado na Bacia do Rio Doce

Potencial da Bacia Hidrográfica	Problemas Verificados
<ul style="list-style-type: none"> • Elevado potencial hídrico subterrâneo, concentrado principalmente no curso inferior da bacia, com águas de excelente qualidade; • Apenas 10% da área da bacia apresenta problemas com escassez, concentrado no seu curso superior; • Relevante produção de fruticulturas, (côco, banana, caju, manga, acerola e produtos hortigrangeiros, sendo referencial de abastecimento para o comércio local); • Concentra as indústrias de maior porte do Estado do RN; • Solos com grande potencial para o desenvolvimento do cultivo da fruticulturas; • Se faz presente o ano inteiro, as fontes de energia solar e eólica; • Região com expressivo visual paisagístico, representados pelas dunas, rios, lagoas e mar, em processo de desenvolvimento turístico; • Temperaturas estáveis (24,4° a 26,5°), durante todo o ano. • Compreende parcialmente cinco municípios, com estruturas de escolas, secretarias de educação e saúde, para atuar nos programas de educação ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconhecimento, por parte dos usuários, do potencial hídrico subterrâneo e dos efeitos impactantes a que estão submetidos, por parte dos usuários; • Falta de saneamento básico; • Desperdício de água no curso inferior da bacia; • Lançamento de lixo diretamente no solo em vários pontos da bacia; • Execução de obras hídricas (barramentos, poços tubulares, desvios dos cursos de água), sem a licença prévia do órgão gestor dos recursos hídricos; • Falta de dados hidrometeorológicos; • Falta de monitoramento dos corpos d'água; • Incidência de doenças de veiculação hídrica, esquistossomose, cólera, hepatite viral e verminoses.

Fonte: (CASTRO, 2000)

De acordo com os exemplos de gerenciamento dos recursos hídricos no mundo, tem-se constatado que os modelos que foram bem sucedidos adotaram, inicialmente, a concepção de que os assuntos sobre a água deveriam ser tratados junto aos seus usuários, tendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão e leis aplicáveis.

O modelo brasileiro vem adotando estes princípios e no caso particular do Rio Grande do Norte existem exemplos de algumas bacias hidrográficas que estão correspondendo positivamente, principalmente no que se refere a participação dos usuários neste processo.

No caso específico da Bacia do Rio Doce, com diversidades climáticas e sócio-econômicas, bem caracterizadas, torna-se necessária a representação dos anseios da população, através das associações dos usuários de água e comitês de bacias. Junto a esta estrutura é indispensável a implementação das licenças dos poços tubulares e da outorga do direito de uso da água subterrânea.

9.6.1 - Associação dos Usuários

São organizações livremente criadas pelos usuários de um determinado corpo d'água sem fins lucrativos, com prazo de duração indeterminado e com responsabilidade fiscal perante os Governos Federal, Estadual e Municipal. É uma entidade autônoma, criada e organizada democraticamente, sem nenhuma vinculação político-partidária e isenta de qualquer ingerência do Órgão Gestor dos Recursos Hídricos e de outras Instituições Governamentais e/ou Estrangeiras.

Apresentam como objetivos gerais:

- (i) desenvolver a capacidade da bacia para atingir soluções integrais e sustentáveis dos seus problemas de ambiente e saúde;
- (ii) colaborar com o poder público estadual na administração dos corpos d'água, para o efetivo controle do fornecimento de água aos associados, em quantidade e qualidade compatíveis com suas necessidades;
- (iii) defender os direitos dos associados junto ao poder público, especialmente nas questões referentes ao atendimento de suas necessidades de água;
- (iv) fortalecer a organização, promovendo a efetiva participação de seus associados em campanhas de educação, levantamento de dados e outras iniciativas do poder público, para a gestão de recursos hídricos, na área de sua jurisdição;
- (v) participar de campanhas educativas de preservação ambiental promovidas na comunidade; participar da limpeza dos corpos d'água, através dos usuários associados à mesma, contribuindo para a sua preservação, conservação e controle das doenças de veiculação hídrica e participar de atividades para formação e funcionamento do Comitê de Bacia. Para alcançar seus objetivos, a associação poderá assumir compromissos formais, com entidades públicas ou privadas, sem perder a individualidade e poder de decisão, (RÊGO, 1999).

9.6.1.1 - Estratégias

Mecanismos de participação dos usuários deverão ser gerados para fazer com que as autoridades e os setores representativos da população possam conhecer e decidir sobre os problemas existentes, as prioridades e os enfoques para resolvê-los.

Deverá ser incluída a exposição de soluções graduais e sustentáveis para resolver os problemas de ambiente e saúde e a promoção do uso de uma tecnologia compatível com a realidade e cultura. A finalidade será gerar mudanças de conduta para fazer com que a população adote estilos de vida viáveis que possibilitem que as cidades inseridas na bacia sejam sustentáveis.

Na estrutura e desenvolvimento dos projetos será considerada sua projeção a nível de gerenciamento nacional e regional para obter resultados que sirvam como modelo às outras bacias com problemas similares.

9.6.1.2 - Metodologia de Implementação

a) Para uma melhor organização da associação é fundamental que seja criado um Estatuto Social que compreende o regimento interno da entidade, constituindo um documento sintético, elaborado pela própria comunidade e apresentado em Assembléia Geral de Constituição da Associação, para debate e aprovação.

b) instalação de uma Comissão Organizadora Provisória (COP) com os seguintes objetivos:

- (i) iniciar o processo de criação da Associação de Usuário de Água;
- (ii) elaborar o anteprojeto do Estatuto Social, que deverá ser submetido à aprovação da Assembléia Geral;
- (iii) elaborar o edital de convocação para a realização desta Assembléia;
- (iv) preparar toda a documentação necessária à constituição da futura associação.

Esta Comissão deverá funcionar como um colegiado, tomando decisões por consenso e dividindo as responsabilidades igualmente. Todo este processo deverá ser acompanhado pelo órgão gestor dos recursos hídricos.

De acordo com o Modelo de Gestão dos Recursos Hídricos adotado pelo Estado do RN, cabe a Secretaria de Recursos Hídricos (SERHID), orientar os membros da Comissão Organizadora, a fim de que sejam efetuados corretamente todos os passos legais e gerenciais, para a organização da entidade, porém não estará presente à Assembléia Geral de Constituição da Associação. Esta será uma das claras demonstrações de que a Secretaria nunca adotará uma

postura intervencionista ou tuteladora. Atualmente o programa de associações de usuários de água da SERHID, orienta que sejam seguidas as seguintes providências:

- a) através de uma Assembléia Geral de Constituição da Associação dos Usuários de Água será escolhido o seu presidente;
- b) aprovado o Estatuto Social o presidente proclamará constituída a associação e convida os presentes a procederem a eleição dos membros da Diretoria Executiva e Conselho Fiscal;
- c) concluída a votação e apuração dos votos, o presidente da Assembléia proclamará nominalmente os eleitos, indicando os respectivos cargos e declara-os empossados;
- d) está oficialmente constituída a associação, investidos os membros da Diretoria Executiva e do Conselho Fiscal, registrados em ata , podendo a Assembléia ser encerrada. A ata deve ser subscrita por todos os presentes. A SERHID expedirá um “CERTIFICADO DE CREDENCIAMENTO”, admitindo-a oficialmente como interlocutora válida junto ao Governo do Estado;
- e) constituída a associação, o passo seguinte será a preparação da documentação da entidade objetivando o seu perfeito funcionamento. O registro da Associação deverá ser feito no cartório da cidade, no livro “B – Das Pessoas Jurídicas”, que deverá ser pleiteado pelo presidente da entidade, em requerimento formal, anexando a este a cópia do CIC, Carteira de Identidade, do Estatuto Social, da Ata de Constituição da Associação e a relação de todos os membros da Diretoria Executiva e do Conselho Fiscal, contendo os nomes completos, endereços e número da carteira de identidade e órgão emissor. Todos os documentos deverão ser apresentados sem rasuras ou emendas. Nessa fase a SERHID poderá prestar as orientações necessárias;
- f) se algum trabalho da associação não for inteiramente voluntário e a entidade tiver que admitir um único emprego, deverá passar a recolher INPS, FGTS e PIS, apresentar Relação Anual de Informações Sociais – RAIS, preencher Ficha de Registro de Empregados – FRE e organizar os arquivos dessa documentação;
- g) a diretoria deverá solicitar a inserção da associação na Receita Federal do Estado para obtenção de sua inscrição no Cadastro Geral de Contribuintes – CGC;
- h) A associação criada, independentemente do seu porte, deve contar, obrigatoriamente, com livro caixa, livro de matrícula dos associados e livros de atas das reuniões de Diretoria, Conselho Fiscal e Assembléias Gerais;
- i) concluída a fase documental, a diretoria deve concentrar seus esforços no aparelhamento da entidade para o seu normal funcionamento.

A estrutura organizacional para o funcionamento da gestão dos recursos hídricos na bacia do rio Doce está representada na figura 9.3, sugerindo a implantação de uma associações de usuários e um comitê de bacia.

Figura 9.3 - Unidades básicas de apoio ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos na bacia do rio Doce
Fonte: (CASTRO, 2000)

9.6.2 Comitê de Bacia

A atual política de recursos hídricos contempla como principal estratégia a descentralização das decisões e ações, sendo os comitês de bacia sua maior expressão. Estes comitês visam a gestão e definição de políticas regionais de recursos hídricos e tem como diretriz definir as prioridades para a sustentabilidade ambiental da bacia.. Os resultados das discussões regionais deverão gerar o plano da bacia. Os comitês são constituídos por representantes dos municípios, estado e sociedade civil.

OLIVEIRA (1998) trata da experiência da implantação de um processo de gestão ambiental dos recursos hídricos, na Bacia do Mogi-Guaçu e do Pardo, SP, em que as águas subterrâneas é o recurso estratégico.

No Brasil, as regiões onde as águas subterrâneas têm essa importância, requerem maior habilidade, com relação à implementação de programas específicos de planejamento e

gestão para estes mananciais, devido o vácuo institucional, conseqüentemente são raros os comitês de bacia que priorizam a gestão para estes recursos.

Essa situação, propicia o extrativismo das águas subterrâneas nos setores privado e público, de modo que qualquer indústria, condomínio, irrigante ou indivíduo pode perfurar um poço na sua propriedade sem nenhum controle federal, estadual ou municipal e, freqüentemente, sem tecnologia apropriada. Em conseqüência, aumentam o risco de contaminação, as interferências indesejadas e as super-explorações de água nos aquíferos. No caso do comitê do Mogi-Guaçu (CBH-Mogi), foi um dos primeiros do Estado de São Paulo a priorizar as águas subterrâneas como recurso estratégico e agir nesta direção. Tal experiência relatada por OLIVEIRA (1998), mostra que mesmo o estado de São Paulo dispondo de uma legislação de águas subterrâneas (lei n.º 6.134/88), os primeiros desafios já estão sendo revelados, na implementação dos comitês de bacias direcionados para as águas subterrâneas. Como exemplos são citados a assimetria de informação e o desnivelamento técnico e institucional entre os participantes, principalmente do poder público estadual, no que tange aos processos decisórios.

O estado do Rio Grande do Norte, ainda não dispõe de uma legislação para as águas subterrâneas, embora já esteja contemplada no Programa de Gestão dos Recursos Hídricos Estadual. No entanto, isto não impede a criação de comitês direcionados para a gestão destes mananciais.

Com base no diagnóstico realizado no âmbito deste trabalho, sugere-se algumas prioridades para discussões no Comitê da Bacia do Rio Doce (CBRD).

Tendo sido instalado o comitê poderão ser inicialmente realizados alguns fóruns que tratem dos seguintes temas:

- (i) realidade sócio-econômica da bacia;
- (ii) a potencialidade do aquífero Barreiras, sua importância como insumo básico no desenvolvimento regional e os impactos de uma super-exploração;
- (iii) comportamento das ofertas e demandas do aquífero;
- (iv) a forma que está sendo ocupado o solo, as principais fontes de contaminação e seus impactos nas águas subterrâneas;
- (v) incidência das doenças de veiculação hídrica na bacia;
- (iv) os usuários do respectivo aquífero;
- (v) a Política Estadual de Gestão dos Recursos Hídricos e o funcionamento do Sistema Integrado de Gestão dos Recursos hídricos (SIGERH);

(vi) a legislação estadual de recursos hídricos

A realização destes fóruns possibilitará ao comitê conhecer o comportamento da área sob os principais aspectos que interferirão nas tomadas de decisões e servirá de base para a elaboração do Plano de Gestão da Bacia. Recomenda-se, que na sede do comitê, no curso inferior da bacia, disponha de todas informações e dados para consulta dos seus usuários.

9.6.3 - Concessão de Licença Para Construção de Obras de Infra Estrutura Hídrica

O Decreto Nº 13.283, de 22 de março de 1997, em seu Art. 23. consta que sem prejuízo de outras licenças exigíveis, dependerá de licença prévia da Secretaria de Recursos Hídricos (SERHID) a implantação, ampliação e alteração de projeto de qualquer empreendimento que demande a utilização de recursos hídricos, superficiais e/ou subterrâneos, bem como a execução de obras ou serviços que alterem o seu regime em quantidade e /ou qualidade. A licença prévia será expedida, mediante parecer técnico, após exame dos documentos de que trata o artigo 28 deste regulamento, autorizando a implantação de obra ou serviço de oferta hídrica, de acordo com as especificações do projeto aprovado.

Na bacia do rio Doce as principais estruturas hidráulicas consistem em poços tubulares e cacimbões. No curso inferior estas obras captam água do meio poroso, (aquífero Barreiras). O poço tubular ou cacimbo deverá ser construído atendendo as normas técnicas características de uma obra de engenharia geológica, hidráulica e sanitária. Neste sentido sugere-se que as seguintes informações façam parte do processo de requerimento da licença da obra:

1) Informações sobre o empreendimento:

- 1.1) Identificação da empresa responsável pela perfuração do poço, e do responsável técnico de nível superior com seus respectivos registros do CREA e ART da obra;
- 1.2) Finalidade da obra;
- 1.3) Benefícios a serem alcançados

2) Informações sobre a área do projeto:

- 2.1) situação em relação a bacia hidrográfica, municípios, núcleos urbanos;
- 2.2) situação em relação a corpos de água superficiais;
- 2.3) situação em relação a lagoas de estabilização, postos de combustível; cemitérios, lixões, distritos industriais, áreas irrigadas, fossas e outras fontes potenciais de poluição;
- 2.4) croqui com a localização do poço, cota do terreno e coordenadas geográficas.

3) Informações Hidrogeológicas:

- 3.1) levantamento de poços existentes e respectivas vazões extraídas, no local e circunvizinhanças;
- 3.2) estimativas de parâmetros hidráulicos do aquífero a ser explotado
- 3.3) em caso de grandes projetos (abastecimento público, indústrias ou irrigação), indicar: número de poços previstos; distância entre os poços, e interferências previstas;
- 3.4) para os poços que serão utilizados no abastecimento público, deverão ser apresentadas as Áreas de Proteção de Poços, (APPs), cujas normas técnicas deverão constar na legislação das águas subterrâneas;

4) Informações sobre a obra de captação:

- 4.1) estimativa da profundidade do poço;
- 4.2) método de perfuração a ser empregado;
- 4.3) diâmetro de perfuração;
- 4.4) estimativa da vazão do poço;
- 4.5) previsão da coluna litológica;
- 4.6) previsão da provável posição dos níveis estático e dinâmico;
- 4.7) caracterização da natureza e previsão da granulometria do pré-filtro;
- 4.8) tipo, diâmetro e estimativa de revestimento de tubos lisos e filtros;
- 4.9) indicação do trecho previsto de cimentação sanitária;
- 4.10) indicação do tipo de desinfecção do poço;

9.6.3.1 - Especificações Técnicas e Construtivas

No médio e baixo curso da bacia, (aquífero Barreiras), foram identificadas expressivas variações litológicas, nas fichas técnicas dos poços, nesse sentido recomenda-se que as amostras dos estratos perfurados, devam ser coletadas a cada 2,0 metros ou a cada mudança litológica.

- i) A lama de perfuração nos poços perfurados pelo método rotativo com circulação direta deve ter seus parâmetros físicos e químicos controlados durante os trabalhos, com a finalidade de evitar danos ao aquífero e facilitar a limpeza do poço.
- ii) Quando os poços forem locados em áreas urbanizadas, verificar nos poços já existentes a possível presença de nitrato.

iii) O desenvolvimento do poço deve ser efetuado através da combinação de métodos de acordo com as características do aquífero, até que a turbidez e concentração de areia atinjam limites admissíveis.

iv) Os testes de bombeamento devem ser realizados com equipamentos adequados, evitando a utilização de compressor de ar comprimido. Recomenda-se os seguintes cuidados:

- para facilitar a medição de níveis durante a execução dos testes, sugere-se que seja instalada uma tubulação-guia de 3/4" até a profundidade destinada à câmara de bombeamento, que poderá ficar definitivamente instalada para monitoramento do poço;
- a duração do teste de bombeamento deve ser no mínimo de 24 horas;
- no caso dos testes escalonados devem ser realizados em etapas de mesma duração, com vazões progressivas, em regime contínuo de bombeamento, mantendo-se a vazão constante em cada etapa.

vi) A coleta de amostras de água para análise físico-química deve ser realizada durante a execução dos testes de bombeamento, em frascos de pelo menos um litro devidamente lavado com água do poço. As amostras para análise bacteriológica devem ser coletadas em frascos esterilizados fornecidos por laboratório de análises. O período entre a coleta e a entrega no laboratório não deve ser superior a 24 horas.

vii) Concluídos os testes de bombeamento, deverá ser feita a cimentação sanitária, compreendida no espaço anular entre o tubo de revestimento e a parede de perfuração.

O diagnóstico da bacia do rio Doce caracterizou que o abastecimento público através de poços tubulares é a fonte mais segura, tendo em vista a garantia da oferta e que os corpos d'água superficiais são regularizados através do sistema aquífero Dunas/Barreiras.

O perfil sócio econômico do Estado do Rio Grande do Norte realizado pelo INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (IDEMA, 1997), mostrou que dois dos municípios que estão inseridos na bacia do rio Doce, estão entre os municípios que apresentaram maior crescimento populacional. O município de São Gonçalo do Amarante com uma taxa de crescimento populacional de 4,56% ao ano é o terceiro município na classificação da análise da densidade demográfica apresentando 217,14 hab./km². O município de Extremoz com uma taxa de crescimento populacional de 3,58% ao ano, apresenta-se na sétima posição entre os 150 municípios quando analisado sobre o aspecto da densidade demográfica com 131,66 hab./km².

No entanto, à medida que aumenta o crescimento populacional há consequentemente um aumento das fontes dispersas de contaminação, que diz respeito às

fossas sépticas e esgotos, já que estes municípios não dispõe de saneamento básico. Foi verificado no curso inferior da bacia, que embora os teores de nitrato em muitos pontos do aquífero não tenham atingido níveis elevados, a tendência geral observada é de aumento. Trabalhos realizados na grande Natal, com características hidráulicas semelhantes as da área citada, (CASTRO, 1994) e (MELO, 1995 1998), tem revelado que o número de poços contaminados por nitrato não têm cessado de crescer.

Portanto, restringir o uso do terreno em torno dos poços de captação para o abastecimento público, constitui uma das formas de se evitar contaminações indesejadas. Os primeiros trabalhos científicos que estabelecem estas áreas de proteção datam da década de trinta, (KNOR, 1937 apud SCHILEYER et al. 1992) e as primeiras experiências foram na Europa no século passado.

Nos Estados Unidos para assegurar a qualidade da água bombeada em poços ou bateria de poços para abastecimento público, foi criado o Programas de Proteção de Poços (Wellhead Protection Program), PPP, através de emendas ao Safe Drinking Water Act (SDWA), em junho de 1986. Este programa visa delinear as denominadas “áreas de proteção de poços” (Wellhead Protection Areas), APP, para todas as obras de captação da rede de abastecimento público daquele país. As emendas de 1986 requisitam de cada estado americano a preparação de um PPP, designam o United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA) o órgão responsável pela orientação técnica no desenvolvimento do PPP e estabelecem o prazo de 3 anos para a sua apresentação (CLEARY, 1992).

Porém, diante da constatação dos indícios de contaminação das águas subterrâneas na região será de relevante conveniência a inserção das delineações das denominadas áreas de proteção de poços para todos as unidades de captação de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público. Estas áreas de proteção poderão fazer parte da documentação dos requerimentos de licenças para a construção de poços. O quadro 9.3, mostra os exemplos de aplicações de métodos de delineamento das Áreas de Proteção de Poços (APP) e locais onde foram utilizados.

Quadro 9.3 - Aplicações de métodos de delineamentos de APP

MÉTODOS PARA DELINEAÇÃO DAS APPs	LOCAIS ONDE FORAM UTILIZADOS
Raio Fixo Arbitrário	Nebraska, Flórida, Cape Cod, Massachusetts
Raio Fixo Calculado	Flórida, Vermont
Formas Variadas Simplificadas	Sul da Inglaterra
Métodos Analíticos	Cape Cod, Massachusetts, Alemanha Oriental, Holanda
Mapeamento Hidrogeológico	Vermont, Connecticut, Cape Cod, Massachusetts
Modelos Numéricos de Fluxo/Transporte	Sul da Flórida, Cape Cod, Massachusetts

Fonte: (Traduzido e modificado de U.S.EPA, 1988 apud CLEARY, 1992)

9.6.3.2 - Metodologia Para a Expedição de Licenças Para Obras Hídricas

A expedição de licenças para obras hídricas no Estado do Rio Grande do Norte compreende o seguinte processo de tramitação:

O requerente solicita a outorga, em formulário padrão adequado ao seu uso, sob protocolo do Órgão Gestor (atualmente Secretaria de Recursos Hídricos), que encaminha à Coordenadoria de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH), para instrução do processo e esta por sua vez encaminha à Subcoordenadoria de Planejamento (SUPLAN). Uma análise preliminar do pleito é realizada e nesta fase é verificado se o processo consta apenas de uma consulta ou se é a licença propriamente dita. Em caso de consulta a SUPLAN emite parecer havendo duas situações: se o parecer for favorável a equipe técnica da SUPLAN encaminha o processo para a COGHER com os devidos esclarecimentos para a elaboração do projeto; no caso do parecer ser negativo, a decisão denegatória é comunicada ao requerente. Quando se tratar do próprio requerimento de licença a equipe técnica concluirá se o projeto e os documentos são satisfatórios ou não para a análise técnica, havendo nesta fase duas alternativas:

Informações Insuficientes:

Quando o requerimento não apresentar as informações suficientes, a COGERH através de correspondência solicita a reformulação do projeto e/ou a complementação das informações.

Informações Suficientes:

No caso da análise preliminar concluir pela suficiência de informações, a equipe técnica da COGERH realizará a análise técnica para a emissão de um parecer que apresentará, duas situações:

Parecer Não Favorável

O parecer técnico ao recomendar a não expedição da licença, será encaminhado a COGERH, que comunicará ao requerente a decisão denegatória do seu pedido de licença. Da decisão denegatória da licença caberá recurso administrativo ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH, em última instância administrativa, no prazo de 15 (quinze) dias, contados da data da efetiva ciência ao interessado. Quando houver interposição de recurso, a COGERH deverá reunir o CONERH, para apreciação da matéria e tomará providências a cerca das suas deliberações, na qualidade de Secretaria Executiva do Conselho.

Parecer Favorável

Nesta condição, o parecer técnico ao recomendar a expedição, a COGERH, expedirá a licença através de portaria que será publicada no Diário Oficial do Estado. A figura 9.4 apresenta o fluxograma dos procedimentos de licenciamento de obras hidráulicas.

9.6.4 Concessão de outorga

9.6.4.1 - Aspectos Conceituais

Outorgar significa consentir, aprovar, dar o direito. A outorga do direito de uso dos recursos hídricos constitui um forte instrumento de gestão, pois quando se pratica a outorga está se permitindo ter o conhecimento e o controle dos múltiplos usos da água. O uso desse instrumento de gestão dos recursos hídricos requer um embasamento técnico, e conhecimento dos problemas relacionados a cada bacia hidrográfica. É necessário que exista um aparato jurídico que estabeleça a ordem de dominância desses recursos hídricos e reafirme o caráter público e inalienável das águas. Este aparato jurídico contém as “normas estruturais” que determinam a matriz básica de direitos sobre os recursos hídricos. As definições de dominialidade e as modalidades de outorga de concessões para exploração de recursos hídricos são as principais normas estruturais existentes no Direito Brasileiro em matéria de água.

O fundamento legal das outorgas encontra-se estabelecido no artigo 42 do Código de Águas, cujas normas foram contempladas pela Constituição Federal, e consolidadas com a lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

Figura 9.4 - Fluxograma dos procedimentos para licenciamento de obras hidráulicas
Fonte: (SERHID)

A lei federal 9.433/97, no que se refere à outorga do direito de uso da água especifica que a outorga será efetivada por ato da autoridade competente do poder executivo federal, dos Estados ou do Distrito Federal. O poder Executivo Federal deverá articular-se com os Estados e o Distrito Federal na outorga de águas de bacias sob o domínio federal e estadual, podendo também delegar aos mesmos competência para conceder a outorga em corpos de água sob o domínio da união, (art. 15).

As ações que envolvem a outorga do direito de uso e licenciamento dos recursos no Estado do Rio Grande do Norte, teve início com o Decreto nº 13.283, de 22 de março de 1997, que regulamenta o inciso III do art. 4º da lei nº 6.908, de 1º de julho de 1996, que dispõe sobre a Política estadual de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

De acordo com a legislação vigente, a outorga confere ao usuário o direito de uso de determinada vazão ou volume de água, de uma fonte específica, para um certo uso, por um período definido, em condições intransferíveis. Dentro deste contexto a concessão da outorga requer uma sistemática de avaliação. A bacia do rio Doce concentra a maior diversidade de usos no seu curso inferior, através da exploração dos poços tubulares e da lagoa de Extremoz.

De acordo com os dados levantados, foi verificado que o consumo atual de águas subterrâneas (aquífero Barreiras), da bacia do rio Doce, é da ordem de $21,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, (capítulo 8.0). No balanço das entradas e saídas de água no sistema lacustre foi estimado um aporte de água subterrânea para a lagoa de $17 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Considerando este volume e as retiradas de águas captadas dos poços tubulares verifica-se que a demanda total atual de águas subterrâneas, é de aproximadamente $38,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, o equivalente a 50% das reservas reguladoras do sistema aquífero Dunas/Barreiras no curso inferior da bacia do rio Doce.

Sob o ponto de vista das águas subterrâneas (aquífero Barreiras) na bacia hidrográfica do rio Doce, verifica-se que há uma necessidade de gerenciamento intensiva, considerando que as demandas estimadas para o ano de 2010 atingirá uma cifra da ordem de $59,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, o equivalente a 70% das reservas reguladoras

Face à relevante importância da outorga como instrumento de gestão, são apresentadas, algumas sugestões que poderão fazer parte dos procedimentos na sistemática de avaliação da outorga de águas subterrâneas no curso inferior da bacia do rio Doce.

9.6.4.2 Outorgas Para os Poços Tubulares Com Finalidade Para o Abastecimento Público, Administrados Pelas Empresas Concessionárias

As outorgas para águas subterrâneas serão precedidas pelo processo de licenciamento dos respectivos poços de exploração. Em relação aos poços construídos com antecedência à nova legislação, estes deverão ser inseridos no banco de dados do órgão gestor através do cadastro realizado no âmbito deste trabalho, anexo 01 e das suas futuras atualizações.

O abastecimento humano, tanto na legislação estadual como na federal, é considerado “uso prioritário das águas”, fazendo com que seja objeto de uma análise criteriosa.

Na área em questão o consumo atual de água subterrânea (sistema aquífero Dunas/Barreiras) destinado para o uso humano é da ordem de $14,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, sendo que $12,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, são explorados pelas empresas concessionárias, o correspondente a 57% de todo o volume explotado do aquífero Barreiras no curso inferior da bacia

Atualmente os poços tubulares gerenciados pelas concessionárias estão concentrados na margem da lagoa de Extremoz (Ponta Grossa), compreendendo uma bateria de 07 poços tubulares e no bairro de Gramoré, englobando um conjunto de 12 poços tubulares. O maior problema diagnosticado foi a presença de nitrato, no bairro de Gramoré, que em alguns poços tubulares, os teores já superam o limite de 45 mg/L. É recomendável que neste caso o Órgão Gestor dos Recursos Hídricos exija como parte dos documentos estudos específicos sobre a evolução dos teores de nitrato no local, indicando a fonte e as possíveis soluções do problema. É de suma importância que no processo do pedido da concessão da outorga sejam indicadas as áreas de proteção (APP), destes poços.

A comissão técnica responsável pela análise do pedido de outorga definirá o período da concessão de acordo com as informações prestadas, através dos estudos realizados, de forma que as renovações das outorgas estejam atreladas aos estudos requisitados pelo órgão gestor.

Nos casos dos poços tubulares que após todas as providencias tomadas, continuarem a apresentar teores acima de 45 mg/L, NO_3^- , (limite estabelecido pela Organização Mundial de Saúde) recomenda-se que sejam desativados, evitando dessa forma que esses respectivos poços atuem como fonte de contaminação.

As renovações das outorgas também deverão estar atreladas às informações de monitoramento dos níveis dos poços. No caso da fonte de água subterrânea em questão (aquífero Barreiras), estas medições poderão ser realizadas no mínimo a cada 15 dias. Esta forma viabilizará um trabalho em parceria com as empresas concessionárias no monitoramento do aquífero. Estas informações serão inseridas no banco de dados do órgão gestor que serão

constantemente interpretadas, permitindo o desenvolvimento de uma metodologia prática e confiável de outorga. Da mesma forma serão exigidas nos pedidos de outorga as análises físicas, químicas e bacteriológicas. Estas análises deverão ser inseridas no banco de dados da bacia do rio Doce com a finalidade de acompanhar a evolução da qualidade das águas subterrâneas.

9.6.4.3- Outorgas Para os Poços Tubulares Com Finalidade Para o Uso Industrial

A disponibilidade de água de boa qualidade e com altos níveis de garantia de fornecimento, faz com que a área em apreço seja atrativa para a instalação de atividades industriais, principalmente no que se refere as indústrias de bebidas e alimentos. O pólo industrial de Extremoz tem perspectiva de ampliação para os próximos dez anos. Atualmente o consumo real de águas subterrâneas para o distrito industrial de Extremoz é de $5,7 \times 10^6$ m³/ano, representando 27% do volume total de águas subterrâneas explorado atualmente na bacia. As indústrias estão instaladas no extremo leste da bacia, se posicionando a uma distancia de aproximadamente 8 quilômetros da linha de costa.

Portanto, tratando-se de uma área costeira, é necessária a realização de estudos específicos no que se refere ao comportamento da cunha salina. Em várias regiões do mundo existem problemas de gestão de recursos hídricos, associados com a exploração de aquíferos costeiros. Intensas pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de entender e controlar o mecanismo de avanço da cunha salina do oceano para o continente e assim obter orientações para o gerenciamento das explorações de água subterrânea em aquíferos costeiros. Na china a intrusão de água salgada vem ocorrendo desde 1960 e tem aumentado gradualmente a partir da década de 80, (XUE et al. 1991). A primeira rede de observação da intrusão marinha neste país foi instalada na região da baía de Laizhóu (Província de Shandong), em 1988, onde a situação estava tornando-se grave. O estudo visava avaliar o impacto antrópico na intrusão de água do mar e o desenvolvimento de um modelo de transporte soluto tridimensional a fim de predizer a intrusão. Foi constatada a ocorrência de uma interface abrupta relacionada aos poços de bombeamento que estão concentrados e o fluxo é relativamente estável, (exemplo típico em indústrias e bateria de poços para abastecimento público, (WU, J. et al. 1993).

Dentro desse contexto, em que uma bacia costeira concentra um polo industrial em desenvolvimento, é necessário que o programa de gestão dos recursos hídricos contemple informações sobre este assunto nas indústrias, com o objetivo de que os dirigentes se

conscientizem que o principal produto “a água” poderá ser afetado em um futuro próximo, vindo a comprometer a sustentabilidade das referidas unidades industriais.

Portanto, será de grande valia o monitoramento deste aquífero direcionado para o estudo da intrusão marinha de forma a ser realizada uma parceria entre as unidades industriais, as concessionárias e o órgão gestor. Neste sentido, visando a viabilidade e sustentabilidade deste programa de monitoramento sugere-se a vinculação deste às concessões e renovações das outorgas às indústrias.

9.6.4.4 - Outorgas Para os Poços Tubulares Com Finalidade Para o uso na Irrigação

As informações prestadas quanto ao tipo de cultura e a quantidade de fertilizante aplicada é de suma importância, tendo em vista que alguns pesquisadores têm sugerido que as taxas de lixiviação sejam expressas em termos da proporção de perdas da carga aplicada. Devendo-se considerar que o nitrato lixiviado dos fertilizantes é resultado da acumulação de nitrogênio total no solo e somente uma menor parte provém diretamente dos fertilizantes aplicados para o mesmo ano agrícola (HIRATA, 1994).

As questões associadas ao método de irrigação escolhido, principalmente o turno de rega e a eficiência esperada na aplicação do mesmo, são os pontos críticos na determinação da demanda hídrica. A equipe técnica responsável pela análise do pedido de outorga, deverá priorizar a melhoria na eficiência, sinalizando para os usuários a necessidade de diminuir perdas e melhorar as técnicas de irrigação.

Mudanças nas práticas agrícolas têm sido recomendadas, com o objetivo de diminuir a carga de fertilizantes nas águas subterrâneas: como o controle das taxas de irrigação, evitando o excesso hídrico, (HUBBARD et al. 1984); uso de compostos que inibam a oxidação de fertilizantes por microorganismos (BREMNER et al. 1986); uso alternado do solo por plantações de leguminosas e não leguminosas, com aplicação de fertilizantes orgânicos e não orgânicos (CAST, 1985 apud ALLERT et al. 1987).

A equipe técnica responsável pela análise do pedido de outorga, deverá delimitar os corpos de águas superficiais que poderão sofrer impactos dos fertilizantes e definir períodos para que sejam realizadas análises das águas para a verificação da presença de possíveis contaminantes provenientes das atividades agrícolas. Durante a visita técnica, deverão ser cadastrados os poços que estejam na área do projeto de irrigação. As renovações da outorga estarão vinculadas às informações do monitoramento dos níveis de água destes poços e as

respectivas análises das águas a serem exigidas no processo da concessão da outorga. O quadro 9.4 lista os compostos fertilizantes usualmente utilizados e seus respectivos comportamentos em subsuperfície.

9.6.4.5 - Metodologia da Expedição de Outorgas

A expedição de outorgas no Estado do Rio Grande do Norte compreende o seguinte processo de tramitação;

O requerente solicita a outorga, em formulário padrão adequado ao seu uso, sob protocolo do órgão Gestor dos Recursos Hídricos, atualmente Secretaria dos Recursos Hídricos (SERHID) que encaminha a Coordenadoria de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH, para uma análise preliminar e que concluirá se as informações prestadas são suficientes ou não para a análise técnica, havendo nesta fase duas alternativas:

Informações Insuficientes:

Quando o requerimento não apresentar as informações suficientes, a COGERH através de correspondência solicita a complementação das informações.

Informações Suficientes:

No caso da análise preliminar concluir pela suficiência de informações, a equipe técnica realizará a análise técnica da demanda, diligenciando todas as ações cabíveis para a emissão de um parecer que apresentará, naturalmente, duas situações:

Parecer Não Favorável

O parecer técnico ao recomendar a não expedição da outorga será encaminhado a COGERH, que de acordo com o Gabinete, comunicará ao requerente a decisão denegatória do seu pedido de outorga. Da decisão denegatória da outorga caberá recurso administrativo ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), em última instância administrativa, no prazo de 15 (quinze) dias, contados da data da efetiva ciência ao interessado. Quando houver interposição de recurso, a COGERH deverá reunir o CONERH, para apreciação da matéria e tomará providências a cerca das suas deliberações, na qualidade de Secretaria Executiva do Conselho.

Parecer Favorável

Nesta condição, o parecer ao recomendar a expedição da outorga, a COGERH realizará o cadastramento definitivo da outorga e fará a preparação de toda a documentação necessária, que juntamente com o Gabinete, expedirão a outorga através de portaria que será

publicada no Diário Oficial do Estado. A figura 9.5 apresenta o resumo do procedimento que os processos de requerimento de outorgas estão submetidos.

Quadro 9.4 - Resumo das características dos principais fertilizantes agrícolas.

Tipo	Adsorção no Solo	Mobilidade no Solo		Transformação		Possíveis Contaminantes	
		Cátions	Ânions	Quim.	Biol.	Cátions	Ânions
De Nitrogênio							
Nitrato de Cálcio	baixo, s/e Ca	baixa	Alta		*	NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
Salitre de Amônio	parcial s/e NH ⁴	baixa	Alta		*	NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
Salitre de Sódio	baixa s/e Na	baixa	Alta		*	NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
Salitre de Potássio	baixa s/e K	baixa	Alta		*	NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
Salitre de Amônio e Cal	aumento NH ⁴	baixa	Alta		*	NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
Sulfato de Amônio	parcial s/e NH ⁴	baixa	Média		*	NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
Amoníaco Líquido	alta NH ⁴	baixa	Alta	*		NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
Água amoniacal	parcial NH ⁴	baixa	Alta	*		NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
Uréia	parcial NH ⁴	baixa	Alta	*		NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
Cianamida Cálcica	parcial NH ⁴	baixa	Alta	*		NH ⁴	NO ³ , NO ⁴
De Fósforo							
Surfossato	muito alta	Extrema e baixa					HPO ⁴
Surfossato Granulado	muito alta	Extrema e baixa		*			HPO ⁴
Tri-Surfossato	muito alta	Extrema e baixa		*			HPO ⁴
Fossato Pulverizado	muito alta	Extrema e baixa		*			HPO ⁴
Pó de Thomas	muito alta	Extrema e baixa					HPO ⁴
Superfossato simples	muito alta	Extrema e baixa		*			HPO ⁴
+ Fossato Cru							
De Potássio							
Cloreto de Potássio	baixa, s/ e K	baixa	alta			K	Cl
Cloreto de Potássio	baixa, s/ e K	baixa	baixa			K	Cl
Sulfato de magnésio							
Kainit	baixa, s/ e K	baixa	alta			k	Cl
Sulfato de Potássio	baixa, s/ e K	baixa	média			K	Cl
NPK combinado	aumentada	baixa	alta	*	*	K	NO ³ , NO ⁴

Fonte: (VRBA & ROMIJN, 1986)

Figura 9.5 - Fluxograma dos procedimentos para a expedição da outorga do direito de uso da água
Fonte: (SERHID)

10 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na última década houve uma evolução extraordinária no que se refere a modelos de gerenciamento dos recursos hídricos, colocando a disposição dos especialistas novas técnicas e ferramentas que vêm ajudar nas tomadas de decisões, facilitando as soluções de conflitos. No entanto, apesar da disponibilidade de excelentes modelos computacionais os pesquisadores enfrentam sérios problemas no que se refere à falta de dados hidrológicos nas bacias hidrográficas gerando incertezas que comprometem o gerenciamento dos recursos hídricos, tendo em vista que não existem métodos confiáveis para estimativa de disponibilidade hídrica na ausência de dados, prejudicando os estudos de avaliação da qualidade das águas e os de apoio à instituição de processos de outorga. Em consequência, devido às avaliações incorretas, pode-se considerar viável um aproveitamento inviável ou o inverso.

A tomada de decisão no gerenciamento dos recursos hídricos requer técnicas adequadas e firmeza na aplicação dos critérios legais de proteção de direitos prioritários e de projeções reais para o futuro. Portanto, inicialmente é necessário, ter no mínimo, o conhecimento da bacia hidrográfica do ponto de vista de seu comportamento climático, hidrológico, hidrogeológico, uso e ocupação do solo, qualidade da água, usuários dos recursos hídricos, ofertas e demandas. Dentro deste contexto, este estudo contemplou uma primeira parte que foi o diagnóstico da bacia hidrográfica estudada, que indicou a importância do potencial hídrico subterrâneo no seu curso inferior, sugerindo que fosse dada maior ênfase a um equacionamento das estratégias que servirá de apoio ao início de um gerenciamento deste potencial que se explorado adequadamente poderá dar sustentabilidade à bacia hidrográfica no futuro. Não houve a intenção de propor modelo definido e acabado, principalmente devido à falta de dados e de alguns estudos específicos, mas apresentar os fundamentos e estratégias para o órgão gestor dos recursos hídricos, que poderá ser posto em prática, enquanto estejam sendo desenvolvidos os estudos necessários para a formulação de um modelo consubstanciado.

O diagnóstico da bacia indicou que noventa por cento da área é coberta por sedimentos de idade terciário-quadernária, representados pelos sedimentos do Grupo Barreiras, (Formação Guararapes), que estão recobertos pelas areias de paleodunas, aluviões e paleocascalheiras. Sotoposto a esta formação ocorrem sedimentos cretáceos, constituídos pelos arenitos carbonáticos e calcários. O embasamento cristalino aflora no extremo oeste da área.

Os estratos arenosos inferiores do Grupo Barreiras constituem efetivamente a unidade geológica aquífera, encontrando-se limitada na sua parte superior por sedimentos heterogêneos, formados predominantemente de argilas arenosas e arenitos argilosos.

Existe uma freqüente mudança lateral de fácies e passagens bruscas de argilas para arenitos pouco ou não argilosos, facilitando a conexão hidráulica entre as camadas. Na parte inferior, o sistema aquífero está limitado por arenitos carbonáticos. Os perfis dos poços cadastrados indicam que o aquífero Barreiras apresenta maiores espessuras saturadas no curso inferior da bacia, com média de 38,0 metros. À montante esta unidade aquífera torna-se inexpressiva, os sedimentos restringem-se a uma cobertura constituída por material arenoso de textura variada com espessuras médias de 14 metros sobrepostas ao embasamento cristalino.

O uso e ocupação do solo no domínio da bacia tem influenciado significativamente na modificação de suas características naturais com influência no regime dos escoamentos e na qualidade de suas águas. As atividades urbanas e industriais constituem fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas no curso inferior da Bacia, notadamente devido a ausência de rede de esgotos e devido o uso de sistemas de saneamento com disposição local de efluentes (fossas e sumidouros). Convém destacar ainda, uma lagoa de estabilização nas imediações do pólo industrial, de elevado risco potencial de contaminação. Isto ficou caracterizado devido à vulnerabilidade do sistema aquífero Dunas/Barreiras, no setor leste, que se comporta como um sistema livre coberto por um capeamento dunar, cuja estrutura propicia elevadas taxas de infiltração das águas pluviais. Ressalta-se, portanto, a necessidade da adoção de medidas disciplinadoras para o uso e ocupação do solo.

Os cursos superior e médio da bacia apresentam expressiva vocação agrícola, para o desenvolvimento da cana de açúcar, fruticulturas, hortigranjeiras e culturas de subsistência.

O potencial hídrico da Bacia do Rio Doce é utilizado atualmente para fins de abastecimento público, industrial, irrigação, animal e atividades de lazer. As condições de exploração são efetuadas através do bombeamento de poços tubulares, cacimbões e da lagoa de Extremoz. Entre os 275 pontos de captação de água subterrânea cadastrados, 188 são poços tubulares e 87 são cacimbões, de forma que 76% dessas estruturas hídricas são utilizados restritamente para uso humano, 15% para o uso industrial e 9% para irrigação.

No que se refere ao perfil dos usuários dos poços tubulares, 60% são particulares, 24% são gerenciados pelos serviços de abastecimento público e 16% pelas indústrias.

A forma da distribuição espacial a nível de bacia hidrográfica dos pontos d'água cadastrados, apresenta-se indicando uma forte relação com as características hidrogeológicas e sócio-econômicas da região. De modo que, à montante da bacia, onde predominam as rochas do embasamento cristalino, a quantidade de poços é significativamente inferior, havendo uma maior predominância de cacimbões com uso especificamente para consumo humano.

No curso inferior da bacia, devido a existência dos corpos de água superficiais (rios e lagoas) e do expressivo potencial do aquífero Barreiras os projetos das obras de captação e dos usos da água são mais diversificados, incluindo cacimbões e poços tubulares com diâmetros de revestimento que variam de 4,0 a 8,0 polegadas e vazões de 5 m³/h a 150 m³/h.

A potenciometria do sistema aquífero Dunas/Barreiras no curso inferior da bacia indicou duas frentes de fluxo, uma ao norte da área, com fluxo convergente para o rio do Mudo, lagoa de Extremoz e rio Doce, com gradientes da ordem de 0,97% e uma frente ao sul da área com fluxo direcionado para o rio Guajiru, lagoa de Extremoz e rio Doce, com gradientes de 0,8 %.

A descarga estimada para o setor norte foi de $42,0 \times 10^6$ m³/ano e para o setor sul, foi da ordem de $34,0 \times 10^6$ m³/ano. A vazão total do fluxo subterrâneo natural ficou estimada em $76,0 \times 10^6$ m³/ano. As reservas permanentes foram estimadas em 354×10^6 m³.

O consumo atual de águas na Bacia do Rio Doce é da ordem de $42,9 \times 10^6$ m³/ano, sendo que $21,3 \times 10^6$ m³/ano, (50%), é proveniente das águas subterrâneas do sistema aquífero Dunas/Barreiras, equivalente a 28% das reservas reguladoras.

A demanda total estimada para o ano 2010, indicou uma cifra da ordem de $59,4 \times 10^6$ m³/ano. Diante desta perspectiva a demanda de água subterrânea, (sistema aquífero Dunas/Barreiras), poderá variar em função da tomada de decisão da CAERN, em relação a exploração ou não da vazão total prevista no projeto de adução da lagoa de Extremoz que é de 1000L/s, cujo volume explorado atualmente é de 634 L/s. No caso da exploração de uma vazão de 1000L/s a demanda de água subterrânea, (sistema aquífero Dunas/Barreiras), foi estimada em 29×10^6 m³/ano, equivalente a 38% das reservas reguladoras. Entretanto, caso seja mantida a vazão de exploração atual da lagoa, (634 L/s), a estimativa da demanda de água subterrânea indicou um volume da ordem de $37,8 \times 10^6$ m³/ano, correspondente a 49,7% das reservas reguladoras.

O diagnóstico da qualidade química das águas superficiais da bacia, indicou que ocorre uma diminuição da salinidade no sentido dos escoamentos, provavelmente, devido a

maior contribuição das águas subterrâneas do sistema aquífero Dunas/Barreiras, como também a forte influência da geologia local. Ou seja: em direção à montante da bacia onde ocorrem rochas do embasamento cristalino, as águas superficiais apresentam maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos, com teores de 1000 mg/L, enquanto que no curso inferior, onde predominam os sedimentos do Grupo Barreiras, essas concentrações compreenderam uma faixa de valores entre 200 a 500 mg/L.

Em relação às águas subterrâneas, foi verificado que no curso médio da bacia os teores de sólidos totais dissolvidos apresentaram-se na faixa de 300 a 450 mg/L, atingindo valores superiores a 450 mg/L, em direção à montante. No curso inferior, da bacia, as concentrações dos sólidos totais dissolvidos, compreenderam um intervalo de 50 a 250 mg/L. No entanto, a excelente qualidade das águas subterrâneas, favorecida pelas condições climáticas e hidrogeológicas locais, está submetida aos efeitos impactantes da falta de uma estrutura adequada que acompanhe o desenvolvimento urbano e industrial no curso inferior da Bacia do Rio Doce. Essa situação se reflete nos teores de nitrato que crescem a partir de um nível geral de base de 10 mg/L, em direção aos conjuntos habitacionais da zona norte de Natal.

Diante desse quadro, o estudo indicou as seguintes sugestões para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos no curso inferior da bacia:

- Instalar poços de monitoramento em áreas criteriosamente selecionadas, que possam fornecer dados precisos sobre a variação sazonal dos níveis potenciométricos;
- É de fundamental importância a implantação de um sistema de saneamento com rede de esgotos sanitários, principalmente no parque industrial, nas áreas urbanizadas e naquelas que encontram-se em expansão urbana situadas sobre os sedimentos dunares.
- Preservar as dunas como forma de garantir elevadas taxas de infiltração de águas subterrâneas;
- Preservar a região norte da área estudada, contígua à margem direita do Rio Doce e Lagoa de Extremoz, identificada como região produtora;

Do ponto de vista do gerenciamento integrado dos recursos hídricos na bacia estudada, foram diagnosticadas duas situações, uma de escassez de água, que ocorre a montante da bacia decorrente dos aspectos quantitativos e outra de abundância de água no curso inferior, que está submetida aos efeitos impactantes do desenvolvimento industrial e urbano aliados a falta de saneamento.

Constatou-se também que a componente escassez poderá ser solucionada, contemplando as águas subterrâneas do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras que ocorrem no

curso inferior da bacia através de transposição das águas. Neste sentido, concluiu-se que a prioridade maior é a de gerenciar as águas subterrâneas no curso inferior da bacia, principalmente sob o aspecto qualitativo. Dentro deste contexto, o estudo apontou estratégias para um gerenciamento efetivo destes recursos, tendo como base a outorga do direito de uso da água, as licenças de obras hídricas, a criação da associação dos usuários das águas e de um comitê de bacia. No entanto, para que esta base tenha sustentação, sugere-se que o órgão gestor tenha uma equipe técnica capacitada, perante o conhecimento e o tratamento dos problemas da bacia. Para isto recomenda-se a execução de estudos específicos, que trate das áreas de proteção de poços, as APPs, do comportamento da cunha salina, da evolução do ion nitrato nas águas subterrâneas e da tarifação da água.

A cobrança pelo uso da água, incluindo os lançamentos de poluentes, é considerada como uma das alternativas de gerar recursos financeiros para viabilizar a implantação das soluções técnicas e gerenciais, de promover a racionalização do uso da água e de contribuir para a equidade social. No entanto, análises realizadas por LANNA (1997), mostra que este tipo de alternativa gera dúvidas no sentido de que se os custos destes programas de poluição estão de acordo com o poder aquisitivo da sociedade por um ambiente menos degradado. Neste sentido, recomenda-se que sejam realizados estudos para analisar as alternativas de cobrança pelo uso da água e da avaliação de seus impactos nos segmentos afetados.

Finalmente, recomenda-se que este conjunto de informações aliado ao arcabouço jurídico e institucional, seja apoiado com a implementação da denominada análise de recursos hídricos, que são métodos de planejamento quantitativo com múltiplos objetivos. O mais recente método introduzido, trata-se do Sistema de Suporte a Decisão (SSD). Esta ferramenta sistematiza o processo de planejamento com elementos quantitativos, destacando-se as técnicas de otimização e simulação, procurando estabelecer um alto grau de interação entre o computador e o homem, permitindo ao usuário (decisor) manter controle direto sobre as atividades computacionais e seus resultados, (BRAGA et al. 1998).

11 - BIBLIOGRAFIA

- ACQUA-PLAN. (1988). Avaliações das possibilidades de infiltração de efluentes domésticos no aquífero Dunas na área de Natal, RN. Estudos, Projetos e consultoria, Recife, PE.
- ALLERT, M.; BENNET, T.; LEHR, J. H.; PETTY, R. J. (1987). Drastic: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting. USEPA Report 600/2-85/018.
- ARAÚJO, M. F. F. (1997). Variação anual da comunidade fitoplanctônica, da clorofila e da produtividade primária na lagoa de Extremoz – RN. Dissertação de Mestrado. Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN.
- AROUCA, (1988). Reforma Sanitária Brasileira. Tema Radis, 11:2-4.
- BARTH, F. & POMPEU, C. (1987). Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. Capítulo 1 – Fundamentos para gestão de recursos hídricos. São Paulo: Nobel: ABRH. (Coleção ABRH de recursos hídricos).
- BRAGA, B.; BARBOSA, P.; NAKAYAMA, P. (1998). Sistemas de suporte à decisão em recursos hídricos. ABRH – Revista brasileira de Recursos Hídricos volume 3 n.3 jul/set 1998, 73-95.
- BRANCO, S.; M. (1986). Hidrologia aplicada à engenharia sanitária. São Paulo: CETESB/ascetesb, 3ed. 640p.
- BRANCO, S.; PORTO, R.; CLEARY, R.; COIMBRA, R.; EIGER, S.; LUCA, S.; NOGUEIRA, V.; PORTO, M. (1991). Hidrologia Ambiental - Coleção ABRH de Recursos Hídricos V. 3 p. 3 – 25.
- BRASIL (1986). 8ª Conferência Nacional de Saúde. Brasília - Anais 8ª CNS. Centro de Documentação do Ministério da Saúde, p. 381 – 389.

- BRASIL (1990). Lei nº 8.080, de 19 de setembro. DOU, 20-09-90. Brasília-DF. Ano CXXVIII, no 182, seção I.p - 18.055-18.059.
- BREMNER, J.; McCARTY, G.; GIANELLO, C. (1986). Reduction of nitrate pollution of groundwater by nitrogen fertilizers. AGRI. IMPACT. ON GROUNDWATER CONFERENCE. Proceed NWWA. 467 –181PP.
- BRICAUD, A. & SATHYENDRANATH, S. (1981). Spectral signatures of substances responsible for the change in ocean color. In: signature spectrales d' objects en télédetection, Avignon 8-11.
- CAMPOS e SILVA, A. (1969). Contribuição ao Estudo do Grupo Barreiras no Rio Grande do Norte. Univ. Fed. do Rio Grande do Norte, Inst. Antropol, Natal, 14p.
- CAMPOS e SILVA, A. & COUTINHO, P.M. (1971). Aspectos sedimentológicos da formação Macaíba na região de Natal/RN. Estudos Sedimentológicos, 2:133-143.
- CASTANY, G. (1975). Prospección y explotación de las águas subterráneas. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, Spain, 738 p.
- CASTRO, V. L. L.; VARELLA NETO, P. L.; BARROSO, T. T. (1988). Avaliação dos Poços da Indústria Guararapes Têxtil, Extremoz - RN. Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Rio Grande do Norte (CDM/RN).
- CASTRO, V. L. L. (1994). Origem e Mecanismo de Poluição das Águas Subterráneas na Área de Cidade Nova - Natal/RN. Dissertação de Mestrado, UFPE - Centro de Tecnologia, pós-graduação em Geociências;
- CASTRO, V. L. L. (2000). Diagnóstico da Bacia do Rio Doce-RN: Subsídio para um Modelo de Gestão Integrada dos seus Recursos Hídricos. I Congresso sobre Aproveitamentos e Gestão de Recursos Hídricos em Países de Idioma Português. Anais, 17 a 20 de abril, Rio de Janeiro-RJ.

- CASTRO, V. L. L. (2000). Desenvolvimento urbano e industrial no curso inferior da Bacia do Rio Doce e os efeitos impactantes no sistema aquífero-lacustre Extremoz-RN: Análise Preliminar. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. Anais, 31 de julho a 4 de agosto, Fortaleza-CE.
- CÉCILLON, Y. (1996). Doenças de veiculação no meio hídrico. XI Seminário - Curso - Salvador -BA, 23 a 26 de outubro/96 - Centro Interamericano de Recursos da Água - CIRA
- CLEARY, T. (1992). Investigação de modelos matemáticos em microcomputadores dos efeitos dos principais parâmetros hidrogeológicos e dos processos atenuantes de transporte na delimitação de áreas de proteção de poços (APPs) e na remediação de aquíferos contaminados. (Dissertação de Mestrado IGUSP, inédita).
- COHEN, S.; CREEGER, S.; CARSEL, R.; ENFIELD, C (1984). Potential for pesticide contamination of groundwater resulting from agricultural uses. American Chemical Soc. Symp. Serie. Nº 259. Washington, 27 pp.
- COMISSÃO NACIONAL DA REFORMA SANITÁRIA (CNS) (1987). Documentos III. Rio de Janeiro, p. 7 - 26.
- COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN) (1977). Projeto de captação de água da Lagoa de Extremoz.
- COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN) (1995). Avaliação dos riscos de contaminação e proteção das águas subterrâneas de Natal. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. Natal.
- COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN) (1996). Registros dos dados de efluentes industriais. Escritório de Extremoz/RN.
- COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS (CPRM) (1996). A água em revista. Revista Técnica e Informativa. Suplemento das águas, maio/96.

- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) (1982). Avaliação das condições limnológicas nas lagoas de Extremoz e Jiqui, Natal/RN. São Paulo.
- CONSTITUIÇÃO (1988). República Federativa do Brasil. P. 133 - 138.
- CONSULTORIA TÉCNICA DE GEOLOGIA E ENGENHARIA (CONTEGE) (1970). Estudo hidrogeológico de Natal-RN. Definição da potencialidade dos recursos hídricos do sistema Dunas-Barreiras e condições de exploração até o ano 2000.
- COSTA, W. D. (1970). Estudo hidrogeológico de Natal/RN. Consultoria Técnica de Geologia e Engenharia, Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte. Recife, PE;
- COSTA, W. D. & SALIM, J. (1972). Aspectos estruturais da faixa sedimentar costeira da região de Natal/RN. Estudos Sedimentológicos, 2: 133-143.
- COSTA - CONSULTORIA E SERVIÇOS TÉCNICOS E AMBIENTAIS LTDA. (1997) Estudo da disponibilidade hídrica da Lagoa do Bonfim no município de Nísia Floresta - RN; Natal/RN, SERHID/COSTA – Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda. 83p.
- CRUZ, E. F. (1983) Geologia do Litoral Oriental Potiguar – Área de Taipu/RN. Natal/RN. 257p. (Relatório de Graduação) – Departamento de Geologia/UFRN.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. (1976). Hidrologia Subterrânea. Barcelona, Ed. Omega. 2v. il.
- DINIZ FILHO, J. B. (1993). Uma análise geoestatística da distribuição de clásticos permeáveis em depósitos aluviais do Rio Grande do Norte. Recife, 80 p. (Dissertação de Mestrado), Centro de Tecnologia – UFPE.

- DINIZ FILHO, J. B. (1999). Recursos Hídricos Subterrâneos no Médio e Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Ceará Mirim/RN. Instituto de Geociências, USP - Tese de Doutorado, 177p.
- DOMENICO, P. A; SCHWARTZ, F. W. (1990). Physical and Chemical Hydrogeology. Canada, 824p.
- DUARTE, M. A. (1999). Utilização dos Índices do Estado Trófico (EIT) e de Qualidade da Água(IQA) na caracterização limnológica e sanitária das Lagoas de Bonfim, Extremoz e Jiqui (RN). Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Dissertação de Mestrado 148p.
- FENZL, N. (1988). Introdução à hidrogeoquímica 189 p.
- FIGUEIREDO, A. (1977). Projeto de Captação D'água da Lagoa de Extremoz, memória descritiva.
- FIGUEREDO, E. M.; MARTINS, C. A.; CASTRO, V. L. L. (1992). Abastecimento de Água Potável na Base Naval Ary Parreiras, Natal, RN. Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte (CDM/RN).
- FIGUEIREDO, F. G. (1997). Metais Pesados em Sedimentos Superficiais do Estuário Potengi-RN. Dissertação de Mestrado. UFRN - Centro de Ciências Exatas, Departamento de Engenharia Química.
- FOSTER, S. & HIRATA, R. (1991). Determinacion del Riesgo de Contaminacion de Aguas Subterráneas. Una metodologia basada em datos existentes. CEPIS - Technical Report (OPS-OMS- HPE, CEPIS, Lima Perú), 81 p. il.
- FREEZE, R. A & CHERRY, J. A. (1979). Groundwater. Prentice-Hall, Englewood Chiffs, New Jersey, USA. 601p.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (1996). Setor de Epidemiologia. Relatório Interno.

- GARCIAS, C. M & NUCCI, R. N. L. (1993). Indicadores de qualidade dos serviços e infraestrutura urbana de saneamento. Anais do 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 2, Tomo III, p. 713 – 734.
- GUAZZELLI, M. R. & OTTA, N. (1979). Rede de amostragem e indicadores de qualidade de água: critérios e conceituações. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais ABES. Manaus – AM.
- HEM, J. D. (1985). Study and Interpretation of the chemical characteristics of Natural Water. US Geological Survey Water-supply Paper no. 2254, 3rd ed.
- HIRATA, R. (1994). Fundamentos e Estratégias de Proteção e Controle da Qualidade das Águas Subterrâneas. Estudo de casos no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado IGUSP, inédita.
- HUBBARD, R.; ASMUSSEN, L; ALLISON, H. (1984). Shallow groundwater quality beneath an intensive multiple-cropping system using center pivot irrigation; Jour. Environm Quality, 13(1):156-161.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) (1996). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD'S.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) (1996). Contagem Populacional
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE (IDEC/RN) (1998). Legislação Ambiental do Rio Grande do Norte. 190p.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE (IDEMA/RN), (1999). Perfil Sócio-Econômico e Demográfico do Rio Grande do Norte.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (1992). Normas climatológicas (1961 – 1990), Brasília. 50p.

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT)
(1981). Reconhecimento Hidrogeológico e Estudo Sobre a Qualidade Atual das Águas Subterrâneas da Grande Natal, São Paulo. V 2 (Relatório nº 14.813).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT)
(1982). Estudo Hidrogeológico Regional Detalhado do Estado do Rio Grande do Norte, São Paulo. Vol. 1 371p.
- JARDIM DE SÁ, E. F. (1984). Geologia da Região do Seridó. Reavaliação de Dados. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 11, Natal, 1990. Anais. Natal, p. 278-296.
- KOMOR, S. C & ANDERSON, Jr. H. W. (1993). Nitrogen isotopes as indicators of nitrate sources in Minnesota sand plain aquifers. Ground Water, 31(2):260-270.
- LANNA, E. (1997). Texto de referência do curso introdução à gestão dos recursos hídricos, 225pp.
- LEAVEL, H. & CLARK, E. G. (1976). Medicina Preventiva. São Paulo, McGraw-Hill, 744p.
- LEWIS, W. J.; FOSTER, S.; DRASAR, B. S. (1988). Análisis de contaminación de las aguas subterráneas por sistemas de saneamiento básico. CEPIS Technical Report (OPS-OMS-HPE, CEPIS, Lima, Peru).
- LÓPEZ, R. A. E. (1998). Análise da epidemia da cólera no Peru, 1991-1993. São Paulo, s.n; 1998. 141 p. Tese apresentada a Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Epidemiologia para obtenção do grau de Mestre.
- MABESOONE, J. M. (1972). Caracterização Sedimentológica do Grupo Paraíba (Nordeste do Brasil). Estudos Sedimentológicos/UFPE. Vol. 2, p. 53 – 63.
- MABESOONE, J.M.; ROLIM, J. L.; CASTRO, C. (1977). Late Cretaceous and Cenozoic History of Northeastern Brasil. Geologie Mijnbouw, 56: 129 –139.

- MABESOONE, J. M. (1991a). Estudos Geológicos/UFPE. Série B, vol. 10, p. 10-20.
- MANOEL FILHO, J. (1970). Inventário Hidrogeológico do Nordeste. Folha nº 10 – Jaguaribe/NE. Recife/PE, SUDENE. 343p.
- MANOEL FILHO, J.; CASTRO, V. L. L.; FIGUEIREDO, E. M. (1994). O meio não saturado e os riscos de poluição das águas subterrâneas na zona leste de Natal-RN. Anais do 8º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.
- MARTINS, M. T.; PELLIZARI, V. H.; PACHECO, A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. (1991). Qualidade Bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. Rev. Saúde Pública. São Paulo 25(1): 47-52.
- MEIRELES, L. (1990). Direito administrativo Brasileiro, 17ª ed. São Paulo.
- MELO, J. G. & FIGUEREDO, E. M. (1990). Comportamento hidráulico e vulnerabilidade do sistema aquífero Dunas/Barreiras à poluição na área de Natal/RN. Anais Águas Subterrâneas, ABAS, São Paulo, 13: 112-124.
- MELO, G. J. (1995). Impactos do Desenvolvimento Urbano nas Águas Subterrâneas de Natal/RN. Instituto de Geociências, USP - Tese de Doutorado.
- MELO, G. J. (1998). Avaliação dos Riscos de contaminação e proteção das águas subterrâneas de Natal - Zona Norte. Natal, RN, Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN)/UFRN. 190p.
- MELO, J. G. & FEITOSA, E. C. (1998). Pesquisa Hidrogeológica do Complexo Lagunar do Bonfim/RN. Relatório Final. Natal/RN, SERHID/UFRN-FUNPEC. 100p.
- MENDES, E. V. (1988). O sistema unificado e descentralizado de saúde no atual contexto da reforma sanitária brasileira, In: São Paulo - SP p. 5 - 14

- NAÇÕES UNIDAS (1976). The demand for water. Natural Resources - Water Series nº. 3. New York.
- NOGUEIRA, A. M. B. (1981). O cenozóico continental da região de Natal - Dissertação de mestrado, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife. PE, 119 p.
- NOGUEIRA, V. P. Q. (1991). Qualidade da água em lagos e reservatórios. Hidrologia Ambiental, coleção ABRH, v. 3, p165 - p208.
- OLIVEIRA, E.; CLEARY, R. W.; CUNHA, R. C. A.; PACHECO, A. (1990). Gasoline hydrocarbons: groundwater pollution potential in Metropolitan São Paulo. International Seminar of Pollution, Protection and Control of Ground Water, Porto Alegre, RS. p. 92-103.
- OLIVEIRA, E. (1998). Aspectos político-institucionais no processo de planejamento e gestão das águas subterrâneas: a experiência da Bacia do Mogi-Pardo em São Paulo. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Anais, 9 a 11 de setembro de 1998.
- OLIVEIRA, F. G. (1994). Autodepuração e monitoramento do Rio Pitimbu - RN - Dissertação de Mestrado- UFRN - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.
- OLIVEIRA, J. A. (1997). Otimização da operação de reservatórios de reservatórios para atividades agrícolas - Bacia do Rio Mundaú - FUNCEME 54p.
- O.M.S. (1984). Guias para calidad del agua potable. V.1 Washington D.C.
- O.P.S & O.M.S. (1980). Críterios de salud ambiental 5 - Organizacion Panamericana de la Salud. Organizacion Mundial de la Salud, Washinton, E.U.A. Pulicación Científica Nº. 394.
- PACHECO, A. (1986). Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. Ver. Sistema de Planejamento. Adm. Metropolitana. P. 17 - 25.

- PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. (1988). O problema geoambiental da localização de cemitérios em meio urbano. 5º Cong. Bras. de Águas Subterrâneas, São Paulo, SP, Anais: 207-215.
- PACHECO, A. & MENDES, J. M. B. (1990). Cemitérios podem contaminar as águas subterrâneas. Ver. Saneamento ambiental, julho, no. 6, p. 31-33.
- PACHECO, A.; MENDES, J.M.B; MARTINS, M.T.; HASSUDA, S.; KIMMELMANN, A. (1990). Cemitéries - A potetial risk to ground water. Preprints International Seminar of pollution, protection and control of groundwater, Porto Alegre, RS. P. 85-91.
- PACHECO, A.; PELLIZARI, V.H.; MIDORI, D.; TORRES, S. & MENDES, J.M.B. (1992). Os perímetros de proteção sanitária em cemitérios e sua importância para as águas subterrâneas de abastecimento. Escudo preliminar. 7º Cong. Bras. de Águas Subterrâneas, Belo Horizonte, MG., Anais: 119-122.
- PAIM, J. S. (1986). Saúde, crises e reformas - p. 187 a 250.
- PAIM, J. S. (1990). Obstáculos não superados na implantação do SUDS - BA Saúde em debate. 28:16-21.
- PEREIRA, M. G. (1993). Qualidade das águas dos mananciais de superfície utilizados no abastecimento da cidade do Natal: Aplicação do IQA nos pontos de captação. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.
- PLANAT Consultoria em Recursos Naturais, CAERN. (1982). Disponibilidade de recursos hídricos na região de Natal - Água de Superfície.
- PLANAT - Consultoria em Recursos Naturais, CAERN (1983). Estudo hidrogeológico da região de metropolitana de Natal. Planejamento em Recursos Naturais, Recife, PE. Companhia de águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN), Relat. Final, Natal/RN;

- PORTO, R.; BRANCO, S.; CLEARY, R.; COIMBRA, R.; EIGER, S.; LUCA, S.; NOGUEIRA, V.; PORTO, M. (1991). Hidrologia Ambiental - Coleção ABRH de Recursos Hídricos v. 3 p. 3 – 25.
- REBOUÇAS, A. C. (1994). Gestão sustentável dos grandes aquíferos. 8º Congresso brasileiro de águas subterrâneas, Recife - PE. Anais - Edição: ABAS/DNPM/CPRM, 131 - 139.
- REBOUÇAS, A. (1996). Inserção da água subterrânea no gerenciamento de recursos hídricos Notas de aula.
- REBOUÇAS, A. (1997). Água na região nordeste: desperdício e escassez. Instituto de Estudos Avançados -USP. 11(29). p. 127-154.
- RÊGO, F. (1999). Programa de incentivo à criação de associações de usuários de água. Experiência do Rio Grande do Norte na gestão participativa das águas superficiais e subterrâneas. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte – SERHID.
- RESOLUÇÃO DO CONAMA Nº 20 (1986). Publicado no D.O.U de 30/julho/86.
- ROUQUAYROL, M. (1993). Epidemiologia & Saúde 4ª edição. Rio de Janeiro: MEDSI, 540p.
- SALIM, J. & COUTINHO, P. (1974). Aspectos sedimentológicos do estuário do Potengi; Natal/RN. Rev. Estudos Sedimentológicos;
- SANTIAGO, M. M. F. (1984). Mecanismos de salinização em regiões semi-áridas. Estudo dos açudes Pereira de Miranda e Caxitoré no Ceará. Tese de Doutorado. USP. São Paulo.
- SANTOS, J. L. (1999). Estudo do crescimento populacional da Zona Norte de Natal para fins da demanda de água para abastecimento público. Monografia do Curso de

Especialização em Engenharia de Recursos Hídricos. UFRN - Centro de Tecnologia - Departamento de Engenharia Civil, 20 p.

SÃO PAULO (1988). Lei Estadual nº 6.134. São Paulo.

SÃO PAULO (1991). Decreto Lei nº 322.955. São Paulo.

SCHILEYER, R.; MILDE, G.; MILDE, K. (1992). Wellhead protection zones in Germany: delineation, research and management. Jour. of the Inst. of Water and Environm. Management. 6(3):303-311.

SCHOELER, H. (1962). Les eaux souterraines. Paris, Masson. 642p.

SECRETARIA DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (1999). Relatório informativo do Parque Industrial de Extremoz.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO (SEPLAN) (1983). Diagnóstico das condições ambientais da Lagoa do Jiqui. Rel. Final, Fundação Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte (IDEC).

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO (SEPLAN) (1985). Bacias Hidrográficas - Vazões estimadas pelo índice pluviométrico. Fundação Instituto de Desenvolvimento do RN;

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE- (SERHID/RN) (1997). Legislação Sobre Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte. Natal - RN. 64p.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (SERHID/RN) (1997). Manual de outorga do direito de uso da água - 121pp.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (SERHID/RN) (1998). Plano Estadual de Recursos Hídricos. Caracterização Hidrogeológica dos aquíferos do Rio Grande do Norte. Natal/RN 78p.

- SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (SERHID/RN) (1998 a). Estudos de Base, vol. 1. (HE-1358-R23-0998).
- SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (SERHID/RN) (1998b). Relatório Diagnóstico dos Dados e Informações Disponíveis Tomo II e III (9HE-1358-R03-0397/ HE-1358-R03-0397).
- SECRETARIA DE SAÚDE PÚBLICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (1996). Doenças de Notificação Compulsória. Séries Históricas. Natal – RN. 45p.
- SECRETARIA DE SAÚDE PÚBLICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (1999). Doenças de Notificação Compulsória. Séries Históricas. Natal – RN. 30p.
- SOUZA, R. & MOTA, F. S. (1994). Qualidade e conservação da água com vistas ao desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino. Versão preliminar. Projeto Áridas, SUDENE – Brasília, 58p.
- STUMM, W. & MORGAM, J. J. (1981). Aquatic chemistry, 2nd Edition. Wiley, New York. 780p.
- TAHAL - SONDOTÉCNICA (1969). Aproveitamento hidroagrícola das bacias do rio Ceará Mirim e da lagoa de Extremoz. Projeto para o abastecimento da Zona Norte de Natal. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, CAERN.
- TCHOBANOGLIOUS, G. & SCHROEDER, E. D. (1987). Water Quality: Characteristics, Modeling and Modification. Addison-Wesley Pub.
- TEXEIRA, J. A. (1988). Modelo Conceitual para Uso e Proteção dos Recursos Hídricos da Faixa Costeira Recife - João Pessoa. São Paulo. 254p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- TOSTES, T. (1998). Potencialidades e consumo de águas subterrâneas no médio e baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Ceará Mirim. Dissertação de Mestrado, UFRN - Centro de Ciências Exatas.

- VILA NOVA, N. A. & REICHARDT, K. (1989). Evaporação/Evapotranspiração de um ecossistema e suas relações com o meio ambiente. Engenharia hidrológica, V.2 coleção da ABRH de recursos hídricos; Editora da UFRJ, 145 - 195 p.
- VRBA, J. & ROMIJNE, E. (Ed.) (1986). Impact of agricultural activities on groundwater. IAH Int. Cont. to Hydrogeology. 5:3322p.
- WU, J.; XUE, Y.; LIU, P.; WANG, J.; JIANG, Q.; SHI, H. (1993). Sea-Water Intrusion in the coastal area of Laizhou Bay, China: 2. Sea-Water Intrusion Monitoring.
- XUE, Y; XIE, C.; WU, J.; LIU, P.; SHI, H. (1991). A study on sea water and the movement of the salt water – fresh interface. Naging University Press, naging.

ANEXO 01 – Cadastro dos Poços Tubulares e Cacimbões (Tabelas: A-G)

ANEXO 01 - Tabela A - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (POÇOS TUBULARES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m ³)
P1	256,004	9.366,775	Redinha	Extremoz	Redinha Praia Hotel			0,40	H/D/L	1.800,00
P2	255,750	9.365,482	Hotel Atlântico Norte	Extremoz	Hotel Atlântico Norte	46,0	2,13	0,10	H/D/L	2.880,00
P6	253,903	9.370,567	Posto Genipabu	Extremoz	Posto Genipabu				H/D	540,00
P7	253,854	9.369,896	Hotel Genipabu	Extremoz	Hotel			0,66	H/D/L	1.800,00
P10	253,511	9.371,078	Água Mineral S.Reis	Extremoz	Água Mineral	75,0		0,50	IND	93.600,00
P12	253,300	9.364,600	Sítio Gramoré	Natal		41,0	6,97		H/D	2.520,00
P14	252,957	9.371,377	Fábrica de Tubos	Extremoz	Fábrica de Tubos	80,0		0,27	H/D/IND	720,00
P16	252,719	9.367,431	Rio Doce	Extremoz	Inácio Antonio	12,0	1,75	0,23	H/D/L	2.880,00
P17	252,627	9.367,761	Estrada de Genipabu	Extremoz	Manoel Nazareno			0,22	H/D	162,00
P18	252,619	9.366,793		Extremoz	Luis Clementino S.		4,19	0,86	H/D	240,00
P19	252,512	9.367,832	Granja. São José	Extremoz	Oscar Brito	12,0	4,30		H/D	192,00
P20	252,345	9.364,579	Nova República	Natal		55,0		0,48	H/D	540,00
P21	251,970	9.364,429	Nova República	Natal	Djalma Azevedo	40,0		0,67	H/D	360,00
P22	251,886	9.375,130	Contendas	Extremoz	SAAE	70,0	5,0		AP	44.297,28
P23	251,456	9.368,185	Gramoré	Natal	Luiz			0,27	AP	156,00
P24	251,166	9.366,524	Conj. Pajuçara I (P01)	Natal	CAERN	54,0	16,17	0,6	AP	950.000,00
P25	250,990	9.366,690	Conj. Gramoré (P06)	Natal	CAERN	56,65	19,45	0,5	AP	864.000,00
P26	250,883	9.366,416	Conj. Gramoré (P07)	Natal	CAERN	66,16	33,73	0,1	AP	691.000,00
P27	250,856	9.366,609	Conj. Gramoré (P09)	Natal	CAERN	56,28	13,14	0,5	AP	864.000,00
P28	250,736	9.366,124	Conj. Gramoré (P05)	Natal	CAERN	70,35	34,64	0,5	AP	604.800,00
P29	250,641	9.365,803	Conj. Gramoré (P03)	Natal	CAERN	66,5	23,21	0,5	AP	518.400,00
P30	250,632	9.366,574	Conj. Gramoré (P08)	Natal	CAERN	64,25	28,15	0,3	AP	691.200,00
P31	250,604	9.366,815	Conjunto Gramoré (P10)	Natal	CAERN	57,5	19,31	0,2	AP	691.200,00
P32	250,422	9.366,287	Conjunto Gramoré (P02)	Natal	CAERN	62,45	17,36	0,7	AP	604.800,00
P33	250,352	9.372,440	Estivas	Ceará Mirim	SAAE	42,0	15,80		AP	92.489,50
P34	250,333	9.366,502	Conjunto Gramoré (P11)	Natal	CAERN				AP	864.000,00
P35	250,302	9.366,455	Conjunto Gramoré	Natal					H/D	360,00
P36	249,969	9.366,008	Conjunto Gramoré	Natal	Centro Idosos	54,0	23,39	0,37	H/D	360,00

ANEXO 01 – Tabela B - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (POÇOS TUBULARES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m³)
P38	248,909	9.373,121	Estivas	Extremoz	Valmir Francisco P.	15,0	6,88	0,28	H/D	240,00
P39	248,893	9.365,775	Nova Natal	Natal	CAERN			0,45	AP	250.000,00
P40	248,855	9.367,935	Lagoa azul	Extremoz	Edmilson	22,0	1,235	0,19	H/D	162,00
P41	248,700	9.368,000	Lagoa Azul	Extremoz		30,0	17,00		H/D	360,00
P42	248,597	9.368,066	Lagoa azul	Extremoz	Carlos A. Araújo	26,0	6,0	0,32	H/D	720,00
P43	248,502	9.369,610	Granja. Santana	Extremoz	Ivan Melo			0,36	H/D	360,00
P44	248,240	9.377,990	Capim	Ceará Mirim	SAAE				AP	75.120,00
P45	248,221	9.373,120	Estivas	Ceará Mirim	SAAE				AP	18.326,80
P50	247,427	9.369,076	Lagoa de Extremoz	Extremoz	Telma		0,72	0,08	DES	0,00
P51	247,338	9.367,816	Distrito Industrial	S. G. Amarante	ANTÁRTICA				IND	720.000,00
P52	247,260	9.369,050	Passagem da Vila	Extremoz	SAAE	58,0	34,41	0,34	AP	71.004,00
P53	247,218	9.364,264	Distrito Industrial	Natal	VICUNHA	75,0		0,33	IND	68.328,00
P55	247,154	9.368,810	Lagoa de Extremoz	Extremoz	Wagner Simoneti		1,75	0,49	H/D	240,00
P56	247,148	9.363,815	Distrito Industrial	Natal	VICUNHA	81,0	23,49	0,36	IND	42.924,00
P58	247,113	9.369,020	Lagoa de Extremoz	Extremoz	Wellington Simoneti		1,07		H/D	360,00
P59	247,045	9.364,362	Distrito Industrial	Natal	VICUNHA	74,0	18,13	0,86	IND	87.600,00
P60	247,043	9.364,250	Cemitério Parque	Extremoz	Cemitério Parque			0,0	H/D	360,00
P61	246,982	9.364,632	Distrito Industrial	Natal	VICUNHA	43,0	14,76	0,23	IND	0,00
P63	246,937	9.364,653	Distrito Industrial	Natal	VICUNHA	15,0	14,58	0,08	IND	0,00
P64	246,888	9.371,189	Faz. Bamburral	Extremoz	Sérgio Murilo		27,39	0,42	H/D/Irri/A	1.800,00
P65	246,772	9.370,550	Vale do Aço	Extremoz	José Ivo Souza	50,0	20,25	0,72	H/D	720,00
P66	246,717	9.363,864	Distrito Industrial	Natal	VICUNHA			0,35	IND	42.048,00
P68	246,667	9.364,189	Distrito Industrial	Natal	VICUNHA	56,0	16,58	0,32	IND	78.840,00
P69	246,655	9.370,917	Granja. Jardim	Extremoz	Osvaldo Florêncio			0,0	H/D/A	1.080,00
P70	246,630	9.365,522	Distrito industrial	Natal	Guararapes Têxtil			-0,97	IND	84.099,96
P71	246,592	9.368,610	Lagoa de Extremoz	Extremoz	Hotel de Extremoz				H/D	1.095,00
P72	246,590	9.365,711	Distrito Industrial	Natal	Guararapes Têxtil		23,88	-1,20	IND	152.464,73
P75	246,558	9.370,708	Granja. N Sra. Nazaré	Extremoz	Maria V. Carvalho	42,0		0,27	H/D	240,00
P76	246,539	9.365,777	Distrito Industrial	Natal	Guararapes Têxtil			-0,74	IND	53.309,09
P77	246,501	9.375,650	Estivas	Ceará Mirim	SAAE	71,0	36,0		AP	155.592,00

ANEXO 01 – Tabela C - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (POÇOS TUBULARES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m³)
P78	246,500	9.362,900	Olho D'água do Carrilho	S. G. Amarante		70,0	29,80		H/D	1.095,00
P79	246,474	9.365,041	Distrito Industrial	Natal	TEXTILE S.A	65,0		0,15	IND	540,00
P80	246,471	9.363,929	Distrito Industrial	Natal	VICUNHA	82,0	24,12	0,74	IND	82.344,00
P81	246,467	9.365,280	Distrito Industrial	Natal	MASTEX	80,0	30,20		DES	0,00
P82	246,443	9.365,300	Distrito Industrial	Natal	MASTEX				H/D/IND	302.400,00
P83	246,443	9.365,270	Distrito Industrial	Natal	MASTEX		25,35		DES	0,00
P84	246,442	9.365,488	Distrito Industrial	Natal	Guararapes Têxtil			-0,88	IND	5.851,00
P87	246,430	9.365,600	Distrito Industrial	Natal	HENFIBRA	61,0	25,75		IND	1.800,00
P88	246,319	9.365,484	Distrito Industrial	Natal	Guararapes Têxtil	81,0	27,49	-1,18	IND	46.368,00
P89	246,301	9.369,140	Alto de Extremoz	Extremoz	SAAE			0,0	AP	92.093,76
P90	246,285	9.370,725	Granja. Raquel	Extremoz	Rubens Azevedo			0,22	H/D	180,00
P91	246,277	9.367,100	Granja. Veneza	Extremoz	Francisco Ribeiro		7,61	0,20	H/D	162,00
P92	246,265	9.365,196	Distrito Industrial	Natal	PARMALAT	80,0	22,54		DES	0,00
P93	246,253	9.368,930	Estrela do Mar	Extremoz	SAAE	74,0	31,51	0,0	AP	103.733,45
P94	246,253	9.365,530	Distrito Industrial	Natal	Guararapre Têxtil			-0,84	IND	20.000,00
P95	246,249	9.365,688	Distrito Industrial	Natal	Guararapes Têxtil	90,0		-0,94	IND	2.700,00
P96	246,242	9.365,063	Distrito Industrial	Natal	LABORSIL	100,0		-1,0	IND	3.600,00
P98	246,202	9.374,350	Vila de Fátima	Extremoz	SAAE	34,0	4,60		AP	142.680,72
P99	246,178	9.370,627	Faz. Bamburral	Extremoz	José Cleber Fialho	54,0		0,15	H/D	420,00
P100	246,175	9.368,580	Estrela do Mar	Extremoz	SAAE			0,31	AP	140.124,00
P101	246,151	9.365,142	Distrito Industrial	Natal	PARMALAT	82,0	27,20	0,46	IND	268.800,00
P103	246,097	9.366,180	Distrito Industrial	Natal	COATS	90,0	32,04	0,54	IND	350.400,00
P104	246,095	9.365,465	Distrito Industrial	Extremoz	Cid Gonçalves			0,16	H/D	180,00
P105	246,084	9.373,369	Granja. G. Cardoso	Extremoz	Geraldo Cardoso	60,0		0,23	H/D	540,00
P108	246,028	9.372,786	Murici	Extremoz	SAAE			0,22	AP	43.800,00
P109	246,012	9.365,048	Distrito Industrial	Extremoz	CDI	86,0	33,65	0,30	H/IND	720,00
P110	245,915	9.368,460	Granja. São Francisco	Extremoz	Sílvia Roberto	60,0	21,10		H/D/A	2.160,00
P111	245,720	9.369,847	Granja. Mangabeiras	Extremoz	Arnaldo B. Furtado	53,0			H/D	360,00
P113	245,541	9.375,650	Santa Maria	Extremoz	SAAE	49,0	Jorr		AP	59.342,64
P114	245,502	9.368,619	Toca do Miga	Extremoz	Miguel Carrilho			0,0	H/D	1.080,00
P115	245,469	9.369,643	Granja. Padre Cícero	Extremoz	Manoel Pinto Filho	48,0		0,78	H/D	540,00

ANEXO 01 – Tabela D - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (POÇOS TUBULARES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m³)
P116	245,354	9.369,481	Eco Diversões	Extremoz	Carlos Romeu Brito	60,0			H/D/L	720,00
P120	245,230	9.369,390	Sede	Extremoz	SAAE	62,0	34,50		AP	37.429,20
P121	245,216	9.368,500	Vila Socorro	Extremoz	Edilson F. de Assis	30,0	14,0	0,0	H/D	1.080,00
P122	245,135	9.368,743	Extremoz	Extremoz	Maria Lúcia Costa		34,92		DES	0,00
P123	244,910	9.369,700	Malvinas	Extremoz	Manoel Fernandes	52,0		0,80	H/D	324,00
P124	244,654	9.369,810	Malvinas	Extremoz	SAAE			0,48	AP	13.140,00
P125	244,611	9.367,534	Granja. Alto do Jordão	Extremoz	Pedro Daniel Soares		3,16	0,48	H/D	360,00
P127	244,50	9.369,000	Sede	Extremoz	Átila Jones Nelson	70,0	27,50		H/D	1.095,00
P128	244,481	9.368,482	Granja. Guará	Extremoz	Guaraci Soares	46,0		0,36	H/D	600,00
P129	244,469	9.368,581	Sede	Extremoz	João Silva Neto	47,0		0,35	H/D/Irri/A	10.800,00
P130	244,437	9.369,966	Malvinas	Extremoz	SAAE				DES	0,00
P131	244,388	9.368,612	Sede	Extremoz	José Alves Costa			0,08	H/D/Irri/A	1.800,00
P132	244,256	9.369,342	Granja. Padilha	Extremoz	Paulo costa Padilha	65,0		-1,20	H/D/L	4.320,00
P135	244,049	9.365,012	Fazenda. Jardim	São G.Amarante	Hugo Menezes Taixo	22,0		0,24	H/D/A	2.160,00
P136	243,901	9.370,455	Granja. Wengrid	Extremoz	Laércio de França	30,0		0,31	DES	0,00
P138	243,900	9.365,400	Guajiru	São G.Amarante		85,0	37,76		H/D	1.900,00
P140	243,857	9.370,624	Granja. Santa Helena	Extremoz	Manoel Graciliano			0,0	H/D/Irri	21.600,00
P144	243,548	9.369,357	Carão	Extremoz	Arouca		31,67	0,26	H/D/Irri	960,00
P145	243,538	9.369,982	Granja São José	Extremoz	José Oliveira	95,0	18,46	0,80	H/D/Irri	6.912,00
P146	243,258	9.370,930	Viveiro (ranários)	Extremoz	José do N. Brandão	75,0		0,30	H/D/Irri	10.800,00
P149	243,061	9.369,091	Granja. Marília(Carão)	Extremoz				0,30	H/D	360,00
P150	243,000	9.369,000	Ponta Grossa	Extremoz		70,8	31,08		H/D	912,50
P152	242,940	9.363,784	Viveiro Flora Lima	S. G. Amarante	Mário Queiroz Lima			0,22	H/Irri	92.160,00
P153	242,936	9.365,993	Granja. Guajiru	S. G. Amarante	Raimundo Osvaldo	30,0	10,23	0,40	H/D/A	300,00
P155	242,593	9.363,757	Guajiru	S. G. Amarante	Francisco Elpídeo	58,0		0,55	H/D/Irri	60.480,00
P156	242,474	9.365,496	Granja. São Miguel	S. G. Amarante	Manoel Queiroz	11,0	5,0	0,72	H/D	540,00
P157	242,381	9.365,949	Granja Nova Jerusalém	S. G. Amarante	Fernando Pereira	85,0		0,39	H/D/L	360,00
P159	241,939	9.368,214	Lagoa de Extremoz	Extremoz	Nilson Rocha			0,0	H/D	360,00
P160	241,801	9.369,443	Lagoa de Extremoz	Extremoz	Miguel			0,35	H/D	360,00
P161	241,774	9.364,221	Guajiru	S. G. Amarante	Cícero Paulino	35,0			H/D/A	720,00

ANEXO 01 – Tabela E - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (POÇOS TUBULARES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m³)
P162	241,663	9.367,785	Fazenda Xingu	Extremoz	Nilson Rocha	55,0	14,0	0,0	H/D/A	360,00
P163	241,453	9.368,843	Lagoa de Extremoz	Extremoz	SAAE			0,87	AP	490.320,00
P164	241,453	9.368,830	Lagoa de Extremoz	Extremoz	SAAE			1,03	AP	446.556,00
P165	241,453	9.368,820	Lagoa de Extremoz	Extremoz	SAAE	30,0	jorr.	0,68	AP	288.120,00
P166	241,453	9.368,800	Lagoa de Extremoz	Extremoz	SAAE			0,96	AP	636.876,00
P167	241,400	9.368,843	Lagoa de Extremoz	Extremoz	SAAE	29,0	jorr.		AP	490.320,00
P168	241,314	9.368,640	Lagoa de Extremoz	Extremoz	SAAE	30,0	jorr.	0,41	DES	0,00
P169	241,208	9.369,648	Granja. N. Sra. Neves	Extremoz	Nízio Flávio			0,30	H/D/A	1.440,00
P170	240,719	9.369,103	Ipês	Extremoz	Marcelo P. Sales.			0,20	H/D/A	4.320,00
P171	240,587	9.364,777	Fazenda Guajiru	S. G. Amarante	Francisco R. Oliveira	62,0	33,47	0,41	H/D/Irri	720,00
P174	239,999	9.368,595	Comum	Extremoz	SAAE	28,0	5,50	0,35	AP	1.440,00
P175	239,881	9.365,669	Fazenda Xingu	S. G. Amarante	Nilson Rocha		29,96	0,66	H/D	360,00
P176	239,755	9.367,188	Ponta Grossa	Extremoz	Lázaro torres		5,725	0,28	H/D	1.800,00
P177	239,706	9.368,712	Comum	Extremoz	Aldemir	46,0	33,53	0,28	H/D	360,00
P179	239,459	9.367,299	Ponta Grossa	Extremoz	João Clementino			0,20	H/D	360,00
P182	238,669	9.374,005	Massangana	Ceará Mirim	Júnior Bezerra			0,14	IND	7.200,00
P183	238,575	9.366,173	Maçaranduba	S. G. Amarante	SAAE			0,25	AP	13.140,00
P184	238,571	9.372,049	Massangana	Ceará Mirim	Júnior Bezerra			0,13	IND	3.600,00
P185	238,558	9.372,760	Massangana	Ceará Mirim	Júnior Bezerra	60,0		0,12	IND	7.200,00
P187	238,345	9.364,150	Maçaranduba	S. G. Amarante	Luís Claudino			0,30	H/D	180,00
P188	238,330	9.365,735	Maçaranduba	Ceará Mirim	Núcleo de Caridade			0,28	AP	25.920,00
P189	238,157	9.365,251	Granja. Valdemar	S. G. Amarante	Valdemar Dário			0,18	H/D/A	720,00
P190	238,040	9.365,159	Maçaranduba	S. G. Amarante	Oliveira			0,05	H/D/Irri	8.640,00
P194	237,394	9.367,648	Maçaranduba	Ceará mirim	José Lauro da Silva	40,0	35,86		DES	0,00
P195	237,392	9.365,436	Maçaranduba	S. G. Amarante	SAAE			0,20	AP	9.360,00
P197	237,350	9.368,554	Maçaranduba	Ceará Mirim	Hélio Pignataro			0,05	H/D	2.160,00
P198	237,258	9.365,720	Maçaranduba	S. G. Amarante	Francisco Câmara	60,0	25,0	0,17	H/D/L	720,00
P199	237,161	9.367,642	Maçaranduba	Ceará Mirim	SAAE			0,50	AP	21.900,00
P201	237,100	9.365,450	Maçaranduba	S. G. Amarante		102,8	42,63		H/D	1.825,00
P202	237,052	9.365,605	Maçaranduba	S. G. Amarante	Mário Queiróz	100,0		0,0	H/D/Irri	2.880,00

ANEXO 01 – Tabela F - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (POÇOS TUBULARES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m³)
P203	237,052	9.365,455	Maçaranduba	S. G. Amarante	Mário Queiróz	120,0		0,35	Irri	21.600,00
P204	236,850	9.365,550	Granja. Santa Fé	S. G. Amarante		100,0	39,25		H/D	180,00
P206	235,913	9.365,030	Maçaranduba	S. G. Amarante	Bernadino			0,16	H/D/Irri	6.000,00
P207	235,751	9.375,154	Granja. Boa Sorte	Ceará Mirim	Assis		20,96	0,10	H/D	540,00
P208	235,713	9.374,914	Granja. Nunes	Ceará Mirim	Francisco N Tavares	60,0	20,93		H/D/Irri	3.600,00
P209	235,143	9.365,621	Faz. Santana	S. G. Amarante	Cristiana V. Melo	80,0		0,35	H/D/A	3.600,00
P210	234,851	9.365,247	Maçaranduba	S. G. Amarante	Assis Melo	102,0	1,85	0,10	DES	0,00
P211	234,750	9.365,100	Serrinha de Baixo	S. G. Amarante		40,0			DES	0,00
P213	233,625	9.363,638	Granja. São Pedro	S. G. Amarante	Dr. Pedro Alcântara	110,0		0,22	H/D/Irri	13.500,00
P214	233,501	9.365,256	Novo Horizonte	S. G. Amarante	João Bosco	97,0		0,0	H/D	2.400,00
P215	233,267	9.365,052	Faz. Catamboeira	S. G. Amarante	Antonio Martins Melo		2,95	0,25	H/D/A	900,00
P216	233,082	9.364,556	EMPASA	S. G. Amarante	Ezequiel(antigo)	120,0	17,00		DES	0,00
P217	231,771	9.365,085	Granja. Boa Vista	S. G. Amarante	Sebastião Cesário	120,0		0,10	H/D	2.160,00
P218	231,674	9.365,803	Serrinha de Baixo	S. G. Amarante	SAAE	35,0		0,10	AP	8.760,00
P219	231,256	9.372,889	AGROMAR	Ceará Mirim	AGROMAR		1,75	0,42	DES	0,00
P220	231,141	9.374,420	Sede(Col. Agrícola)	Ceará Mirim	Colégio Agrícola			0,25	DES	0,00
P221	231,092	9.374,534	Sede(Col. Agrícola)	Ceará Mirim	Colégio Agrícola		46,35	0,32	DES	0,00
P223	230,439	9.374,972	Serrinha	Ceará Mirim	Manoel Venancio	84,0	24,00	0,26	H/D	432,00
P224	230,425	9.374,452	Parque Teodoro	Ceará Mirim	Marcelo Passos			0,53	H/D	900,00
P226	230,320	9.372,984	Faz. Sto. Antônio	Ceará Mirim	Antenor Madruga	60,0		0,35	H/D/A	180,00
P227	230,152	9.365,031	Serrinha	S. G. Amarante	POTICRET	131,0	39,56	0,36	H/D/IND	7.200,00
P228	230,000	9.365,177	Granja. Juvenal	S. G. Amarante	Juvenal Macedo			0,45	H/D	180,00
P230	229,745	9.372,956	Granja. Herculano	Ceará Mirim	Luiz Herculano			0,50	DES	0,00
P231	229,058	9.373,265	Jacoca(AGROMAR)	Ceará Mirim	Elmo Júnior		0,35	0,30	H/D/Irri	1.080,00
P232	229,058	9.364,469	Serrinha	S. G. Amarante	SAAE			0,33	AP	5.400,00
P233	228,941	9.364,542	Serrinha	S. G. Amarante	SAAE			0,37	AP	5.400,00
P235	228,659	9.363,866	Serrinha	S. G. Amarante	Gerônimo				H/D/A	360,00
P236	228,629	9.375,785	Terra da Santa	Ceará Mirim	SAAE		38,77	0,35	AP	5.475,00
P238	228,456	9.373,776	Faz. Nova Ilusão	Ceará Mirim	Magnus Barreto		5,85	0,40	H/D/A	1.080,00
P239	228,364	9.373,336	Jacoca de Cima	Ceará Mirim	Comunidade	63,0		0,20	AP	14.600,00

ANEXO 01 – Tabela G - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (POÇOS TUBULARES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m ³)
P240	228,291	9.363,117	Faz. 2 Irmãos	S. G. Amarante	Magnus A. Barreto	25,0		0,34	H/D	252,00
P243	228,169	9.363,425	Serrinha	S. G. Amarante	Ranilson			0,20	H/D	168,00
P246	227,833	9.365,712	Maçaranduba	S. G. Amarante	João Mucuripe	67,0		0,23	H/D	720,00
P253	227,225	9.363,152	Tamoatá	Ilmo Marinho	Olavo Patrício Xavier		7,25	0,77	H/D/IND	144,00
P267	225,335	9.370,180	Gameleira	Ceará Mirim	SAAE			0,45	AP	14.600,00
P268	225,333	9.370,248	Gameleira	Ceará Mirim	SAAE		22,37	0,65	DES	0,00
P276	247,453	9.367,755	Distrito Industrial (P01)	Extremoz	Antártica	75	21,09		IND	172.800,00
P277	247,452	9.367,753	Distrito industrial (P02)	Extremoz	Antártica	75	22,09		IND	350.400,00
P278	247,390	9.367,667	Distrito Industrial (P06)	Extremoz	Antártica	74	23,57		IND	876.000,00
P279	247,752	9.367,837	Distrito Industrial (P07)	Extremoz	Antártica	68	33,00		IND	1.314.000,00
P280	247,431	9.367,813	Distrito Industrial (P08)	Extremoz	Antártica	54	21,90		IND	1.314.000,00

LEGENDA

ID	Identificação do Ponto Cadastrado
P	Profundidade (m)
NE	Nível Estático (m)
H/IND	Humano/Industrial
ANI	Animal
H/D	Humano/Doméstico
H/D/A	Humano/Doméstico/Animal
H/D/IR/A	Humano/Doméstico/Irrigação/Animal
H/D/L	Humano/Doméstico/Lazer
H/D/IR	Humano/ Doméstico/ Irrigação
H/D/IND	Humano/Doméstico/Industrial
AP	Abastecimento Público
IND	Industrial
DES	Desativado

Anexo 01 – Tabela A - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (CACIMBÕES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m³)
C3	254,578	9.364,942	Redinha	Extremoz	Gastão Gonçalves	5,0	2,43	0,50	H/D	252,00
C4	254,389	9.365,181	Redinha	Extremoz	Stratus Ultraleve		0,85	0,40	H/D	180,00
C5	254,057	9.364,683		Natal	Ricardo Mateus			0,20	H/D	180,00
C8	253,845	9.364,609	Redinha	Extremoz	Eurenice de Souza		1,38	0,68	DES	0,00
C9	253,526	9.363,386	Floresta	Natal			18,62	0,84	H/D	168,00
C11	253,32	9.368,815	Estrada de Genipabu	Extremoz	Cristina B. Lima	15,0	12,63	0,50	H/D	198,00
C13	253,11	9.363,985		Extremoz	João F. Cruz	17,0	12,96	0,79	H/D	216,00
C15	252,944	9.364,540	Loteamento Panorama	Natal	Deusdete Cruz	40,0	29,75	0,56	DES	0,00
C37	249,031	9.367,586	Lagoa Azul	Extremoz	Carlos	40,0	13,32	0,90	H/D	288,00
C46	248,197	9.373,384	Estivas	Extremoz	Alfredo Fernandes	8,0		0,80	H/D	216,00
C47	247,541	9.363,906	Vale Dourado	S. G. Amarante	Brás D. Duarte	38,0		0,46	DES	0,00
C48	247,451	9.368,386	Lagoa de Extremoz(Gja)	Extremoz	Gilmar Carvalho		3,26	0,46	DES	0,00
C49	247,428	9.369,343	Passagem da Vila	Extremoz	Pedro Rosa	14,0	12,25	0,80	H/D	288,00
C54	247,182	9.370,142	Dendê	Extremoz	Benedito B. Oliveira	28,0	26,58	0,40	H/D	288,00
C57	247,135	9.364,041	Vale Dourado	S. G. Amarante	Francisco J. Alves	20,0	14,18	0,50	H/D	180,00
C62	246,965	9.363,429	Distrito Industrial	S. G. Amarante	Santo A. Nordeste	36,0	23,88	0,61	IND	360,00
C67	246,668	9.363,325	Distrito Industrial	S. G. Amarante	Santo A. Nordeste	36,0	24,61	0,58	IND	360,00
C73	246,583	9.363,486	Distrito Industrial	S. G. Amarante	Santo A. Nordeste	35,0	23,50	0,25	IND	1.800,00
C74	246,571	9.366,370	Distrito Industrial	Distrito Industrial	Guararapes Têxtil			0,50	H/D	7.300,00
C85	246,435	9.363,507	Sítio Bom Jesus	S. G. Amarante	Pedro F. Guedes	33,0		0,54	H/D	360,00
C86	246,435	9.363,507	Bom Jesus	S. G. Amarante	Pedro F. Guedes	33,0		0,54	H/D	252,00
C97	246,216	9.363,193	Olho D'água do Capim	S. G. Amarante	Francisco Medeiros	15,0	8,03	0,51	H/D	216,00
C102	246,127	9.367,635	Gja. N. Sra das Graças	Extremoz	João Cezarino	16,0			H/D	4.320,00
C106	246,074	9.365,612	Restaurante Chianca	S. G. Amarante	Chianca			0,49	H/D	180,00
C107	246,045	9.366,010	Distrito Industrial	Natal	João Marcílio			0,56	DES	0,00
C112	245,693	9.368,450	Gja. São Francisco	Extremoz	Madalena		15,73	0,0	DES	0,00
C117	245,318	9.369,544	Gja. Sta. Rita	Extremoz	Francisco Pereira	27,0			H/D	72,00
C118	245,312	9.367,768	Sítio São Miguel	Extremoz	Clidenor Atanázio	3,0	1,17	0,48	H/D	288,00
C119	245,311	9.369,830	Gja. dos Eucalípetros	Extremoz	José almeida Silva	29,0	27,97	0,48	H/D	144,00

Anexo 01 – Tabela B - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (CACIMBÕES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m³)
C126	244,601	9.366,548	Projeto	Extremoz	José Lopes	28,0	27,89	0,53	H/D	288,00
C133	244,178	9.363,618	Sítio Guajiru	S. G. Amarante	Manoel S. Santos	35,0	28,65	0,38	H/D	360,00
C134	244,064	9.364,042	Loteamento Bela Vista	S. G. Amarante	Antonio	35,0	22,65	0,45	H/D	216,00
C137	243,901	9.370,376	Gja. Wengrid	Extremoz	Laércio de França			0,22	H/D/Irri	10.800,00
C139	243,859	9.370,485	Gja. Santa Helena	Extremoz	Manoel Graciliano	50,0	26,87	0,66	DES	1.277,00
C141	243,801	9.364,898	Gja. Sonho Verde	S. G. Amarante	Neumam		13,89	0,51	H/D	288,00
C142	243,633	9.370,191	Gja. Extremoz	Extremoz	Pedro Cícero				H/D	600,00
C143	243,608	9.370,600	Gja. do Tico	Extremoz	Francisco			0,40	DES	0,00
C147	243,249	9.368,749	Lagoa de Extremoz	Extremoz	Arouca	1,0	0,28	0,115	H/D	216,00
C148	243,168	9.371,043	Viveiro (ranários)	Extremoz	José do N. Brandão	55,0		0,21	DES	0,00
C151	242,943	9.363,853	Guajiru(Gja)	S. G. Amarante	Antonio C. Veloso	34,0	32,96	0,45	H/D/A	540,00
C154	242,608	9.365,520	Faz. Arizona (Guajiru)	S. G. Amarante	Marco Queiroz L.	12,0	4,47	0,49	H/D	216,00
C158	242,149	9.364,142	Guajiru-Br-406	S. G. Amarante	Parque 6 irmãos	43,0	34,50	0,59	H/D	1.080,00
C172	240,585	9.366,657	Gja. 13 de Maio	Ceará Mirim	Daniel		35,84	0,56	H/D	144,00
C173	240,325	9.367,444	Ponta Grossa	Extremoz	Francisco Valdevi	4,0	3,10	0,77	H/D	216,00
C178	239,602	9.365,089	Guajiru	S. G. Amarante	José C. Medeiros	40,0	25,52	0,66	H/D	300,00
C180	239,114	9.365,971	Maçaranduba	S. G. Amarante	Gilberto Lira	15,0	14,20	0,99	H/D	216,00
C181	238,837	9.364,624	Maçaranduba	S. G. Amarante	Antonio M. Leite	45,0	36,67		H/D	300,00
C186	238,479	9.369,501	Faz. São Miguel	Ceará Mirim	Hélio Pignataro		5,05	0,54	H/D	288,00
C191	237,742	9.375,074	Tabuão	Ceará Mirim	Francisco Nogueira	4,0	2,81	0,41	H/D	144,00
C192	237,736	9.366,161	Gja. 21 de Março	S. G. Amarante	Servilho da C. Pinto	2,0	0,645	0,28	H/D	162,00
C196	237,359	9.365,624	Maçaranduba	S. G. Amarante	Britadora ENTECO	36,0	29,11	0,42	H/D/IND	960,00
C200	237,142	9.368,207	Maçaranduba	Ceará Mirim	Sebastião Samuel	28,0	22,80		H/D	264,00
C205	236,79	9.368,605	Faz. São José	Ceará Mirim	José Brandão	28,0	20,89	0,28	H/D	156,00
C212	234,043	9.364,809	Catamboeira	S. G. Amarante	Manoel dos Santos			0,17	H/D	156,00
C222	230,595	9.365,296	Serrinha	S. G. Amarante	Aldevan		6,61	0,65	H/D	306,00
C225	230,347	9.365,092	Serrinha	S. G. Amarante	Comunidade		6,34	0,54	H/D	900,00
C229	229,774	9.365,076	Serrinha	S. G. Amarante	José França	6,0	2,05	0,49	ANI	180,00
C234	228,663	9.363,990	Serrinha	S. G. Amarante	Manoel Etelvino	30,0	1,885	0,46	H/D	216,00
C237	228,521	9.363,617	Serrinha	S. G. Amarante	Comunidade	2,5	1,90	0,59	H/D	151,20

Anexo 01 – Tabela C - CADASTRAMENTO DOS PONTOS D'ÁGUA (CACIMBÕES)

ID	Coordenadas X Y		Localidade	Município	Proprietário	P (m)	NE (m)	HB (m)	Uso	Vol/ano (m³)
C241	228,287	9.373,410	Jacoca	Ceará Mirim	Marconde Barreto		6,70	0,38	ANI	144,00
C242	228,169	9.363,500	Serrinha	S. G. Amarante	Ranilson		0,82	0,34	DES	0,00
C244	227,915	9.370,476	Ponte do Mato	Ceará Mirim	Alcino D. Melo	14,0	10,05	0,72	H/D	180,00
C245	227,881	9.371,265	Santa Maria	Ceará Mirim	José H. Trigueiro	16,0		0,40	H/D	360,00
C247	227,658	9.371,505	Santa Maria	Ceará Mirim	Tomáz Misael C.		14,11	0,32	H/D	216,00
C248	227,599	9.364,056	Gja. Tamoatá	Ielmo Marinho	Pedro Dias Melo	12,0	8,12	0,42	H/D	180,00
C249	227,574	9.371,425	Ponte do Mato	Ceará Mirim	Manoel Vieira	15,0	12,66	0,35	H/D	288,00
C250	227,362	9.363,305	Tamoatá	Ielmo Marinho	Comunidade	9,0	7,85	0,53	H/D	72,00
C251	227,333	9.373,635	Jacoca de Cima	Ceará Mirim	Murilo Lopes	10,0	1,40	0,23	ANI	108,00
C252	227,311	9.370,373	Ponte do Mato	Ceará Mirim	Francisco Canindé	9,0	7,56	0,55	H/D	168,00
C254	227,149	9.370,561	Ponte do Mato	Ceará Mirim	Geraldo Cícero		12,77	0,57	H/D/A	216,00
C255	227,128	9.370,854	Ponte do Mato	Ceará Mirim	Esmerino Soares	15,0	9,79	0,46	H/D	180,00
C256	227,013	9.369,700	Ponte do Mato	Ceará Mirim		9,8	9,0		H/D	120,00
C257	226,839	9.370,095	Ponte do Mato	Ceará Mirim	Joana F. de Araújo		3,86	0,33	H/D	240,00
C258	226,448	9.365,665	Sítio Maceió	Ielmo Marinho	Valdemar T. Silva	13,0	9,23	0,65	H/D	168,00
C259	226,367	9.367,792	Guajiru	Ceará Mirim	DIANORTE	10,0	6,07	0,53	H/D/IND	720,00
C260	226,186	9.365,551	Canto de Moça	Ielmo Marinho	Vicente Gomes C.		17,5	0,52	H/D	360,00
C261	226,029	9.365,391	Canto de Moça	Ielmo Marinho	José Nunes Cabral	5,0	3,38	0,70	H/D	144,00
C262	226,007	9.370,525	Gemeleira	Ceará Mirim	Raimundo Guedes	11,0	9,39	0,50	H/D	288,00
C263	225,878	9.365,760	Canto de Moça	Ielmo Marinho	Antonia Celina	14,0	10,26	0,72	H/D	216,00
C264	225,61	9.364,990	Canto de Moça	Ielmo Marinho	Roberto Lima	12,0	8,095	0,56	H/D	156,00
C265	225,522	9.365,835	Canto de Moça	Ielmo Marinho	Prefeitura	5,0	0,75	0,21	H/D	720,00
C266	225,432	9.364,842	Canto de Moça	Ielmo Marinho	Francisco Esterf	13,0	10,44	0,82	H/D	168,00
C269	225,274	9.365,611	Canto de Moça	Ielmo Marinho	Maria Nilza Nunes		2,34	0,69	H/D	168,00
C270	225,271	9.365,611	Canto de Moça	Ielmo Marinho	Maria Nilza Nunes	8,0	3,735	0,23	H/D	252,00
C271	225,248	9.365,925	Canto de Moça	Ielmo Marinho	Pedro José Lima		5,645	0,65	H/D	540,00
C272	225,132	9.370,107	Gemeleira	Ceará Mirim	Francisco Graciano		6,95	0,60	H/D	156,00
C275	218,587	9.374,757	Matão	Taipu	Maria Conceição	6,0	2,62	0,29	H/D	72,00
C279	246,300	9.365,600	Rua Progresso	Extremoz		23,4	23	0,0	H/D	70,0

ANEXO 02 – Resultados das Campanhas de Medições Realizadas pela CAERN
Período de 1995 a 1996 (Tabelas: A – F)

Anexo 02 - Tabela A - Resultados das campanhas de medições realizadas pela CAERN no período de 1995 a 1996

LOCALIDADE	DATA	COR	TURBIDEZ	ALC. TOTAL	DUREZA TOTAL	pH	Cl ⁻	OD	DBO ₅	DQO	STD	CT	CF
	Coleta	u ^H	(mg/L SiO ₂)	(mg/L CaCO ₃)	(mg/L CaCO ₃)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(NMP/100ml)	(NMP/100ml)
Rio Guajiru - Br-406	13/03/95	35,0	7,6	69,3	108,0	6,5	115,0	4,8	1,3		392,0	92.000,0	92.000,0
Rio Guajiru - Br-406	17/05/95	110,0	8,7	25,3	56,0	6,6	116,0	6,3	0,7	48,0	326,0	9.200,0	
Rio Guajiru - Br 406	12/06/95	90,0	6,0	36,3	86,0	7,1	105,0	5,6	1,1	168,0	310,0	5.400,0	5.400,0
Rio Guajiru - Br 406	24/07/95	110,0	15,0	30,8	56,0	6,6	79,0	4,2	0,3	64,0	644,0	1.700,0	-
Rio Guajiru - Br-406	18/09/95	22,0	2,7	46,2	82,0	6,5	110,0	6,6	1,0	40,0	640,0	1.700,0	-
Rio Guajiru - Br-406	16/10/95	55,0	9,0	54,6	94,0	6,9	117,0	5,1	1,0	64,0	380,0	16.000,0	-
Rio Guajiru - Br-406	20/11/95	35,0	2,8	57,0	84,0	6,9	124,0	5,4	1,0	80,0	398,0	800,0	-
Rio Guajiru - Br-406	08/01/96	55,0	2,5	68,2	97,5	6,6	112,0	6,1	2,0	80,0	321,0	3.300,0	-
Rio Guajiru - Br-406	22/01/96	55,0	6,5	66,1	101,0	6,9	128,0	4,2	0,7	96,0	342,0	22.000,0	11.000,0
Rio Guajiru - Br-406	26/02/96	110,0	36,0	79,8	111,0	7,1	130,0	3,3	1,9	48,0	376,0	-	-
Rio Guajiru - Br-406	21/03/96	55,0	7,2	74,5	156,0	7,5	178,0	3,5	0,4	184,0	46,0	5.000,0	-
Rio Guajiru - Br-406	17/06/96	45,0	11,0	131,0	267,0	7,2	322,0	4,9	0,6	28,0	962,0	2.200,0	-
Rio Guajiru - Br-406	22/07/96	25,0	2,7	50,4	66,0	7,0	128,0	5,2	0,4	27,4	376,0	5.000,0	-
Rio Guajiru - Br-406	12/08/96	25,0	4,0	48,3	70,4	7,3	129,00	5,30		0,80	292,00	5.000,00	-
Valor máximo		110,0	36,0	131,0	267,0	7,5	322,0	6,6	2,0	184,0	962,0	92.000,0	92.000,0
Valor médio		59,1	8,7	59,8	102,5	6,9	135,2	5,0	1,0	71,4	414,6	12.092,9	8.338,5
Valor mínimo		22,0	2,5	25,3	56,0	6,5	79,0	3,3	0,3	0,8	46,0	-	-

Anexo 02 - Tabela B - Resultados das campanhas de medições realizadas pela CAERN no período de 1995 a 1996

LOCALIDADE	DATA	COR	TURBIDEZ	ALC. TOTAL	DUREZA TOTAL	pH	Cl ⁻	OD	DBO ₅	DQO	STD	CT	CF
	Coleta		(mg/L SiO ₂)	(mg/L CaCO ₃)	(mg/L CaCO ₃)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(NMP/100ml)	(NMP/100ml)
Rio Guajiru - Jardim	13/03/95	25,0	2,9	36,3	50,0	6,3	56,0	6,5	2,2		206,0	920,0	1.100,0
Rio Guajiru - Jardim	17/05/95	50,0	2,5	26,4	40,0	6,3	63,0	3,7	1,4	56,0	196,0	2.200,0	
Rio Guajiru - Jardim	12/06/95	55,0	1,5	49,5	88,0	7,0	84,0	2,0	1,0	104,0	302,0	940,0	540,0
Rio Guajiru - Jardim	24/07/95	55,0	2,0	31,9	50,0	6,4	69,0	1,8	0,4	128,0	540,0	2.200,0	-
Rio Guajiru - Jardim	18/09/95	25,0	3,5	38,8	64,0	6,9	74,0	4,6	1,5	72,0	420,0	1.400,0	-
Rio Guajiru - Jardim	16/10/95	35,0	3,5	42,0	58,0	6,6	72,0	5,1	1,8	48,0	248,0	2.200,0	-
Rio Guajiru - Jardim	20/11/95	35,0	2,0	48,0	62,0	6,9	80,0	3,5	1,7	128,0	286,0	5.000,0	-
Rio Guajiru - Jardim	08/01/96	45,0	1,2	40,9	62,4	6,6	60,0	1,2	2,5	128,0	178,0	700,0	-
Rio Guajiru - Jardim	22/01/96	45,0	2,0	57,7	74,1	6,7	81,0	4,0	1,5	56,0	238,0	2.700,0	2.200,0
Rio Guajiru - Jardim	26/02/96	75,0	2,2	44,1	62,4	7,2	65,0	2,0	1,3	56,0	204,0	2.250,0	-
Rio Guajiru - Jardim	21/03/96	55,0	4,3	42,0	70,0	7,1	100,0	2,6	1,3	88,0	220,0	2.300,0	-
Rio Guajiru - Jardim	12/08/96	15,0	1,0	40,9	57,2	7,0	93,0	8,4		5,1	210,0	170,0	-
Valor máximo		75,0	4,3	57,7	88,0	7,2	100,0	8,4	2,5	128,0	540,0	5.000,0	2.200,0
Valor médio		42,9	2,4	41,5	61,5	6,8	74,8	3,8	1,5	79,0	270,7	1.915,0	349,1
Valor mínimo		15,0	1,0	26,4	40,0	6,3	56,0	1,2	0,4	5,1	178,0	170,0	-

Anexo 02 - Tabela C - Resultados das campanhas de medições realizadas pela CAERN no período de 1995 a 1996

LOCALIDADE	DATA	COR	TURBIDEZ	ALC. TOTAL	DUREZA TOTAL	pH	Cl ⁻	OD	DBO ₅	DQO	STD	CT	CF
	Coleta		(mg/L SiO ₂)	(mg/L CaCO ₃)	(mg/L CaCO ₃)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(NMP/100ml)	(NMP/100ml)
Rio do Mudo - Br-406	13/03/95	25,0	12,0	158,4	216,0	6,5	138,0	7,0	1,5		572,0	22.000,0	
Rio do Mudo - Br 406	12/06/95	75,0	4,2	86,9	236,0	7,0	408,0	4,6	0,6	152,0	1.248,0	1.400,0	
Rio do Mudo - Br-406	18/09/95	15,0	9,5	140,7	232,0	7,2	186,0	7,0	1,5	56,0	-	1.700,0	
Rio do Mudo - Br-406	16/10/95	25,0	4,5	136,0	212,0	7,5	140,0	5,0	2,1	24,0	382,0	3.000,0	
Rio do Mudo - Br-406	20/11/95	35,0	3,5	141,0	201,0	7,3	148,0	4,9	1,4	168,0	562,0	3.000,0	
Rio do Mudo - Br-406	08/01/96	45,0	2,6	136,0	199,0	7,2	135,0	5,5	3,2	56,0	446,0	1.100,0	
Rio do Mudo - Br-406	22/01/96	25,0	3,0	140,0	209,0	7,1	138,0	3,8	1,0	64,0	446,0	8.000,0	
Rio do Mudo - Br-406	26/02/96	55,0	5,1	140,0	265,0	7,2	270,0	4,0	1,9	48,0	786,0	-	
Rio do Mudo - Br- 406	21/03/96	45,0	5,3	111,0	363,0	7,1	416,0	4,0	0,5	72,0	1.123,0	1.300,0	
Rio do Mudo - Br-406	20/05/96	35,0	11,0	137,0	200,0	7,4	240,0	5,6	0,5	44,6	682,0	5.400,0	
Rio do Mudo - Br-406	17/06/96	55,0	7,5	38,8	65,0	7,0	120,0	5,8	1,1	18,6	286,0	1.600,0	
Rio do Mudo - Br-406	22/07/96	35,0	5,1	130,0	191,0	7,2	181,0	5,8	1,6	91,3	606,0	1.600,0	
Rio do Mudo - Br-406	12/08/96	7,0	5,6	144,0	220,0	7,5	152,0	3,9		1,7	528,0	200,0	
Valor máximo		75,0	12,0	158,4	363,0	7,5	416,0	7,0	3,2	168,0	1.248,0	22.000,0	-
Valor médio		36,7	6,1	126,1	216,1	7,2	205,5	5,1	1,4	66,4	589,8	3.869,2	
Valor mínimo		7,0	2,6	38,8	65,0	6,5	120,0	3,8	0,5	1,7	-	-	

Anexo 02 - Tabela D - Resultados das campanhas de medições realizadas pela CAERN no período de 1995 a 1996

LOCALIDADE	DATA	COR	TURBIDEZ	ALC. TOTAL	DUREZA TOTAL	pH	Cl ⁻	OD	DBO ₅	DQO	STD	CT	CF
	Coleta		(mg/L SiO ₂)	(mg/L CaCO ₃)	(mg/L CaCO ₃)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(NMP/100ml)	(NMP/100ml)
Rio do Mudo - S. Miguel	13/03/95	25,0	5,0	78,1	134,0	6,6	148,0	4,9	1,5		486,0	11.000,0	11.000,0
Rio do Mudo - S. Miguel	07/04/95	75,0	9,5	58,3	138,0	6,9	176,0	2,6	1,3	53,2	514,0	1.700,0	340,0
Rio do Mudo - S. Miguel	12/06/95	90,0	6,8	81,4	182,0	7,0	226,0	3,4	0,6	136,0	660,0	3.500,0	3.500,0
Rio do Mudo - S. Miguel	24/07/95	75,0	2,5	55,0	140,0	6,7	254,0	2,5	1,0	112,0	1.462,0	11.000,0	-
Rio do Mudo - S. Miguel	18/09/95	12,0	2,5	77,7	134,0	7,0	138,0	5,2	0,7	48,0	650,0	3.000,0	-
Rio do Mudo - S. Miguel	16/10/95	25,0	2,0	71,4	126,0	6,9	134,0	5,0	1,8	48,0	438,0	14.000,0	-
Rio do Mudo - S. Miguel	20/11/95	25,0	2,5	84,0	116,0	7,1	146,0	4,3	0,6	96,0	482,0	2.800,0	-
Rio do Mudo - S. Miguel	08/01/96	25,0	1,1	73,5	129,0	6,8	126,0	4,7	1,9	72,0	378,0	3.300,0	-
Rio do Mudo - S. Miguel	22/01/96	25,0	2,5	73,5	115,0	6,9	134,0	3,5	0,7	80,0	362,0	50.000,0	9.000,0
Rio do Mudo - S. Miguel	26/02/96	130,0	9,0	88,2	148,0	6,8	192,0	3,0	1,6	120,0	508,0	-	-
Rio do Mudo - S. Miguel	21/03/96	45,0	4,5	90,3	164,0	7,0	198,0	3,0	0,3	40,0	460,0	2.200,0	-
Rio do Mudo - S. Miguel	20/05/96	35,0	9,0	79,8	137,0	6,6	165,0	3,2	0,5	26,8	446,0	1.600,0	-
Rio do Mudo - S. Miguel	17/06/96	55,0	4,5	78,7	160,0	7,1	188,0	4,0	0,4	9,3	516,0	5.000,0	-
Rio do Mudo - S. Miguel	22/07/96	35,0	2,6	73,5	106,0	7,0	129,0	4,9	0,9	36,5	416,0	1.700,0	-
Rio do Mudo - S. Miguel	12/08/96	15,0	1,8	92,4	128,0	7,4	142,0	5,5		1,4	396,0	1.600,0	-
Valor máximo		130,0	9,5	92,4	182,0	7,4	254,0	5,5	1,9	136,0	1.462,0	50.000,0	11.000,0
Valor médio		46,1	4,4	77,1	137,1	6,9	166,4	4,0	1,0	62,8	544,9	7.493,3	1.589,3
Valor mínimo		12,0	1,1	55,0	106,0	6,6	126,0	2,5	0,3	1,4	362,0	-	-

Anexo 02 - Tabela E - Resultados das campanhas de medições realizadas pela CAERN no período de 1995 a 1996

LOCALIDADE	DATA	COR	TURBIDEZ	ALC. TOTAL	DUREZA TOTAL	pH	Cl ⁻	OD	DBO ₅	DQO	STD	CT	CF
	Coleta		(mg/L SiO ₂)	(mg/L CaCO ₃)	(mg/L CaCO ₃)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(NMP/100ml)	(NMP/100ml)
Lagoa de Extremoz	01/03/95	15,0	5,4	44,0	66,0	6,5	82,0	5,8	3,0	60,1	282,0	240,0	240,0
Lagoa de Extremoz	01/03/95	25,0	4,5	44,0	64,0	7,5	75,0	3,4	0,1	55,0	275,2	1.600,0	
Lagoa de Extremoz	01/04/95	22,0	3,0	44,0	64,0	6,8	81,0	6,4	0,9	60,8	266,0	260,0	210,0
Lagoa de Extremoz	01/05/95	55,0	3,6	38,5	60,0	6,7	82,0	5,6	0,7	32,0	264,0	1.100,0	
Lagoa de Extremoz	01/06/95	55,0	1,7	36,3	72,0	7,3	94,0	5,5	0,5	56,0	286,0	240,0	79,0
Lagoa de Extremoz	01/07/95	35,0	2,4	38,5	74,0	6,9	115,0	6,2	0,3	64,0	810,0	110,0	-
Lagoa de Extremoz	01/09/95	15,0	8,4	40,9	78,0	7,3	127,0	7,0	1,3	8,0	645,0	80,0	-
Lagoa de Extremoz	01/10/95	35,0	6,0	46,2	86,0	7,0	127,0	6,8	1,5	8,0	388,0	70,0	-
Lagoa de Extremoz	01/11/95	35,0	7,5	47,0	72,0	7,3	104,0	6,8	1,7	64,0	328,0	240,0	-
Lagoa de Extremoz	01/01/96	25,0	1,0	49,3	87,7	7,0	116,0	7,1	1,6	72,0	308,0	70,0	-
Lagoa de Extremoz	01/01/96	25,0	6,5	55,6	89,7	7,1	105,0	7,3	0,6	48,0	298,0	130,0	27,0
Lagoa de Extremoz	01/02/96	35,0	22,0	57,7	89,7	7,2	101,0	7,0	4,3	88,0	306,0	-	-
Lagoa de Extremoz	01/03/96	3,0	1,5	48,3	117,0	7,3	120,0	7,1	2,5	70,0	272,0	-	-
Lagoa de Extremoz	01/03/96	15,0	2,2	51,4	97,0	7,1	116,0	6,9	0,8	24,0	270,0	230,0	-
Lagoa de Extremoz	01/05/96	15,0	3,2	43,0	77,5	6,7	90,0	6,9	1,1	8,9	240,0	13.000,0	-
Lagoa de Extremoz	01/06/96	15,0	2,8	39,9	67,5	7,0	88,0	8,0	0,8	9,3	254,0	1.600,0	300,0
Valor máximo		55,0	22,0	57,7	117,0	7,5	127,0	8,0	4,3	88,0	810,0	13.000,0	300,0
Valor médio		26,6	5,1	46,3	78,9	7,0	101,4	6,5	1,4	45,5	343,3	1.185,6	61,1
Valor mínimo		3,0	1,0	36,3	60,0	6,5	75,0	3,4	0,1	8,0	240,0	-	-

Anexo 02 - Tabela F - Resultados das campanhas de medições realizadas pela CAERN no período de 1995 a 1996

LOCALIDADE	DATA	COR	TURBIDEZ	ALC. TOTAL	DUREZA TOTAL	pH	Cl-	OD	DBO5	DQO	STD	CT	CF
	Coleta		(mg/L SiO2)	(mg/L CaCO3)	(mg/L CaCO3)		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(NMP/100ml)	(NMP/100ml)
Rio Doce	07/04/95	25,0	3,5	34,1	52,0	6,6	63,0	3,4	0,8	68,4	212,0	17.000,0	11.000,0
Rio Doce	17/05/95	35,0	1,7	36,3	60,0	6,5	72,0	5,5	0,5	40,0	216,0	920,0	
Rio Doce	12/06/95	35,0	2,0	30,8	50,0	6,2	67,0	5,0	0,4	72,0	216,0	16.000,0	2.400,0
Rio Doce	24/07/95	25,0	6,4	31,9	70,0	6,5	90,0	4,3	0,5	80,0	692,0	7.000,0	-
Rio Doce	18/09/95	12,0	2,3	25,2	50,0	6,9	66,0	5,3	0,6	24,0	540,0	900,0	-
Rio Doce	16/10/95	15,0	1,5	26,2	44,0	6,9	53,0	6,6	1,4	24,0	178,0	17.000,0	-
Rio Doce	20/11/95	25,0	2,5	44,0	53,0	7,1	58,0	6,4	2,5	48,0	220,0	90.000,0	-
Rio Doce	08/01/96	25,0	2,4	26,2	48,7	6,6	46,0	6,8	1,1	40,0	126,0	5.400,0	-
Rio Doce	22/01/96	15,0	2,0	29,4	52,6	6,4	46,0	7,5	2,0	64,0	120,0	9.000,0	9.000,0
Rio Doce	26/02/96	55,0	4,3	31,5	44,8	6,7	50,0	6,2	3,5	104,0	154,0	-	-
Rio Doce	21/03/96	15,0	4,2	37,8	51,0	7,2	80,0	6,5	3,3	40,0	182,0	17.000,0	-
Rio Doce	20/05/96	15,0	3,2	43,0	77,5	6,7	90,0	6,9	1,1	8,9	240,0	13.000,0	-
Rio Doce	17/06/96	15,0	3,0	31,5	62,5	6,7	66,0	5,0	0,6	9,3	200,0	11.000,0	
Rio Doce	22/07/96	15,0	2,5	31,5	41,8	6,4	54,0	5,1	1,1	9,1	180,0	900,0	-
Rio Doce	12/08/96	7,0	5,6	144,0	220,0	7,5	152,0	3,9		1,7	528,0	200,0	-
Valor máximo		55,0	6,4	144,0	220,0	7,5	152,0	7,5	3,5	104,0	692,0	90.000,0	11.000,0
Valor médio		22,3	3,1	40,2	65,2	6,7	70,2	5,6	1,4	42,2	266,9	13.688,0	1.723,1
Valor mínimo		7,0	1,5	25,2	41,8	6,2	46,0	3,4	0,4	1,7	120,0	-	-

**ANEXO 03 – Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Subterrâneas e Superficiais
(Tabelas A –E)**

Anexo 03 – Tabela A-Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Subterrâneas e superficiais

	No. Poço	P-202	P-136	P-71	C-194	C-260
	Data	21/11/97	21/11/97	21/11/97	21/11/97	21/11/97
	Município	S G. Am	Extremoz	Extremoz	C. Mirim	Ielmo. Marinho
	Localidade	Maçaranduba.	Gja. Wengrid	Laguna Hotel	Maçaranduba	Canto de Moça
	Profundidade (m)	100,00	30,00		40,0	17,50
	Cond. Elétrica (µs/cm)	672,0	74,8	213,1	119,0	307,2
	STD(mg/L)	487,20	81,20	200,80	102,20	246,20
	pH	7,7	4,5	7,4	6,2	7,2
	Dureza(mg/L CaCO ₃)	247,34	9,75	68,25	35,41	85,18
	Fe ⁺⁺ (mg/L)	0,0	0,04	0,05	1,48	0,23
Ânions (mg/L)	Cl ⁻	132,31	10,18	16,96	13,57	47,49
	SO ₄ ⁻	16,21	0,54	0,71	0,71	0,36
	HCO ₃ ⁻	192,49	0,0	51,69	33,53	63,85
	NO ₃ ⁻	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cátions (mg/L)	Ca ⁺⁺	46,43	0,82	16,96	13,57	47,49
	Mg ⁺⁺	31,90	1,87	4,74	3,99	7,97
	Na ⁺	61,82	9,62	16,54	10,77	33,75
	K ⁺	6,15	0,83	1,25	0,83	5,0
Ânions (meq/L)	rCl	3,7311	0,2870	0,4782	0,3826	1,3392
	rSO ₄ ⁻	0,3374	0,0112	0,0147	0,0147	0,074
	rHCO ₃ ⁻	3,1549	0,0	0,8471	0,5495	1,0465
	rCO ₃ ⁻	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	rNO ₃ ⁻	0,5242	0,3032	0,7234	0,1909	0,8886
	rΣa	7,7476	0,6014	2,063	1,1377	3,3485
Cátions (meq/L)	rCa	2,3168	0,0409	0,9740	0,3792	1,045
	rMg	2,6234	0,1537	0,3898	0,3281	0,6554
	rNa	2,6891	0,4184	0,7194	0,4684	1,4681
	rK	0,1572	0,022	0,0319	0,0212	0,1279
	rΣc	7,7865	0,635	2,1151	1,1969	3,2973
(%)	rCl	48,16	47,72	23,18	33,63	40,0
	rSO ₄	4,35	1,86	0,70	1,29	2,21
	rHCO ₃ + rCO ₃	40,72	0,0	40,05	48,30	31,25
	rNO ₃	6,77	50,42	35,06	16,78	26,54
	rCa	29,75	6,44	46,05	31,68	31,72
	rMg	33,69	24,20	18,43	27,41	19,88
	rNa + K	36,55	69,35	35,50	40,90	48,40

Anexo 03 – Tabela B-Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Subterrâneas e Superficiais

	No. Poço	P76	P59	P68	P87	P-51
	Data	23/03/88	10/01/91	26/09/94	04/09/92	02/07/91
	Município	Natal	Natal	Natal	Extremoz	S.G. Amarante
	Localidade	G. Têxtil	Vicunha	Vicunha	Henfibre	Antártica
	Profundidade		74,0	56,0	61,0	
	Cond. Elétrica (µs/cm)	106,4	86,6	109,4	380,0	75,8
	STD(mg/l)	91,0	48,80	58,80	195,20	68,0
	pH	6,3	5,1	5,0	5,8	5,8
	Dureza(mg/L CaCO ₃)	20,89	17,98	14,91	71,49	13,22
Ânions (mg/L)	Fe ⁺⁺ (mg/L)	0,0		0,12	0,12	0,45
	Cl ⁻	17,81	17,55	17,39	88,63	10,43
	SO ₄ ⁻	1,11	5,79	8,69	0,50	0,83
	HCO ₃ ⁻	26,88	9,43	2,92	57,65	14,84
Cátions (mg/L)	NO ₃ ⁻	0,97	2,16	7,22	6,75	1,13
	Ca ⁺⁺	3,59	2,92	2,98	20,61	2,15
	Mg ⁺⁺	2,9	2,60	1,81	4,86	1,90
	Na ⁺	11,54	10,37	11,54	49,09	6,40
Ânions (meq/L)	K ⁺	3,2	0,64	1,82	1,15	1,60
	rCl	0,5023	0,4949	0,4903	2,4993	0,2941
	rSO ₄ ⁻	0,0231	0,1205	0,1809	0,0104	0,0173
	rHCO ₃ ⁻	00,4406	0,1546	0,0478	0,9448	0,2432
	rCO ₃ ⁻	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	rNO ₃ ⁻	0,0156	0,0348	0,1164	0,1089	0,0182
Cátions (meq/L)	rΣa	0,9816	0,8048	0,8354	3,5634	0,5728
	rCa	0,1791	0,1457	0,1487	1,0284	0,1073
	rMg	0,2384	0,2138	0,1488	0,3996	0,1562
	rNa	0,5020	0,4511	0,5019	2,1354	0,2784
	rK	0,0819	0,0164	0,0465	0,0294	0,0409
	rΣa	0,9816	0,8048	0,8354	3,5634	0,5728
(%)	rCl	51,17	61,49	58,69	70,14	51,34
	rSO ₄	2,35	14,97	21,65	0,29	3,02
	rHCO ₃ + rCO ₃	44,89	19,21	5,72	26,51	42,46
	rNO ₃	1,59	4,32	13,93	3,06	3,18
	rCa	17,91	16,71	17,58	28,62	18,41
	rMg	23,84	24,52	17,59	11,12	26,80
	rNa + K	58,39	53,61	64,83	60,25	3,18

Anexo 03 – Tabela C-Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Subterrâneas e Superficiais

No. Poço	P-202	C-175	P-188	P101	C-175
Data	21/11/97	01/04/98	01/04/98	23/07/97	01/04/98
Município	Extremoz	C. Mirim	S. Gonçalo Am	Extremoz	C. Mirim
Localidade	Gja. Santana	Faz. Xingu	Casa Caridade	PARMALAT	Faz. Xingu
Profundidade					
Cond. Elétrica (µs/cm)	36,0	168,4	331,1	59,0	168,4
STD(mg/L)	31,60	84,80	240,20	58,0	84,80
pH	5,7	7,5	6,7	5,1	7,5
Dureza(mg/L CaCO ₃)	4,78	67,08	16,51	2,05	67,08
Fe ⁺⁺ (mg/L)	4,84	0,07	0,01	0,13	0,07
Ânions (mg/L)	Cl ⁻	10,38	27,14	23,75	11,87
	SO ₄ ⁻	1,39	0,46	23,22	0,81
	HCO ₃ ⁻	3,36	68,53	94,05	7,48
	NO ₃ ⁻	0,67	6,81	0,0	6,81
Cátions (mg/L)	Ca ⁺⁺	0,85	21,90	3,51	0,41
	Mg ⁺⁺	0,64	3,01	1,88	0,25
	Na ⁺	4,80	12,80	53,33	8,08
	K ⁺	0,36	1,36	4,37	3,50
Ânions (meq/L)	rCl	0,2927	0,7653	0,6697	0,3347
	rSO ₄ ⁻	0,0289	0,0095	0,4834	0,0168
	rHCO ₃ ⁻	0,0550	1,1232	1,5414	0,1225
	rCO ₃ ⁻	0,0	0,000	0,0	0,0
	rNO ₃ ⁻	0,0108	0,1098	0,0	0,0
	rΣa	0,3874	2,0078	2,6945	0,474
Cátions (meq/L)	rCa	0,0424	1,0928	0,1751	0,0204
	rMg	0,0526	0,2475	0,1546	0,0205
	rNa	0,2088	0,5568	2,3198	0,3514
	rK	0,0092	0,0347	0,1117	0,0895
	rΣa	0,313	1,9318	2,7612	0,4818
(%)	rCl	75,55	38,265	24,85	70,61
	rSO ₄	7,46	0,475	17,94	3,54
	rHCO ₃ + rCO ₃	14,20	56,16	57,21	25,84
	rNO ₃	13,55	5,49	0,0	-
	rCa	16,81	56,57	6,34	4,23
	rMg	69,65	12,81	5,60	4,25
	rNa + K	2,78	30,62	88,04	49,34

Anexo 03 – Tabela D-Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Subterrâneas e Superficiais

No. Poço	Lagoa	Rio	Rio do Mudo	Lagoa	Lagoa
Data	27/04/93	21/11/97	21/11/97	01/04/98	01/04/98
Município	Extremoz	Extremoz	Extremoz	Extremoz	Extremoz
Cond. Elétrica (µs/cm)	372,4	205,4	576,0	409,6	512,1
TSD(mg/L)	258,0	125,6	419,0	235,20	317,60
pH	6,2	7,1	7,6	6,5	7,1
Dureza(mg/L CaCO ₃)	60,28	54,39	164,21	74,30	109,39
Fe ⁺⁺ (mg/L)	0,51	0,23	0,36	0,33	0,49
Ânions (mg/L)	Cl ⁻	81,81	42,41	144,18	81,42
	SO ₄ ⁻²	3,92	4,29	8,04	2,46
	HCO ₃ ⁻	59,36	52,90	125,83	53,04
	NO ₃ ⁻			1,73	2,30
Cátions (mg/L)	Ca ⁺⁺	11,88	9,45	34,92	11,16
	Mg ⁺⁺	7,44	7,48	18,69	11,28
	Na ⁺	43,33	21,88	74,55	38,75
	K ⁺	7,22	4,17	5,00	5,77
Ânions (meq/L)	rCl	2,31	1,1959	4,0658	2,2960
	rSO ₄ ⁻²	0,08116	0,0893	0,1673	0,0512
	rHCO ₃ ⁻	0,9729	0,8670	2,0623	0,8693
	rCO ₃ ⁻²	0,0	0,0	0,0	0,0
	rNO ₃ ⁻	0,0	0,0061	0,0297	0,0370
	rΣa	3,3641	2,1522	6,2954	3,2535
Cátions (meq/L)	rCa	0,5928	0,4715	1,7425	0,5568
	rMg	0,6118	0,6151	1,5370	0,9276
	rNa	1,8848	0,9517	3,2429	1,6856
	rK	0,1846	0,1066	0,1279	0,1475
	rΣa	3,274	2,1449	6,6503	3,3175
(%)	rCl	68,67	55,52	64,58	70,57
	rSO ₄	2,41	4,15	2,66	1,57
	rHCO ₃ + rCO ₃	28,92	40,28	32,76	26,72
	rNO ₃	0,0	0,0		1,14
	rCa	18,11	21,98	26,20	16,78
	rMg	18,69	28,68	23,11	27,96
	rNa + K	63,06	49,34	50,68	55,26

Anexo 03 – Tabela E-Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Subterrâneas e Superficiais

	No. Poço	P -188	P-213
	Data	01/04/98	01/04/98
	Município	S. G. Amarante	S.G. Amarante
	Localidade	Casa Caridade	Gja S. Pedro
	Profundidade		110,0
	Cond. Elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	331,1	252,6
	TSD(mg/L)	240,20	187,0
	pH	6,7	6,7
	Dureza(mg/L CaCO_3)	16,51	24,77
	Fe^{++} (mg/L)	0,01	0,06
Ânions (mg/L)	Cl^-	23,75	50,89
	SO_4^{--}	23,22	8,92
	HCO_3^-	94,05	49,32
	NO_3^-	0,0	0,45
Cátions (mg/L)	Ca^{++}	3,51	3,72
	Mg^{++}	1,88	3,76
	Na^+	53,33	37,89
	K^+	4,37	4,55
Ânions (meq/L)	rCl	0,6697	1,4350
	r SO_4^{--}	0,4834	0,1857
	r HCO_3^-	1,5414	0,8083
	r CO_3	0,0	0,0
	r NO_3^-	0,0	0,0072
	r Σa	2,6945	2,4362
Cátions (meq/L)	rCa	0,1751	0,1856
	rMg	0,1546	0,3092
	rNa	2,3198	1,6482
	rK	0,1117	0,1163
	r Σa	2,7612	2,26
(%)	rCl	24,85	58,90
	r SO_4	17,94	7,62
	r $\text{HCO}_3^- + \text{rCO}_3$	57,21	33,18
	r NO_3	0,0	0,0029
	rCa	6,34	8,21
	rMg	5,60	13,68
	rNa + K	88,04	78,15