



O USO DA UNIDADE *WETLAND* NO SISTEMA DE PÓS-TRATAMENTO DE
ESGOTO: UM ESTUDO DE CASO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Ednaldo de Paiva Pereira

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Planejamento Energético.

Orientadores: Luiz Pinguelli Rosa
Marcos Aurélio Vasconcelos de
Freitas

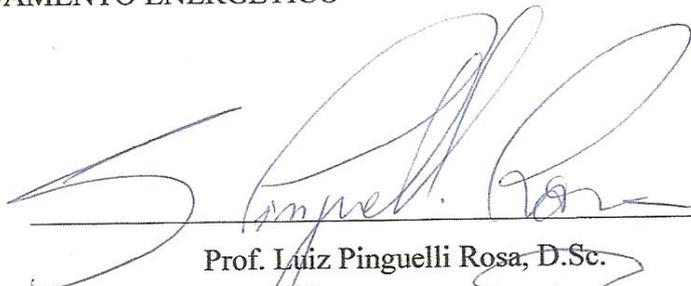
Rio de Janeiro
Agosto de 2011

O USO DA UNIDADE *WETLAND* NO SISTEMA DE PÓS-TRATAMENTO DE
ESGOTO: UM ESTUDO DE CASO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

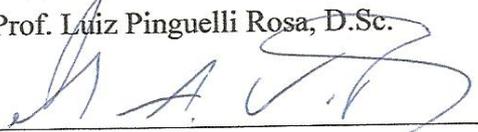
Ednaldo de Paiva Pereira

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

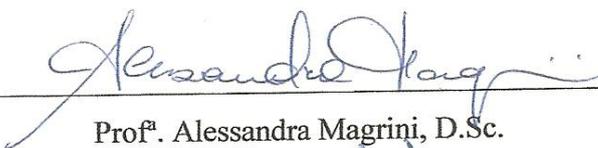
Examinada por:



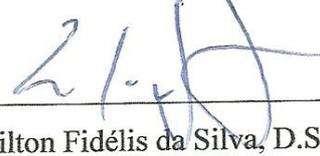
Prof. Luiz Pinguelli Rosa, D.Sc.



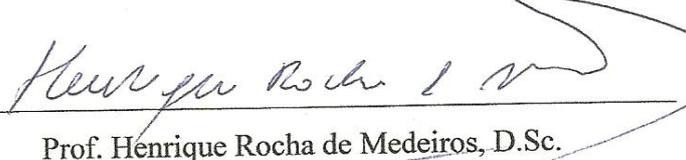
Prof. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, D.Sc.



Prof.ª Alessandra Magrini, D.Sc.



Prof. Neilton Fidélis da Silva, D.Sc.



Prof. Henrique Rocha de Medeiros, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2011

Pereira, Ednaldo de Paiva

O uso da unidade *Wetland* no sistema de pós-tratamento de esgoto: Um estudo de caso no Semiárido Nordeste/ Ednaldo de Paiva Pereira. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

XVI, 193 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Luiz Pinguelli Rosa.

Marcos Aurélio Vasconcelos de
Freitas.

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 168-176.

1. Sistema de Pós-tratamento de esgoto. 2. *Wetland*.
3. Reúso de água. I. Rosa, Luiz Pinguelli, *et al.*
II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE,
Programa de Planejamento Energético. III. Título.

“A terra é a própria quintessência da condição humana e, ao que sabemos, sua natureza pode ser singular no universo, a única capaz de oferecer aos seres humanos um *habitat* no qual eles podem se mover e respirar sem esforço nem artifício. O mundo – artifício humano – separa a existência do homem de todo ambiente meramente animal; mas a vida, em si, permanece fora desse mundo artificial, e através da vida o homem permanece ligado a todos os outros organismos vivos”

Hannah Arendt¹

¹ARENDR, Hannah. **A condição Humana**. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 10ªedição/1ª reimpressão, 2001.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais José e Nirací, irmãos Ednir, Edmilson, Edna, Edilson, filhos Rena, Alessa, Pete, Dito, Duda, Lucas, Jorda, Dandan, netos, Gabí, Bruno, Lili, Pedro, Guigo, à companheira Antônia e aos demais amigos e amigas que juntos torceram e contribuíram de alguma forma para este momento.

AGRADECIMENTOS

Faço meus agradecimentos a:

Deus;

Neilton, pelo amparo e apoio;

Sylvinha e Bia, pela cumplicidade;

Raquel, Cristiano, Angela, Léo, Rubens, Sofia, Fátima, Sônia e Luis pelo apoio;

Abraão Ongman (*in memoriam*) por sua lição de vida;

Emilia, Marta Foepfel, Inessa, Cristina, Riane, Cléa e Fabiana pela amizade;

Eurídice, Simone, Gleide, Gislene e Roberto, pelo companheirismo;

Aurélio, Mário, Rafael, Bianco, Cícero, Rodrigo, Veloni, Guiga, Zé Luiz, Marta, Maria Silvia, Regina, Marcelo, Camilla, Zé Antônio, Betina, Leandro, Fábio, Fernando, Raul, Luis Carlos, Roberto, Rogério e Dona Rosa pela convivência;

João Soito, Sylvia Blajemberg, Bárbara, Mariana, Márcia, André, Simone, Eurídice, Marcelo, Martin e demais amigos do doutorado, pelo convívio;

Sandrinha, Paulo, Simone, Fernando, Beatriz, pela dedicação;

Manoel Lopes, Grilo, André, Gilson, Eduardo, Elane, Dante, Ana, Jorge, Leonor, Marcelo e Glaucia pelo incentivo;

Antônia, Anita pela compreensão e apoio;

Fátima, Pedro, Amacell, Chico Araújo e Eudes da CAERN pelas contribuições;

Pete e Graça, pela colaboração na revisão;

Diego e Nenzinha pelas inúmeras tentativas em busca dos dados;

À CAERN pela disponibilidade de material essencial ao desenvolvimento da tese;

Ao CEFETRN, na pessoa do Prof. Mariz, pela oportunidade;

Ao atual IFRN, na pessoa do Prof. Belchior, também pela oportunidade;

Ao IVIG pela oportunidade nas pesquisas que permitiram verificar *in loco* regiões do país que clamam por melhores condições de vida para seus habitantes;

Aos pesquisadores e pesquisadoras deste país que tanto contribuem com a ciência;

Ao Professor Marcos Freitas, pela oportunidade, atenção, confiança e ensinamentos, e

Ao Professor Luiz Pinguelli Rosa, também pela oportunidade, atenção, confiança e ensinamentos.

“A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer o uso que deve fazer do seu próprio conhecimento”.

Platão.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Agradeço aos professores e professoras do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ por suas contribuições à construção do pensamento crítico que permite ao ser humano participar proativamente na construção de uma sociedade justa e igualitária.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

O USO DA UNIDADE *WETLAND* NO SISTEMA DE PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO: UM ESTUDO DE CASO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Ednaldo de Paiva Pereira

Agosto/2011

Orientadores: Luiz Pinguelli Rosa.

Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas

Programa: Planejamento Energético

O presente trabalho de tese traz à discussão o tratamento de polimento em águas residuais de origem doméstica com o uso da tecnologia de pós-tratamento de esgoto aplicada na Unidade *Wetland* do Sistema *Wetland* Construído (SWC) no município de Parelhas localizado no semiárido do Estado do Rio Grande do Norte. A disposição dos esgotos domésticos, sem tratamento adequado, causa impactos ambientais negativos, como danos ao solo e ao meio aquático além de doenças advindas do contato com esse ambiente. Isso se constata em diversas localidades do Estado do Rio Grande do Norte, onde os lançamentos dos efluentes sem tratamento adequado, têm sido os responsáveis pelas poluição dos corpos receptores. O uso da tecnologia com SWC é uma oportunidade de com baixo custo mitigar esses impactos ambientais negativos e produzir água de reúso em condições de uso em atividades que não exijam necessariamente a água nobre. A instalação do SWC também contribui para reduzir a pressão causada com a disposição dos rejeitos da produção do setor de cerâmica vermelha uma vez que permite o seu aproveitamento em sua construção. Deste modo, verifica-se que realizar o aproveitamento de esgotos a partir da inserção dos SWC no rol das ações de políticas públicas, que prioritariamente devem ser discutidas na coletividade, significa, com sua difusão e externalidades socioeconômicas e ambientais positivas, trazer benefícios, em prol do desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região do semiárido do Rio Grande do Norte.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

THE USE OF WETLAND IN SYSTEM OF POST-TREATMENT OF SEWAGE: A
CASE STUDY IN SEMI-ARID NORTHEASTERN

Ednaldo de Paiva Pereira

August/2011

Advisors: Luiz Pinguelli Rosa.

Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas

Department: Energetic Planning

This thesis provides a discussion of the treatment of polishing wastewater from households using the technology after-treatment of wastewater applied to the unit Wetland of the Constructed Wetland System (CWS) in the municipality of Parelhas located in semi-arid state of Rio Grande do Norte. The disposal of untreated sewage cause negative environmental impacts, bringing damage to soil and water environment, as well as various kinds of diseases from contact with this wastewater. It can be seen in various localities of Rio Grande do Norte, due to release of untreated effluents, which have their rivers polluted. The use of the CWS technology is an opportunity to mitigate the negative environmental impacts at low cost and produce water for reuse in a condition to be consumed in activities which do not necessarily require potable water. The installation of the CWS allows the usage of tailings from the production of red ceramic industry in its construction, which contributes to reduce the pressure caused by the disposal of these pottery wastes in the soil. Thus, it appears that realize the use of sewage from the insertion of the CWS in the list of public policy actions that should be discussed primarily in the community means to bring benefits in supporting the development of socioeconomic and environmental semiarid region of Rio Grande do Norte.

SUMÁRIO		PÁG
INTRODUÇÃO	GERAL.....	1
CAPÍTULO 1	CONDICIONANTES PARA ADOÇÃO DE UMA POLÍTICA DE REÚSO	14
1	Introdução.....	14
1.1	Dimensão Social da Água.....	16
1.1.1	Água e a participação da sociedade.....	16
1.1.2	População mundial.....	19
1.1.3	Distribuição da água.....	20
1.1.4	Água doce no mundo.....	22
1.1.5	População no Brasil.....	26
1.1.6	Disponibilidade de água no Brasil.....	32
1.2	Dimensão Econômica da Água.....	35
1.2.1	Consumo de água.....	35
1.2.2	Distribuição e custos.....	39
1.2.3	Desperdício e crise.....	45
1.3	Dimensão ambiental da água.....	48
1.3.1	Equilíbrio hidrológico.....	48
1.3.2	Doenças de origem hídrica.....	50
1.3.3	Tratamento de esgotos e reúso de água.....	52
1.3.4	Esgotamento sanitário.....	57
1.3.5	Água e a legislação brasileira.....	60
CAPÍTULO 2	TECNOLOGIA <i>WETLAND</i> DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	64
2	Introdução.....	64
2.1	Sistema <i>Wetland</i> Natural.....	66
2.2	Sistema <i>Wetland</i> Construído.....	67
2.2.1	Principais vantagens do uso do SWC.....	70
2.2.2	Componentes do SWC.....	72
2.2.3	Aproveitamento dos esgotos no SWC.....	76
2.2.4	Nitrogênio no SWC.....	78
2.2.5	Custos de Instalação do SWC.....	81

CAPÍTULO 3	ESTUDO DE CASO: SWC NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN.....	85
3	Introdução.....	85
3.1	O Semiárido do Brasil.....	87
3.2	Estudo de caso: SWC em Parelhas.....	91
3.2.1	Município de Parelhas.....	91
3.2.2	Componentes do SWC de Parelhas.....	96
3.2.2.1	A estação de tratamento de esgoto.....	96
3.2.2.2	A unidade <i>Wetland</i>	99
3.2.2.3	Substrato cerâmico.....	100
3.2.2.4	Vazão do projeto.....	101
3.2.3	Custos de instalação do SWC.....	102
3.2.4	Parâmetros e procedimentos metodológicos.....	104
3.2.4.1	Coletas.....	105
3.2.4.2	Matéria seca e proteína bruta.....	106
3.2.4.3	Teor de nitrogênio na matéria seca.....	109
3.2.4.4	Determinação da proteína bruta.....	111
3.2.4.5	Verificação da vazão.....	111
3.2.4.6	Efluente da unidade <i>Wetland</i>	112
3.2.4.7	Forragem.....	112
3.2.5	Análises do trabalho em Parelhas.....	113
3.2.5.1	Precipitação pluviométrica (PP) e temperatura (T).....	113
3.2.5.2	Nitrogênio no afluente e no efluente da unidade <i>Wetland</i>	114
3.2.5.3	Teor de nitrogênio na matéria seca nas Amostras A1, A2 e A3.....	116
3.2.5.4	Nitrogênio na matéria seca relacionado aos cortes.....	118
3.2.5.5	Produção de proteína bruta e matéria natural.....	119
3.2.6	Considerações sobre o trabalho em Parelhas.....	120
CAPÍTULO 4	CAPACIDADE DE APROVEITAMENTO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTOS DE ESGOTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.....	124
4	Introdução.....	124

4.1	Política e gestão do saneamento básico no Estado do Rio Grande do Norte.....	127
4.1.1	Classes de consumo.....	130
4.1.2	Abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto no RN.	132
4.1.2.1	Disposição de efluentes das estações de tratamento de esgotos no Rio Grande do Norte.....	135
4.2	Capacidade potencial de esgotos no Rio Grande do Norte.....	137
4.2.1	Oportunidades estimadas.....	140
4.3	Capacidade potencial de água de reúso localizada (2010).....	142
4.3.1	Capacidade potencial em Parelhas.....	142
4.3.1.1	Estação de tratamento B123.....	143
4.3.1.2	Estação de tratamento B4.....	145
4.3.1.3	Estação de tratamento B56.....	148
4.3.1.4	Capacidade de geração de água de reúso em Parelhas.....	151
4.3.2	Capacidade potencial de esgoto no Estado e Território Cidadania Seridó.....	151
4.4	O SWC e as oportunidades socioeconômicas e ambientais.....	157
4.4.1	Produção de nitrogênio.....	158
4.4.2	Produção de forragem.....	159
4.4.3	Resíduos de cerâmicas na construção	159
4.4.4	Água de reúso.....	160
CAPÍTULO 5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	161
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
7	ANEXOS.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Distribuição de água potável por domicílio no planeta.....	22
Figura 1.2	População sem acesso a água doce no planeta (%)......	25
Figura 1.3	Distribuição da população brasileira.....	27
Figura 1.4	Gastos com a água doce disponível no mundo (%)......	41
Figura 1.5	Ciclo hidrológico.....	49
Figura 2.1	Sistema <i>Wetland</i> Natural.....	67
Figura 2.2	Fluxo sub-superficial do esgoto em uma unidade <i>Wetland</i>	74
Figura 2.3	Tratamento de despoluição de água em Analândia/SP.....	83
Figura 3.1	Nova delimitação do semiárido brasileiro.....	87
Figura 3.2	Situação geográfica de Parelhas RN.....	92
Figura 3.3	Imagem da unidade <i>Wetland</i> em Parelhas/RN (2004).....	97
Figura 3.4	Esquema geral da instalação da unidade <i>Wetland</i>	98
Figura 3.5	Foto da Lagoa facultativa primária de Parelhas em 2005.....	99
Figura 3.6	Foto da Unidade <i>Wetland</i>	100
Figura 3.7	Foto da unidade com o substrato cerâmico.....	101
Figura 3.8	Foto da Unidade <i>Wetland</i> com o regulador de nível.....	102
Figura 3.9	Distribuição dos pontos de coletas EW, AW, A1, A2 e A3.....	105
Figura 3.10	Foto da tubulação de Captação do Afluente da unidade.....	111
Figura 3.11	Imagem do Efluente da unidade <i>Wetland</i>	112
Figura 4.1	Mapa de localização dos escritórios regionais da CAERN 2010	134
Figura 4.2	Mapa diagnóstico das ETEs do Rio Grande do Norte - 2007.....	135
Figura 4.3	Esquema de Instalação da ETE B123.....	145
Figura 4.4	Esquema de instalação da ETE B4.....	147
Figura 4.5	Imagem de situação da ETE da Unidade <i>Wetland</i>	147
Figura 4.6	Esquema de instalação da ETE (1) e Imagem da ETE (2).....	150
Figura 4.7	Municípios do Território Cidadania Seridó - RN.....	154

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1	Composição da população residente por sexo, segundo grupos de idades, no Brasil (1999-2009).....	28
Gráfico 1.2	Grau de urbanização no período compreendido entre 1991 e 2001.....	29
Gráfico 1.3	Recursos hídricos, superfície e população no Brasil.....	33
Gráfico 1.4	Proporção de domicílios particulares permanentes urbanos com acesso à água, e serviços de saneamento segundo as grandes regiões, de 1999 a 2009.....	34
Gráfico 1.5	Distribuição de água por setor (%).....	39
Gráfico 1.6	Proporção de domicílios particulares permanentes urbanos com serviços de esgotamento sanitários, segundo as grandes regiões, de 1999 a 2009.....	58
Gráfico 3.1	Precipitação pluviométrica (P) em Parelhas em 2004.....	113
Gráfico 3.2	Temperatura (T) em Parelhas em 2004.....	114
Gráfico 3.3	Concentração de N no afluente (AW) e no efluente (EW) da unidade <i>Wetland</i>	115
Gráfico 3.4	Teor de N na MS das amostras compostas na unidade <i>Wetland Wetland</i>	117
Gráfico 3.5	N na MS por período de corte.....	118
Gráfico 3.6	Produção de forragem nos períodos de corte da planta na Unidade <i>Wetland</i>	120
Gráfico 4.1	Serviços de água e esgotos no Rio Grande do Norte.....	137
Gráfico 4.2	Perfil de contribuição diário da ETE B1 B2 B3.....	144
Gráfico 4.3	Perfil de contribuição diário da ETE B4.....	146
Gráfico 4.4	Perfil de contribuição de esgoto da ETE B5B6.....	149

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1	Distribuição da população brasileira por situação domiciliar e sexo no período de 1940 a 2010 (em milhões de habitantes).....	26
Tabela 1.2	Distribuição da população brasileira por região (2000 - 2010).....	30
Tabela 1.3	População residente, por grandes regiões de residência, segundo o local de nascimento, 2009.....	31
Tabela 1.4	Água, em média, utilizada no mundo por setores (km ³ /ano).....	37
Tabela 1.5	Formas de distribuição da água no planeta (%)......	40
Tabela 1.6	Regiões no mundo com elevada disponibilidade de água, e IDHs...	42
Tabela 1.7	Regiões com menores disponibilidades de água no mundo, e IDHs..	42
Tabela 1.8	Categoria dos países conforme a água <i>per capita</i> anual.....	43
Tabela 1.9	Doenças relacionadas com a Ausência de Rede de Esgotos e de água tratada	51
Tabela 1.10	Benefícios obtidos a partir do tratamento de esgotos.....	55
Tabela 1.11	Argumentos que justificam utilizar a água de reuso.....	56
Tabela 1.12	Domicílios particulares permanentes urbanos, total e respectiva distribuição percentual, por existência de serviços de esgotamento sanitário, às grandes regiões, as unidade da federação e as regiões metropolitanas em 2009.....	59
Tabela 1.13	Classificação da água de reúso conforme a finalidade e padrões de qualidade correspondente.....	63
Tabela 2.1	Constituintes e mecanismos de remoção no sistema de tratamento.	76
Tabela 2.2	Contribuição de esgoto e lodo conforme NBR 7.229.....	77
Tabela 3.1	Principais produtos, área e produção em Parelhas – 2006.....	93
Tabela 3.2	Quantidade de animais e produtos em Parelhas - 2006.....	94
Tabela 3.3	Açudes com capacidades maiores do que 100.000 m ³	95
Tabela 3.4	Consumo de energia elétrica em Parelhas - 2007.....	95

Tabela 3.5	Orçamento básico da Unidade <i>Wetland</i>	103
Tabela 3.6	Precipitação pluviométrica (P) e temperatura (T) em Parelhas em 2005.....	113
Tabela 3.7	Concentração de N no afluente (AW) e efluente (EW) da unidade <i>Wetland</i>	115
Tabela 3.8	Teor de N na MS nas amostras compostas coletadas na Unidade <i>Wetland</i>	117
Tabela 3.9	N na MS relacionado aos períodos dos cortes.....	118
Tabela 3.10	Proteína bruta (PB) na matéria seca (MS).....	119
Tabela 3.11	Produção de forragem na unidade <i>Wetland</i> nos períodos de corte....	119
Tabela 4.1	Distribuição da classe de consumo por cotas, tarifas e consumo excedente.....	131
Tabela 4.2	Distribuição da rede de água, ligações e atendimentos no sistema da CAERN (2009 – 2010).....	139
Tabela 4.3	Dados de vazão coletados para o perfil diário no afluente da lagoa...	144
Tabela 4.4	Dados de vazão coletados para o perfil diário no afluente da lagoa..	146
Tabela 4.5	Dados de vazão coletados para o perfil diário no afluente da lagoa..	148
Tabela 4.6	Sistema de esgotamento sanitário da CAERN (2009 – 2010).....	152
Tabela 4.7	Municípios do Território Cidadania Seridó (RN).....	155
Tabela 4.8	Contribuição de esgoto e geração de água de reúso dos municípios do Território Cidadania Seridó.....	156
Tabela 4.9	Oportunidades estimadas com a implementação do SWC nos municípios do Território Cidadania Seridó.....	157

INTRODUÇÃO GERAL

"O que eu aprendi ao longo dos anos é que temos de ser pacientes, persistentes e empenhados. Quando estamos plantando árvores às vezes as pessoas me dizem: "eu não quero plantar esta árvore, porque ela não vai crescer rápido o suficiente". Eu tenho que lembrá-las que as árvores que estão cortando hoje não foram plantadas por eles, mas por aqueles que vieram antes. Então eles devem plantar as árvores que vão beneficiar as comunidades no futuro.

Wangari Maathai¹

A água é um recurso natural que assegura a existência dos ecossistemas, dos seres vivos e, em sua menor parcela, como água doce, atende as necessidades básicas dos habitantes do planeta lhes garantido a sobrevivência. Fatores como o espaço geográfico em que se encontra e a modificação de sua qualidade, causada por lançamentos de poluentes, traduz as dificuldades de acesso e seu uso em condições inadequadas.

A combinação entre a ocupação territorial da população e a forma como a água se encontra distribuída geograficamente são indicadores para sua acessibilidade. Em determinadas regiões existe mais facilidade de acesso à água do que em outras, onde as dificuldades se conformam como barreiras para o desenvolvimento de atividades realizadas pelo ser humano em seu benefício e do crescimento da economia.

Em algumas regiões a água somente encontra-se disponível em locais distantes da população exigindo que sejam implementados sistemas com tecnologias e mecanismos, tais como a instalação de adutoras, para obtenção da água em condições seguras para uso e consumo. Isto significa agregar à água um valor econômico e, conforme o custo empregado à sua disponibilidade se configura como uma maior ou menor dificuldade de acesso, traduzindo a inclusão da variável econômica como um fator determinante para a obtenção, principalmente da água doce, essencial fonte de alimentação e insumo à produção de alimentos e produtos industriais.

¹ Wangari Maathai, nascida no Quênia, é ecologista e vencedora do Prêmio Nobel da Paz em 2004.

Em Israel, por exemplo, no ano de 2009, foram investidos cerca de meio bilhão de dólares na maior usina de dessalinização do mundo, onde se aplica a tecnologia por osmose reversa nas águas do mar mediterrâneo para se obter em condições de consumo, cerca de 127 milhões de m³ de água por ano, para 1/6 da população do país. Neste ano de 2011, Israel conta com três usinas de dessalinização já instaladas com previsão de mais duas entrarem em operação nos próximos anos. Embora esse tipo de procedimento para obtenção de água doce seja motivo de questionamentos, às vezes é a mais viável ou a única forma.

De acordo com Barlow (2009) as usinas de dessalinização são instalações grandes e volumosas, barulhentas, geram odores asquerosos, bloqueiam a visão do mar, e, além disso, é uma tecnologia considerada no relatório *The World's Water 2006/07*, como “um sonho distante” e uma resposta muito pior para a crise global da água do que o “caminho suave” da conservação, da recuperação da água poluída, da eficiência energética, de práticas agrícolas sustentáveis e de investimentos em infraestrutura.

Em geral as dificuldades de acesso à água são superadas na medida em que os estados nacionais com maiores capacidades de investimentos e vontade política determinam a utilização dos mecanismos necessários ao emprego de tecnologias para a captação, tratamento e distribuição de água, que em geral têm alto custo.

As condições climáticas das regiões e a distribuição geográfica da água são condicionantes para determinar o nível de investimento em tecnologias que assegurem à disponibilidade de água. Nos locais que registram maiores dificuldades de acesso à água, inclusive em volume, observa-se que há conflitos quanto ao direito de uso e a economia é uma das condicionantes que determina o consumo que se estabelece.

O ser humano precisa de, no mínimo, 50 litros de água por dia para beber, cozinhar e fazer sua higiene, sendo que o habitante comum da África usa 6 litros por dia, e o americano comum chega a usar quase 600 litros por dia. Além disso, registra-se que o consumo de água de um bebê recém-nascido no hemisfério norte é de 40 a 60 vezes mais do que é consumido por um bebê no hemisfério sul, o que traduz uma terrível disparidade (BARLOW, 2009).

Um marco referencial do consumo de água e demais recursos naturais é o período pós-revolução industrial. Este reflete o momento de ruptura do modelo de produção até então existente que gradativamente fez aumentar o uso de matéria-prima.

Uma das contribuições do marxismo para a compreensão histórica da economia é a crítica do modelo econômico, contextualizando-o com os fenômenos que o sustentam. Se para o senso comum o setor produtivo tem como vantagem contribuir para o bem estar social da população, é recomendado o uso do bom considerando que o mesmo também traduz a possibilidade da geração de lucros ao capital, a partir da mais-valia e o uso excessivo de matéria-prima, inclusive água. É neste contexto que a economia sob a ótica do capitalismo promove a articulação entre a máquina, a tecnologia e a força de trabalho como critérios para aumentar cada vez mais a produtividade, na perspectiva de gerar as condições necessárias ao acúmulo de capital.

A água, como provimento essencial à vida humana, também registra crescimento demandado pelos processos de produção nos diversos setores da economia, tais como a pecuária e a produção de alimentos que, em geral, utilizam sistemas de irrigação com uso excessivo de água, classificado como o setor que mais consome água.

Na agricultura e indústria têm-se água agregada como insumo, para produzir alimentos e outros bens de consumo, denominada de água virtual². Sob o aspecto econômico tem sido objeto de discussão essa forma de participação da água inserida aos produtos bem como sua comercialização, considerando que o volume utilizado, conforme o processo de produção reflete parcela da economia.

Juntamente com o crescimento econômico e aumento da produção, conformou-se o fenômeno, inicialmente considerado pouco relevante, do descarte pós-uso dos produtos e resíduos de matérias-primas processados nas indústrias, que se traduziu na disposição de poluentes na atmosfera, no solo, mares, rios, lagos e aquíferos.

A partir das primeiras considerações sobre os impactos ambientais negativos, advindos das atividades humanas, foi incorporado às discussões sobre o tema o nível de abrangência crescente dos resíduos sólidos urbanos, poluentes químicos e águas residuais, cujo excessivo volume descartado era visto como contribuinte para o colapso do meio aquático, haja vista que uma maior pressão viria a comprometer a existência de vida nesse ambiente, causando-lhes danos e o inviabilizando.

As águas residuais proveniente de chuvas, dos setores domésticos, agrícolas, industriais ou comerciais, sem tratamento adequado, têm sido responsáveis em grande

² Água virtual é a água utilizada para produzir um produto ou alimento e geralmente exportada junto com o alimento (BARBOSA, 2008). Este conceito coube ao Prof. John Anthony Allan que em 2008, recebeu o prêmio Estocolmo da água.

parte pela contaminação de solos, rios, lagos, lagoas e aquíferos. Isto tem ocorrido com muita frequência, principalmente nas regiões urbanas, trazendo como uma das preocupações do mundo contemporâneo a concentração de poluentes que têm sido lançados no meio ambiente. Em muitos casos o volume de efluentes contaminados descartados é de tal monta que supera a capacidade de resiliência dos ecossistemas. A taxa acumulada de efluentes lançados em condições inadequadas passa a ser maior do que a capacidade de recomposição dos ecossistemas, gerando como externalidade negativa a sua degradação, principalmente nos ambientes aquáticos.

Têm-se atualmente, nos centros urbanos, faixas costeiras, rios, lagoas e aquíferos contaminados que carecem de intervenções urgentes para garantirem a recomposição e o equilíbrio desses ecossistemas. Para isso são necessários investimentos superiores àqueles que deveriam ser aplicados preventivamente, mostrando que ao se recorrer ao princípio da precaução³ tem-se a possibilidade de obter benefícios ambientais e resultados econômicos favoráveis.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), somente no ano 2.000 foram registradas 2,2 milhões de mortes por diarreias, principalmente de crianças abaixo de 5 anos de idade, número que poderia ser reduzido se as mesmas dispusessem de água potável, saneamento e higiene adequada (PES, 2005).

Até a década de 1970 as preocupações com o lançamento de poluentes na água não eram recorrentes, considerando que a baixa taxa de disposição assegurava o equilíbrio no próprio ecossistema permitindo a autodepuração.

Em 1992 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a ECO 92, no Rio de Janeiro, evento considerado um marco referencial das discussões mundiais que envolvem a relação entre o crescimento econômico e o meio ambiente. Nesse mesmo ano, antecedendo a ECO 92, foi elaborada na Conferência Internacional da Organização das Nações Unidas sobre Água e Desenvolvimento a Declaração de Dublin que considera, dentre seus princípios, a água doce como um recurso finito, vulnerável, essencial para garantir a vida, o

³ Princípio da Precaução – De acordo com Sirvinskas (2010) este principio decorre da do princípio quinze da Conferência do Rio/92 que registra: “De modo a proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental”

desenvolvimento e o meio ambiente, e que de sua gestão devem participar os usuários, planejadores e políticos em todos os níveis (PES, 2005)

Numa leitura crítica observa-se na assertiva exposta na Declaração de Dublin uma oportunidade de apoio à proposta de valorar economicamente o bem “ÁGUA”.

No Brasil, isso é mostrado, desde 1934, no Código das Águas e ampliado na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) - publicada no Diário Oficial da União em 9 de janeiro de 1997 - que se fundamenta na água como um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico que tem como um dos instrumentos a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Conforme mostra a própria legislação, a PNRH, ao estabelecer que o objetivo da cobrança é: i) reconhecer a água como um bem econômico; ii) dar ao usuário o seu real valor, e ainda considerar que o pagamento pela água é uma forma de incentivar a sua racionalização e obter recursos financeiros a serem aplicados em intervenções e programas previstos nos planos de recursos hídricos, verifica-se estar sendo atribuído à água um valor econômico (PES, 2005).

Para assegurar uma água de qualidade para uso consuntivo ou não-consuntivo, na maioria dos casos, é imperativo investir na implementação de complexas instalações de sistemas de gestão. Estes compreendem maquinários, pessoal qualificado, e a aplicação de tecnologias de alto custo para os procedimentos de captação, adução, tratamento, distribuição, e tratamento dos esgotos advindos do escoamento superficial de água de chuvas, que carregam dejetos, e dos que são produzidos nas atividades domésticas, industriais e agropecuárias.

Em determinadas situações os sistemas de gestão empregam tecnologias de baixo custo para o tratamento da água, mas existem casos em que o nível de complexidade, exige tecnologias de altos custos para assegurar a disposição da água dentro de padrões adequados.

Uma visão crítica quanto ao acesso à água em condições seguras, e das causas do surgimento de barreiras físicas e/ou econômicas, reside no fato da garantia desse acesso se encontrar condicionada a um novo paradigma que exige o uso de tecnologias e comportamentos adequados, considerando que a água mais facilmente disponível na natureza apresenta uma vulnerabilidade significativa. Para se ter uma idéia da complexidade da situação no que tange à água, na década atual, os elevados custos e a

dificuldade de se contar com uma maior disponibilidade de água tem feito com que sejam empregadas alternativas, tais como as tecnologias de tratamento da água servida, uma vez utilizada, para serem disponibilizadas inclusive para o consumo humano.

A tecnologia para realizar esse procedimento existe embora encontre como barreira, além dos altos investimentos, a mudança de hábito como o desafio maior, haja vista que a população, em geral, não está convencida de que a água obtida dessa forma se encontra em condições seguras de uso.

A água uma vez utilizada, considerada água residual, deve ter seu descarte em conformidade com os parâmetros que atestem sua qualidade de não agredir o meio ambiente. No Brasil, a normatização quanto ao lançamento de efluentes é estabelecida na Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). A garantia de que estas condicionantes sejam atendidas se encontra atrelada a uma revisita do que preceitua a legislação ambiental, no que couber, e aos modelos exitosos que possam servir de parâmetros à gestão da água.

Ressalta-se a importância de que antes de ser analisada à relação entre os custos e benefícios da implementação dos sistemas de gestão da água seja considerado que, em estado de escassez, o atendimento deve ser prioritário com água de qualidade para o consumo humano e a dessedentação de animais, conforme os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

A pressão advinda do crescimento da demanda faz com que os investimentos financeiros para obter água de qualidade sejam cada vez maiores, principalmente, em regiões onde há escassez e ocorrem diversos tipos de conflitos quanto ao direito à água, o que é comum entre irrigantes, sendo determinante para o acesso, em geral, o poder econômico.

No Brasil, é imperativa a necessidade de uma revisão quanto ao domínio e responsabilidade dos recursos hídricos considerando que, da forma como se encontra disposto na legislação, a administração dos conflitos de gestão da água se reveste de dificuldades. Os rios de curso sucessivo, ou de trânsito, que fluem por mais de um estado têm a soberania sobre si, podendo, na prática, motivarem conflitos e assim exigirem acordo quanto à gestão. Da mesma forma os rios fronteiriços, ou transfronteiriços, precisam de negociações políticas dos países limítrofes, considerando principalmente as dificuldades de fiscalização no que tange às questões ambientais.

Nesse contexto é relevante a participação do poder público ainda mais ao se considerar a água um bem coletivo que deve ser assegurado como condição essencial de provimento à vida. A gestão da água, como a oferta dos serviços de distribuição e coleta das águas residuais devem ser incluídas nas Políticas Públicas estruturantes para atendimento das necessidades básicas da população.

Além disso, devem ser incluídas também na política de gestão da água ações educacionais de formação da cidadania que incentivem a cobrança pelos serviços e o uso racional da água, considerando que o uso excessivo bem como os custos advindos do processo, que compreende a captação, distribuição, e o tratamento de esgotos sanitários⁴, pode trazer o impedimento do acesso e uso da água em condições adequadas, principalmente, para a população de menor poder aquisitivo.

No Brasil, os serviços de distribuição de água e o tratamento de esgoto são de obrigação dos municípios e estes, em geral, através de concorrência pública, têm feito concessão às empresas públicas ou privadas para atenderem as demandas dos usuários do sistema.

Devido aos elevados custos de implementação desses serviços, os mesmos têm sido direcionados às Companhias estaduais de águas e esgotos. Como detentoras da concessão as companhias têm a responsabilidade pela execução dos serviços, incluindo a coleta e tratamento da água pós-uso, que é considerado um serviço essencial, haja vista que na condição de águas servidas, contêm poluentes e pode trazer danos ambientais assim como o comprometimento da saúde e das atividades laborais da população.

As águas residuais, conforme o nível de poluição em que se encontram, devem ser submetidas a um tratamento cuja tecnologia a ser empregada depende de variáveis como o tipo de poluente que se pretende remover e a relação custo-benefício.

De acordo Telles e Costa (2007) o esgoto (ou água servida) é constituído de uma parcela elevada de água (99,9%), mínima de impureza, sólidos orgânicos e inorgânicos suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos que lhe conferem características bastante acentuadas. A partir do conhecimento em qual atividade a água de reúso

⁴ Esgoto sanitário, segundo a norma brasileira NBR 9.648 é o despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986).

extraída do esgoto será utilizada, têm-se condições de definir o tipo de tratamento que se deve aplicar às águas residuais.

Uma tecnologia de alto custo permite que a água de reúso esteja disponível inclusive para consumo humano, o que é já é uma realidade na República da Namíbia, na cidade de Windhoek, bem como nos Estados Unidos, onde no Condado de Orange no estado da Califórnia, foi construída uma estação de tratamento de esgoto no valor de US\$ 500 milhões para extrair água do esgoto e disponibilizá-la como água potável.

É possível utilizar uma água de qualidade inferior em diversas atividades, e isso deve ser feito considerando-se a vantagem de que essa prática contribui para reduzir o uso da água de melhor qualidade que, além dos altos custos de tratamento e distribuição, deve ser prioritária para o consumo humano, procurando-se assegurar que sejam atendidas as exigências quanto à saúde da população envolvida no processo,

Garantir que a atividade com a água de reúso não provoque danos ao meio ambiente e aos usuários traduz o atendimento as condicionantes técnicas que a priori são do conhecimento empírico, e que, gradativamente vêm sendo destacadas em termos legais específicos, conforme mostram as legislações em alguns estados brasileiros.

No Brasil há exemplos exitosos de técnicas e tecnologias de tratamento de água e esgotos, e do aproveitamento da água de reúso. Um destes casos pode ser visto na Companhia de Saneamento de São Paulo (SABESP) que mantém uma estrutura específica de gestão da água de reúso com investimentos em tecnologias de tratamento de esgotos e na produção desse recurso. Na SABESP, partir do esgoto coletado é feito seu tratamento e comercializada a água de reúso. Diversas organizações privadas e públicas têm utilizado a água de reúso e ao pagarem um preço menor do que usualmente praticam (ao adquirirem água potável) vêm uma oportunidade de otimizar o processo de produção, com a redução dos seus custos.

A água de reúso atende as demandas de diversas atividades/ finalidades, sejam elas realizadas com água potável ou não, e podem ser utilizadas com facilidade e segurança em processos de geração de energia, refrigeração de equipamentos, irrigação, jardinagem, limpezas de ruas e praças, bem como na agricultura evidenciando a sua potencialidade socioeconômica e ambiental. Ressalta-se que cada 1 litro de água de reúso utilizada significa economizar 1 litro de água tratada, e os custos que seriam investidos no tratamento.

Em projetos de irrigação a água de reúso marca sua vantagem socioeconômica e ambiental devido ao manejo, custo de aquisição e, principalmente, com a presença de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo que são essenciais ao desenvolvimento das culturas. O cultivo, quando realizado com a água de reúso, traz diversas contribuições tais como, reduzir: i) o impacto no solo; ii) a ineficiência quanto à produtividade de culturas; iii) os custos de aquisição da água, e dos nutrientes que estão entre os principais itens agregados aos empreendimentos.

Um dos processos de tratamento de águas residuais que se observa na natureza advém dos meios pantanosos, várzeas e de brejos, com a impureza, presente nos ambientes aquáticos, sendo removida através do sistema solo-planta, e são conhecidos como Terras Úmidas ou “*Wetlands Naturais*”.

Os conhecimentos biomiméticos acerca desse processo têm contribuído na configuração de um sistema artificial denominado Sistema *Wetland* Construído (SWC), cuja tecnologia de tratamento procura seguir o mesmo princípio de funcionamento dos *Wetlands Naturais*.

O processo de tratamento de águas residuárias nos sistemas alagados construídos (sistemas “*Wetlands*”), cultivados com plantas macrófitas, caracterizam-se como sistemas robustos e de baixos custos e simplicidade de operação e manutenção. Tais aspectos os tornam ideais para aplicação em regiões carentes de saneamento básico, adequando-se perfeitamente às condições de países de clima tropical, que possuam áreas disponíveis à sua implantação, como é o caso do Brasil (BRASIL e MATOS, 2008)

Os SWC vêm sendo implementados gradativamente, haja vista ser uma tecnologia de fácil construção que podem ser viabilizadas em diferentes regiões do país, principalmente no semiárido nordestino que registra acentuada escassez de água.

Nas localidades que compõem o semiárido do nordeste brasileiro às condições edafoclimáticas, sociais e econômicas, são indicadores que refletem a necessidade de maior atenção quanto ao atendimento da população, e, historicamente, têm sido palco de manifestações políticas que propõem melhoria das condições de vida dos habitantes ali residentes, procurando-se suprir as carências encontradas.

No que tange a água, as propostas de suprimento têm sido encaminhadas pelos gestores públicos através da implementação de programas vinculados à obtenção de água doce, como alternativa para minimizar a sua escassez. Dentre os programas já

desenvolvidos e em desenvolvimento destacam-se: i) Proágua Semiárido; ii) Despoluição de Bacias Hidrográficas (Prodes); iii) Água Boa; iv) Água Doce; v) 1 Milhão de Cisternas (P1MC), e vi) Transposição do Rio São Francisco. Todos esses programas têm sido ancorados em órgãos como o Ministério da Integração, Ministério do Meio Ambiente, Ministério das Cidades, Ministério da Ciência e Tecnologia.

No Ministério da Ciência e Tecnologia, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) tem contribuído na realização de projetos na área de saneamento, nas diversas regiões do país, através do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB).

No Estado do Rio Grande do Norte, no município de Parelhas, no período de 2004 a 2005, foi desenvolvido um projeto voltado à definição da eficiência de um SWC. (UFRN, 2004). O SWC foi aplicado ao efluente de uma das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), localizada no próprio município e operacionalizada pela Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN⁵), para produzir forragem como ração animal e água de reúso para ser utilizada como insumo na fertirrigação⁶ do cultivo de milho.

A execução do projeto oportunizou discussões acerca das vantagens e desvantagens do sistema e foi de fundamental importância para suscitar dúvidas como hipótese do quanto, além de sua especificidade de tratamento de esgoto, a tecnologia *Wetland* poderia contribuir como suporte ao desenvolvimento regional atendendo as questões socioeconômicas e ambientais locais.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver uma proposta de implementação da tecnologia de tratamento com o SWC, a partir do levantamento de informações das condições e do potencial de insumo presentes nas ETEs instaladas em Parelhas e nos demais municípios que conformam a região do semiárido potiguar.

Comprovadas essas condições configura-se a tese proposta no trabalho de replicação das unidades *Wetland* como sistema de pós-tratamento de esgotos, considerando sua contribuição ambiental, social e econômica para a região do semiárido do Estado do Rio Grande do Norte, quiçá nas demais regiões do país.

O investimento nessa tecnologia de tratamento e sua disseminação, articulada à ampliação e melhoria da infraestrutura das Estações de Tratamento de Esgotos,

⁵CAERN - Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, criada em 2 de setembro de 1969, é a organização responsável pela execução das ações da política de saneamento básico no estado.

⁶Fertirrigação – Processo de irrigação no qual se adiciona fertilizantes à água.

juntamente com o aproveitamento do potencial dos esgotos domésticos propiciam a obtenção de ganhos socioeconômicos e ambientais. Para isso deve ser considerada a contribuição do SWC em produzir água de reúso dentro de padrões aceitáveis, e disponíveis, principalmente à irrigação. Ressalta-se que a aplicação dessa tecnologia, se constitui uma adicionalidade aos tratamentos realizados nas ETEs já existentes, bem como uma oportunidade de aumentar a eficiência do tratamento dos esgotos nas futuras estações de tratamento.

Acrescenta-se com os Sistemas *Wetland* Construído uma melhoria na eficiência do tratamento de esgoto ora realizado, e a oportunidade de inserção de pessoal em atividades que beneficiem a região tais como o plantio de culturas, que podem ser disponibilizadas como ração para animais, ou como fonte energética, haja vista a necessidade urgente de ser criado um mecanismo que minimize a extração intensiva da mata. Esta tem sido utilizada como lenha, principalmente nas indústrias de cerâmicas, contribuindo com o processo de desertificação ora em curso na região.

Comprovadamente o conhecimento científico pode ser utilizado na estruturação de uma política de combate à pobreza e de superação às barreiras que travam o atendimento à população residente na região do semiárido nordestino, bastando tão somente o incentivo e a participação dos gestores e a sociedade em geral, na concepção de políticas públicas que atendam as demandas regionais e locais.

As condições edafoclimáticas do semiárido são consideradas pelo senso comum como dificuldades para o crescimento e desenvolvimento, porém não devem ser impeditivos à construção de uma política pública voltada ao enfrentamento da escassez de água, na medida em que diversos trabalhos têm mostrado ser possível aproveitar os recursos existentes na região, a exemplo da água de reúso que pode ser obtida a partir de uma estrutura física de coleta e tratamento dos esgotos dos municípios.

A região do semiárido tem como vantagem suas temperaturas superiores a 32⁰C, que tornam desnecessário o uso preventivo de defensivos químicos, uma vez que em temperaturas dessa ordem as doenças comuns não proliferam (EMBRAPA, 2010).

É imperativa a necessidade de políticas públicas que considerem as características do semiárido nordestino, e as oportunidades existentes, como o esgoto doméstico, cujo tratamento ao ser obrigatoriamente realizado, pode gerar externalidades positivas a partir de seu aproveitamento econômico. A política direcionada ao

saneamento básico no país tem-se voltado às questões dos resíduos sólidos urbanos e a oferta de água, sendo necessário dar mais agilidade à sua ampliação com a inclusão dos serviços de esgotamento sanitário.

Lançado em Janeiro de 2007, e atualmente em vigor, o Programa institucional de aceleração de crescimento (PAC), que visa dar a estruturação necessária ao crescimento da economia no país, deve considerar a possibilidade de agregar ao esgotamento sanitário, o tratamento terciário de esgoto com os Sistemas *Wetland* Construído, que além de ser uma tecnologia de baixo custo, propicia como externalidade positiva a água de reúso que pode atender principalmente o norte e nordeste, as regiões mais carentes de serviços de tratamento de esgotos.

O objeto dessa pesquisa reside na proposição de espaços alternativos de aproveitamento da água servida, e a abordagem, assim como àquelas inerentes ao tema da água, exige uma avaliação de sua participação nas três dimensões: social; econômica e ambiental que por natureza se imbricam de tal forma que uma análise separada não consegue expressar o seu todo.

O trabalho estruturado em 5 capítulos advoga favoravelmente à disseminação do uso do SWC no semiárido do Rio Grande do Norte, tendo como pressuposto a existência na região objeto da pesquisa das condições favoráveis ao que se propõe.

A partir do CÁPITULO I é feita uma abordagem acerca dos impactos sobre a água; sua dimensão social, ambiental e econômica; e dos elementos que motivam uma política de reúso, como a escassez de água, distribuição, disponibilidade, acesso, tratamento e custos, e ainda a ocupação territorial e crescimento da população que implicam no aumento da produção de bens de consumo, dentre esses a água. Apresentam-se questões de caráter legais, no que tange a água de reúso, que alicerçam tomadas de decisões que visam a melhoria das condições socioambientais e econômicas da região do semiárido potiguar.

Para evidenciar o objeto da tese, que é a tecnologia de pós-tratamento de esgoto, apresenta-se no CÁPITULO II, o Sistema *Wetland* Natural e o SWC: seus princípios de funcionamentos, construção, custos, questões legais, principais vantagens e desvantagens, além de aplicações da tecnologia no Brasil.

O projeto desenvolvido no Estado do Rio Grande do Norte, no município de Parelhas, utilizando-se a tecnologia de tratamentos de esgotos com o SWC, é

apresentado no CAPÍTULO III como um estudo de caso, cujos resultados serão valiosos à construção da tese que agregará os potenciais recursos físicos existentes nos esgotos na região semiárida do Estado, em particular nos municípios incluídos no Território Cidadania Seridó do Rio Grande do Norte, dada a semelhança entre eles no que concerne às características regionais e os desafios ao crescimento e desenvolvimento.

A partir desta configuração é apresentado no CAPÍTULO IV a política de saneamento vigente no estado do Rio Grande do Norte, e a oportunidade da utilização da água de reúso presente nas ETEs do estado, incluindo-se ainda: i) os principais desafios no que concerne ao gerenciamento do esgotamento sanitário; ii) o potencial de esgotos presente nas estações de tratamento; iii) a capacidade de aproveitamento desse recurso na região do semiárido do estado, suas interfaces socioeconômicas e ambientais.

As principais conclusões e considerações finais serão apresentadas no CAPÍTULO V para que sejam reconhecidas as vantagens e desvantagens do emprego da tecnologia e da proposição de sua replicação junto às ETEs que operam sob a responsabilidade da CAERN.

Acredita-se que a sociedade, incluindo-se os gestores públicos, quando na elaboração de políticas públicas de estruturação e gestão do saneamento do estado, ao tomarem conhecimento das realidades regionais existentes, considere as oportunidades estimadas a partir da água de reúso, haja vista que a mesma pode se configurar como um recurso potencial e eficaz no atendimento das questões do saneamento básico, crescimento econômico e desenvolvimento das localidades da região.

Espera-se que a construção metodológica deste trabalho auxilie na sua compreensão mostrando que a implementação do SWC se configura como uma vontade política que utiliza a água de reúso produzida nas ETEs, em prol do desenvolvimento socioeconômico e ambiental da região do Estado do Rio Grande do Norte.

CAPÍTULO 1 CONDICIONANTES PARA ADOÇÃO DE UMA POLÍTICA DE ÁGUA DE REÚSO.

“Lá no quilombo quem se acordava de madrugada para pegar água (em cacimbas) tinha água na jarra e quem se acordava mais tarde não tinha água. Chegava em casa, minha mãe botava um paninho e coava a água e a gente dizia que era água de coco. A gente achava a água doce. E hoje a gente vê que a saúde que a gente tinha antes quando tomava água da cacimba a gente agora já não tem....Se a gente mulher não se juntar, não se reunir e for buscar energia, água, educação, saúde, essas coisas, a gente vai ficar pior do que vive”.

Maria José de Fátima⁷

1 INTRODUÇÃO

O trabalho estruturado em 5 capítulos advoga favoravelmente à disseminação do uso do SWC no semiárido do Rio Grande do Norte, tendo como pressuposto que a região objeto do estudo oferece as condições necessárias e suficientes à implementação dos sistemas de tratamento com o uso da tecnologia proposta. Isto é visto a partir deste CAPÍTULO I fazendo-se uma abordagem acerca dos impactos sobre a água, sua dimensão social, ambiental e econômica, e dos motivos da implementação de uma política de reúso, como a escassez de água. Integram ainda essa abordagem a distribuição, disponibilidade, acesso, tratamento e custos, bem como a ocupação territorial e o crescimento da população que implicam no aumento da produção de bens de consumo, dentre essas a “ÁGUA”.

Ainda neste capítulo comentar-se-á a forma como devem ser vistas as questões legais no que tange a segurança do manejo e uso da água de reúso, bem como as normas que orientam tomadas de decisões para a melhoria das condições socioambientais e econômicas da região do semiárido potiguar.

⁷ Maria José de Fátima faz parte da Comunidade Negra (descendentes de escravos fugidos) no Estado de Pernambuco

No que tange aos sistemas de abastecimento de água é imperativo o uso de tecnologias que sejam economicamente viáveis, alicerçadas no conhecimento científico que as recomende sem prejuízos da qualidade.

A gestão desses sistemas deve ocorrer de modo que assegure a distribuição de água e combata o desperdício, considerando que ao serem atendidas essas condicionantes se consolida a capacidade de replicação dos serviços reduzindo-se os gastos que tanto oneram as companhias responsáveis pela oferta desses serviços.

Nos sistemas de gestão do saneamento básico se incluí o esgotamento sanitário onde ocorre a coleta e o tratamento das águas residuais, serviços essenciais para mitigar os impactos ambientais negativos advindos do lançamento inadequado dos efluentes. Com o tratamento dos esgotos também surge a oportunidade de obter água de reúso, que ao ser utilizada contribui para reduzir a pressão da demanda por água potável.

A água, seja por sua característica fundamental de garantir a vida das espécies ou utilidade na produção e reprodução da existência humana, necessita, quando do planejamento de suas diferentes formas de disponibilização, de uma complexa avaliação que permeia as áreas do pensamento social, ambiental e econômico (MARX, 2002, p.11).

Isso mostra a importância de como deve ser tratada a água, quer seja para abastecimento humano onde o uso de água sem atender os critérios de potabilidade causa danos, e aumenta o número de atendimentos de pessoas nos setores de saúde, ou para uso nas atividades do setor produtivo, onde a demanda é crescente na medida em que aumenta a população e o atendimento às suas exigências de bem estar e necessidades básicas como alimentação.

A indústria e irrigação, juntas, respondem, em média, por cerca de 90% do consumo de água, embora deva ser evidenciado que existem desperdícios significativos que precisam ser combatidos, principalmente considerando que os custos para obter água doce crescem na medida em que a água se torna mais escassa ou requer tratamentos específicos e mais caros.

É ainda importante que a sociedade perceba o valor de sua participação no processo de cobrança por serviços de saneamento básico, no que concerne à distribuição de água e esgotamento sanitário, e de uma política voltada ao uso racional do recurso, a exemplo da água de reúso, que deve se configurar como uma variável no sistema que contribui para reduzir a demanda por água nobre e combater o lançamento de esgotos *in*

natura nos corpos receptores, causando impactos ambientais negativos, observados a partir da poluição dos rios, dentre outros ambientes.

1.1 Dimensão Social da Água

1.1.1 A água e a participação da sociedade

Em 1962, com o lançamento do livro *Primavera Silenciosa*⁸, a bióloga e escritora americana Rachel Carson chamou a atenção da sociedade incluindo a comunidade científica para o quanto impactava o meio ambiente o uso do pesticida Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT). A escritora mostrava que, além de combater as pragas de lavouras, o DDT gerava como externalidades negativas a contaminação do solo com resíduos tóxicos e a morte de insetos e outras espécies. Juntamente com o microbiologista René Dubos, Carlson ressaltou a importância de se perceber a vulnerabilidade da natureza em relação às intervenções antrópicas e criticou a forma como o progresso tecnológico avançava ao não considerar as repercussões da interação entre os seres humanos e animais com o meio em que vivem. Suas advertências quanto aos impactos provocados por poluentes no meio ambiente foram de suma importância no embasamento das discussões ambientais, e não por acaso, data dessa época a proposição da Lei de Política Ambiental dos Estados Unidos.

Já na década de 1970, registrava-se que as relações estabelecidas entre as atividades do setor produtivo e o meio ambiente geravam externalidades negativas que passaram a ser objeto de discussão internacional, sob a responsabilidade da Organização das Nações Unidas (ONU).

Os modelos industriais vigentes nos países desenvolvidos na década de 1970, intensivos em recursos naturais, e a tendência de sua replicação em países em desenvolvimento eram vistos com preocupação, principalmente nestes (países em desenvolvimento), considerando que no ocidente depois de terem garantido seu crescimento industrial os países defendiam, com apelo ecológico, o congelamento do crescimento que submeteria aos demais países a estagnação de sua economia. Os países industrializados divulgavam a idéia de que o crescimento acelerado poderia significar o

⁸ Livro *Primavera Silenciosa* de autoria de Rachel Carson foi lançado em 1962, sendo considerada uma das origens do movimento ambiental, revela os efeitos dos compostos do DDT na cadeia alimentar (IEAv, 2010).

colapso do planeta, considerando a pressão da demanda pelos recursos naturais e os impactos ambientais negativos gerados pela produção crescente.

Sob a tutela do Clube de Roma⁹, foi elaborado, em 1972, o Livro Limites do Crescimento, também conhecido como Relatório *Meadows* por ter sido *Dennis L. Meadows* o coordenador do trabalho elaborado por uma equipe do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

O relatório *Meadows* apontava que dentre os problemas vitais relacionados ao desenvolvimento da humanidade, encontrava-se: i) crescimento populacional; ii) saúde; iii) energia; iv) poluição; v) saneamento; vi) ambiente; e vii) tecnologia. Considerava ainda que da forma como ocorria o crescimento populacional e a pressão sobre os recursos naturais e energéticos, a terra não suportaria, e haveria o esgotamento dos recursos.

O relatório ainda mostrava a pobreza como a principal fonte de poluição, e reconhece que dispor de mais alimentos, habitação, assistência médica, emprego e condições sanitárias, seriam prioridades frente às ações de redução da poluição, e, portanto, o barramento do capital industrial e do crescimento da população se configurava como alternativa para reduzir a pressão sobre o meio ambiente e se alcançar uma economia estável (RIBAS, 2004).

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano (CNUMAH), realizada em Estocolmo, na Suécia, no ano de 1972, pautou as questões ambientais, enfatizando os impactos que afetam o ser humano, estabelecendo uma visão global e princípios comuns que servissem de inspiração e orientação quanto à preservação e a melhoria do meio ambiente. Nesta conferência foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) com o objetivo de coordenar as ações internacionais referentes ao meio ambiente e desenvolvimento.

Já em 1992, no Rio de Janeiro, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), também denominada ECO 92, Rio 92 ou Cúpula da Terra, contando com participação significativa da sociedade, e a presença de mais de 100 chefes de estados, todos buscando alternativas para o

⁹ Clube de Roma – É uma organização não-governamental criada em 1968, pelo industrial italiano Aurélio Peccei e o cientista Alexander King, que congrega políticos, cientistas, acadêmicos, dentre outros colaboradores para discutirem questões econômicas, políticas e ambientais (SACHS, 2005).

crescimento econômico das nações, de modo sustentado, procurando assegurar que os recursos naturais, também pudessem estar disponíveis às futuras gerações.

A Rio 92 dissemina o termo desenvolvimento sustentável com base nas discussões surgidas desde épocas anteriores e disposto, conceitualmente, em 1987, no Relatório da Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, conhecido por Nosso Futuro Comum ou Relatório *Brundtland*, considerando ter sido presidido pela médica e Primeira Ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland. Este relatório explicitava a proposta de se planejar um futuro onde o crescimento econômico não significasse o esgotamento dos recursos naturais, o comprometimento do meio ambiente e o aumento da razão entre número de pobres e ricos.

No início do ano 1992, em Dublin antes da Rio 92, ocorreu a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente das Nações Unidas, e nesta ocasião foi apresentada a proposta de serem realizadas ações que visassem, sobretudo, o reaproveitamento e a conservação da água, reconhecida, a partir de então, como um recurso finito e sujeito a vulnerabilidades.

Decorridos dez anos após a Conferência no Rio de Janeiro, realizou-se em Joanesburgo¹⁰, a Rio+10, evento no qual a relação entre economia e meio ambiente foram apresentadas timidamente, sem avanço significativo dos acordos firmados na ECO 92, entre eles a Agenda 21. Esta agenda conta com mais de 2.000 recomendações consideradas sustentáveis e tem, no capítulo 18, especificidades sobre a água como sua disponibilidade, em condições adequadas de uso, à toda a humanidade.

As discussões que ocorreram durante a Rio+10, em Joanesburgo, referentes aos recursos hídricos, reforçaram a proposta contida nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio estabelecidos pela ONU em 2000.

Para alcançar os objetivos de assegurar a sustentabilidade ambiental, uma das metas é de se reduzir para a metade, até 2015 a proporção das pessoas sem acesso sustentável à água potável e saneamento. Isto remete a elaboração e execução de programas de uso racional, construções de cisternas e esgotamento sanitário, dentre outros. Verifica-se ainda que para assegurar a realização dessa meta muitas ações ainda não foram concretizadas e isso traduz a necessidade de cooperação internacional que considere os aspectos tecnológicos e financeiros, principalmente para países admitidos

¹⁰ Joanesburgo - É a maior cidade da África do Sul, com aproximadamente, 5,5 milhões de habitantes.

como em desenvolvimento e em transição que vem modificando suas demandas na medida em que a população cresce e altera seus espaços de ocupação.

1.1.2 População mundial

No período compreendido entre os séculos XVIII e XX a população mundial cresceu, saltando de cerca de 1 bilhão de pessoas, na metade do século XVIII, para um registro da ordem de mais de 6 bilhões de pessoas no século XX.

O período identificado como pós-revolução industrial, avaliado por muitos pensadores como o de mais relevante transformação social ocorrida em nosso tempo, mostrou uma ocupação urbana crescente em todas as regiões do planeta.

No ano 1800, cerca de 3% da população mundial vivia no meio urbano. Em 1980 os espaços urbanos eram ocupados por 39,9% da população mundial. As projeções feitas no final do século passado já apontavam, para esse século, uma população urbana da mesma grandeza da população rural. A mudança verificada no perfil de ocupação territorial mundial é particularmente atribuída ao aumento de habitantes nas cidades do terceiro mundo e suas demandas.

A urbanização mundial, neste ano de 2011, já ultrapassa os 50% e na União Européia há populações urbanas, cujos percentuais estão entre 76% e 89%. Entre os países que formam o BRIC¹¹, a população urbana é da ordem de 73% na Rússia, 28% na Índia e 39% na China. No Brasil, atualmente, tem-se 84,35% da população em áreas urbanas enquanto, 15,65% da população ocupam a área rural (IBGE, 2010).

Entre os anos 1940 e 1990 a população mundial passou de 2,3 bilhões de pessoas para 5,3 bilhões, enquanto o consumo de água, para o mesmo período, passou de 1.000 km³ para 4.000 km³, o que, em termos globais, mesmo não sendo considerado significativo se comparado ao volume de água no planeta, é relevante na medida em que são necessárias implementações de novos sistemas de distribuição de água e aumenta-se o lançamento de esgotos causando a poluição nos corpos hídricos.

O aumento de habitantes de uma região implica na necessidade de uma maior prestação de serviços básicos e exige um planejamento de ações em prol do bem-estar

¹¹ BRIC – Acrônimo que representa os países Brasil, Rússia, Índia e a China, aos quais, atualmente, se credita acelerado crescimento de suas economias em desenvolvimento.

socioeconômico e da preservação ambiental. Isto deve ser realizado considerando as discussões coletivas da situação presente e suas conseqüências futuras, que se traduz no meio ambiente por uma avaliação diagnóstica dos recursos naturais disponíveis e sua capacidade de recomposição. É imperativa a necessidade de considerar a interação do ser humano com o meio ambiente, haja vista a amplitude das questões que envolvem o crescimento populacional e o atendimento de suas necessidades, que devem ser balizadoras das políticas públicas.

A água sendo um dos componentes vitais à sobrevivência humana e de desenvolvimento de qualquer forma de vida que habita o planeta deve pautar, urgentemente, os processos de construção das políticas públicas, haja vista o crescimento acelerado dos diversos processos que utilizam esse recurso natural.

O crescimento contínuo da população mundial, a concentração da população em grandes centros urbanos, o modo de vida com maior consumo de água, aumento de agricultura com irrigação, aumento do uso industrial de água, e outros fatores aumentam consideravelmente a demanda de água doce (SETTI *et al*, 2000).

O avanço sobre os recursos hídricos, historicamente, tem mostrado sua complexidade vinculado aos fatores, ocupação urbana, estilo de desenvolvimento, usos múltiplos que afetam a água em sua quantidade, qualidade, e condições de acesso para atendimento da população do planeta, cujo crescimento revela, atualmente, as preocupações que devem ser consideradas para garantir a disponibilidade desse recurso, principalmente devido a forma como o mesmo se distribui no planeta.

1.1.3 Distribuição da água

A água encontra-se disponível no planeta em diversas formas e sua quantidade total não sofre alterações. Os locais onde pode ser encontrada com maior ou menor facilidade variam de acordo com fatores, tais como: i) clima, e, ii) distribuição, que se traduz em abundância ou escassez.

É comum se encontrar na literatura que a água se encontra mal distribuída no planeta. Na realidade a afirmativa reflete um ponto de vista que por outro ângulo pode ser considerado como a ocupação geográfica das populações é que não ocorre onde a água está presente, embora independente dessa manifestação algumas regiões do planeta

registrem escassez de água, de tal modo que a quantidade *per capita* local é inferior aos 110 litros/dia, limite mínimo de consumo recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Além disso, alia-se à essa dificuldade, a alteração do clima no planeta, haja vista que nos nas regiões com evaporação elevada, acrescentam-se maiores dificuldades aos habitantes dessas localidades (IPCC¹², 2007). E isto pode ser ainda mais agressivo, onde, além desses efeitos, as condições econômicas não permitam a implementação de mecanismos que disponibilizem água.

Considerando a possibilidade dessas ocorrências, confirmando-se o aumento dos fenômenos climáticos, torna-se importante que as inquietações acerca dos efeitos das mudanças do clima sejam de conhecimento da sociedade para que atuem, politicamente, numa cobrança dos gestores públicos de ações concretas e do estabelecimento de uma cooperação internacional que vise dar maior velocidade às construções políticas locais e globais sobre o tema.

É imperativa a necessidade das ações preventivas considerando que mesmo sendo um diagnóstico, às vezes localizado, a intensidade de escassez de água já é uma realidade que tende a evoluir.

Isso mostra a importância de agir de forma proativa, com o objetivo de que um cenário futuro possa ser construído com bases que assegurem a disponibilidade de água, o mínimo impacto ambiental negativo, evitando os danos socioeconômicos e ambientais.

Mantido o atual modo de vida de consumo sem uma compreensão da necessidade de: i) evitar/reduzir os impactos ambientais negativos gerados pela produção em excesso; ii) realizar ações que combatam o desperdício, se confirmará a tese de que os impactos advindos da escassez de água serão empecilhos do crescimento econômico e de uma vida saudável da população.

Na medida em que a água doce sofre alterações em sua qualidade, ocorre a diminuição da quantidade mais facilmente disponível trazendo como conseqüências a

¹² IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* - Órgão intergovernamental aberto aos países membros do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM).

necessidade de aumento nos custos de produção de obter a água em condições adequadas de uso.

Em um futuro próximo, ter acesso à água doce tornar-se-á uma das grandes dificuldades para a humanidade e as possíveis soluções para o enfrentamento à essas questões são limitadas, basicamente, a melhoria da eficiência no uso e a um melhor gerenciamento dos recursos ou água existentes (IEAv, 2010).

1.1.4 Água doce no mundo

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 2018, a reserva de água doce disponível por habitante será quase quatro vezes menor do que em 1950, quando a disponibilidade média de água era 16,8 mil m³/hab. Para 2025, dados da ONU, indicam que haverá mais de 40 países que terão carência de água potável em consequência, do aquecimento do planeta e, do aumento do consumo em atividades domésticas articuladas ao crescimento da população e uso excessivo (CASTRO e SCARIOT, 2005).

Registra-se, atualmente, que a distribuição de água doce no planeta ocorre de forma assimétrica na medida em que se por um lado há regiões onde quase todos os domicílios têm atendimento a água potável, há situações em que menos de 60% dos domicílios da região contam com esse atendimento, conforme mostra a figura 1.1.

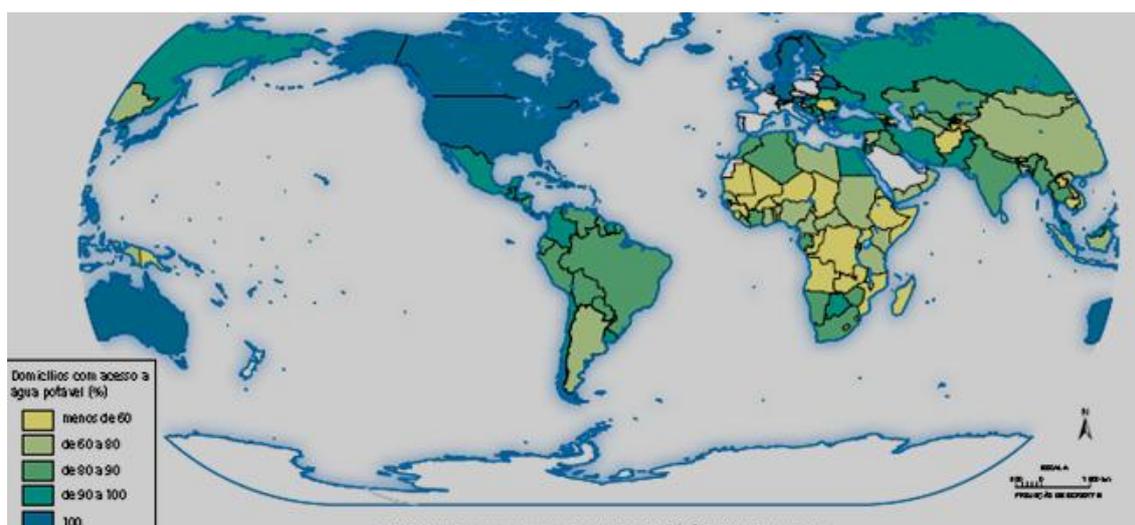


Figura 1.1 - Distribuição de água potável por domicílio no planeta.
Fonte: IBGE (2008).

Conforme o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre desenvolvimento dos recursos hídricos no mundo, apresentado em 2006, no México, antes do 4^o Fórum Mundial da Água sob o título: “Água: uma responsabilidade compartilhada”, no que tange a administração da água há questões que precisam ser consideradas, tais como:

- i) aproximadamente, um quinto da população mundial não tem acesso à água potável;
- ii) o acesso à água torna-se difícil em razão de gestões equivocadas, recursos limitados e dos efeitos da mudança do clima, o que tem trazido sérios problemas para a humanidade,
- iii) cerca de 40% da população não dispõem de condições sanitárias básicas.

O mesmo relatório divulga ainda que apesar de um progresso significativo de gestão, e da abundância de água potável global, a estimativa do programa de monitoramento, realizado conjuntamente pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), era de que, em 2006, mais de 1,1 bilhões de pessoas ainda não teriam acesso ao fornecimento de água.

A esse respeito, Gordon Young (UNESCO, 2003), diretor do Programa Mundial da Água afirma que:

“não existe água em condições higiênicas e sanitárias adequadas para cerca de 40 % da população mundial. "Este fato é uma tragédia absoluta". Os líderes mundiais não demonstram disposição em resolver a queda no abastecimento de água, e os políticos atuais gastam muitos recursos na construção de armamentos e, por isso, não sobra dinheiro para a implementação de projetos que melhoram a qualidade e aumentam a quantidade de água disponível”.

Os cientistas integrantes do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC), afirmam que o aquecimento global, com pequeno grau de incerteza, resultante do acúmulo de gases de efeito estufa, que surgem a partir das ações antrópicas de grande escala, poderá trazer conseqüências na formatação natural do planeta de tal modo que os efeitos do aquecimento global, a mudança do clima, em determinadas regiões do planeta será responsável pela redução do volume de água de chuvas e o aumento dos períodos de seca, exigindo adaptação a essa nova realidade (IPCC, 2007).

Em 2001 já era previsto pela OMS que no final da década de 2010 mais de 1 bilhão de pessoas no mundo não teriam água suficiente para suprir minimamente suas demandas domésticas, considerada pela OMS em, aproximadamente, 200 litros/pessoa/dia (OMS, 2001)

Já a Organização das Nações Unidas prevê que o ano 2050 registrará uma população mundial de aproximadamente 8,9 bilhões de pessoas, e dentre essas cerca de 4 bilhões sofrerão graves problemas de saúde advindos do contato que mantém com a água quer seja de forma direta ou indireta. Sabe-se que é relevante o número de pessoas que sofrem de doenças cuja origem está na água sem tratamento ou de alguma forma contaminada.

A esse respeito Barros (1997) comenta:

“Para os próximos 30 anos, a estimativa é de que haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou elevada escassez de água. O crescimento populacional aumentou três vezes no decorrer do século XX, passando de 2 para 6 bilhões de habitantes. Nesse mesmo período, a demanda de água aumentou sete vezes, isto é, passou de 580 km³/ano para aproximadamente 4.000 km³/ano. Esses dados se tornam relevantes na medida em que há previsão da população mundial se estabilizar, por volta do ano 2050, entre 10 e 12 bilhões de habitantes, o que representa cerca de 5 bilhões a mais do que a população atual. Outro fator que agrava o cenário da utilização das águas no mundo é a gestão ineficiente dos recursos hídricos em basicamente todas as atividades antrópicas, como ocorre na agricultura, na indústria e nos sistemas de abastecimento público de países, onde o desperdício de água, como em algumas regiões brasileiras, é superior aos 60%”.

A preocupação mundial com a disponibilidade de água deve constar, prioritariamente, das políticas ambientais sociais e econômicas. É imperativa a construção coletiva de ações que visem combater o desperdício e a poluição atribuída às ações antrópicas, bem como prover as populações localizadas em regiões que apresentam condições críticas de sobrevivência e completa escassez de água, em geral economicamente mais desfavorecidas.

O acesso à água potável deve ser assegurado como uma manifestação primeira de vida saudável e indicador constante das recomendações internacionais para monitoramento da qualidade de moradia das pessoas. Além disso, essa garantia é uma ação de coletividade, e, portanto sob a responsabilidade direta da ação pública (IBGE, 2010).

De acordo com Macedo (2000) o percentual de água doce com acesso mais facilmente disponível é inferior a 1%, que corresponde a 2 milhões de km³, e,

efetivamente, a água doce cujo acesso é mais fácil e econômico não ultrapassa 14 mil km³/ano.

Estabelecendo-se a relação entre o volume de água e o número de habitantes de uma região verifica-se que as quantidades *per capita* calculadas indicam tendências: i) favoráveis, onde o volume de água é elevado e a densidade populacional é baixa; ii) desfavoráveis, onde a situação se inverte, isto é, baixo volume de água e grande ocupação populacional.

Entretanto, esse determinismo não pode ser garantido uma vez que a disponibilidade e o uso de água envolvem outros fatores que ainda interferem na indicação dessa disponibilidade, tais como:

- i) localização;
- ii) situação econômica da região; e
- iii) o estado em que a água se encontra.

Existem regiões do planeta onde é elevado o percentual de habitantes sem acesso à água enquanto em outras a água doce é abundante, a exemplo da população na América do Sul, conforme se observa na figura 1.2.

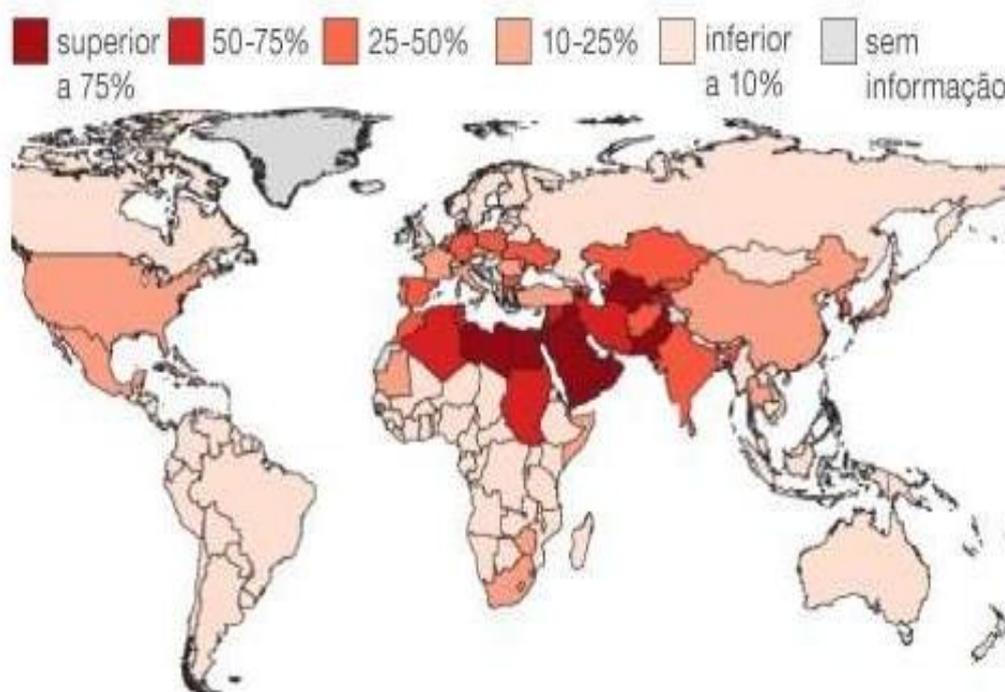


Figura 1.2 – População sem acesso a água doce no planeta (%).
Fonte: FAO/AUQUASTAT (2008). Disponível em: inovacaotecnologica.com.br

1.1.5 População no Brasil

Em 1940, o Brasil era um país cuja área rural era ocupada por 68,7% do total de sua população. No período compreendido entre 1940 a 1970, seguindo a mesma tendência dos processos ocorridos nos países em desenvolvimento, a população urbana brasileira cresceu 78,5%, saindo de 31,3% para 55,9%. Com isso se materializou uma configuração sem preparação das cidades em termos de estrutura básica de serviços referentes à: transportes; segurança; saúde; e, educação.

Acentua-se ainda nesse período a carência de formulação de políticas públicas, consideradas essenciais para a formação de uma estrutura que gradativamente fosse capaz de prover o atendimento de demandas concernentes a:

- i) ampliação do consumo de água e tratamento;
- ii) extensão da rede de saneamento básico; e
- iii) ao acúmulo da produção diária de Resíduos sólidos Urbanos.

O processo de distribuição da população brasileira por área de ocupação, como se vê na tabela 1.1, caminhou em direção aos centros urbanos, e já em meados do ano 2003, a população urbana encontrava-se próxima de 80% (TUCCI, 2003, p. 21).

Tabela 1.1 - Distribuição da População Brasileira por situação domiciliar e sexo no período de 1940 a 2010 (em milhões de habitantes).

Ano	Total		Urbana		Rural	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
1940	20.614.088	20.622.227	6.164.473	6.715.709	14.449.615	13.906.518
1950	25.885.001	26.059.396	8.971.163	9.811.728	16.913.838	16.247.668
1960	35.055.457	35.015.000	15.120.390	16.182.644	19.935.067	18.832.356
1970	46.331.343	46.807.694	25.227.825	26.857.159	21.103.518	19.950.535
1980	59.123.361	59.879.345	39.228.040	41.208.369	19.895.321	18.670.976
1991	72.485.122	74.340.353	53.854.256	57.136.734	18.630.866	17.203.619
1996	77.442.865	79.627.298	59.716.389	63.360.442	17.726.476	16.266.856
2000	83.602.317	86.270.539	66.864.196	71.061.042	16.738.120	15.209.498
2008	92.433.000	97.520.000	76.420.000	82.674.000	16.012.000	14.846.000
2010	93.390.532	97.342.162	78.774.913	82.108.113	14.615.619	15.234.049

Fontes: Estatísticas Históricas do Brasil/volume 3 - Rio de Janeiro: IBGE, 1987;
Anuário Estatístico do Brasil/IBGE - Rio de Janeiro, volume 56, 1996;
Contagem da População 1996/ Rio de Janeiro: IBGE, 1997, volume 1;
Censo 2010: IBGE (2010).

Com o crescimento populacional e suas demandas, a amplitude das questões de provimento dos serviços básicos é notória apresentando altos níveis de complexidade.

Ressalta-se que nas áreas urbanas a população de mulheres que no decorrer do período esteve em número maior do que o de homens, somente mais recentemente tem ocupação formal nos postos de trabalho regulares e participação política mais acentuada, o que traduz a sua importância na cobrança de políticas públicas.

No que tange aos serviços de saneamento básico, definido como serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, os mesmos devem ser realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente.

Verifica-se que a forma de distribuição geográfica da população é de uma maior ocupação na faixa costeira do país, enquanto o menor adensamento ocorre na região norte, conforme se vê na figura 1.3, traduzindo a dificuldade de implementação das políticas públicas abrangentes.

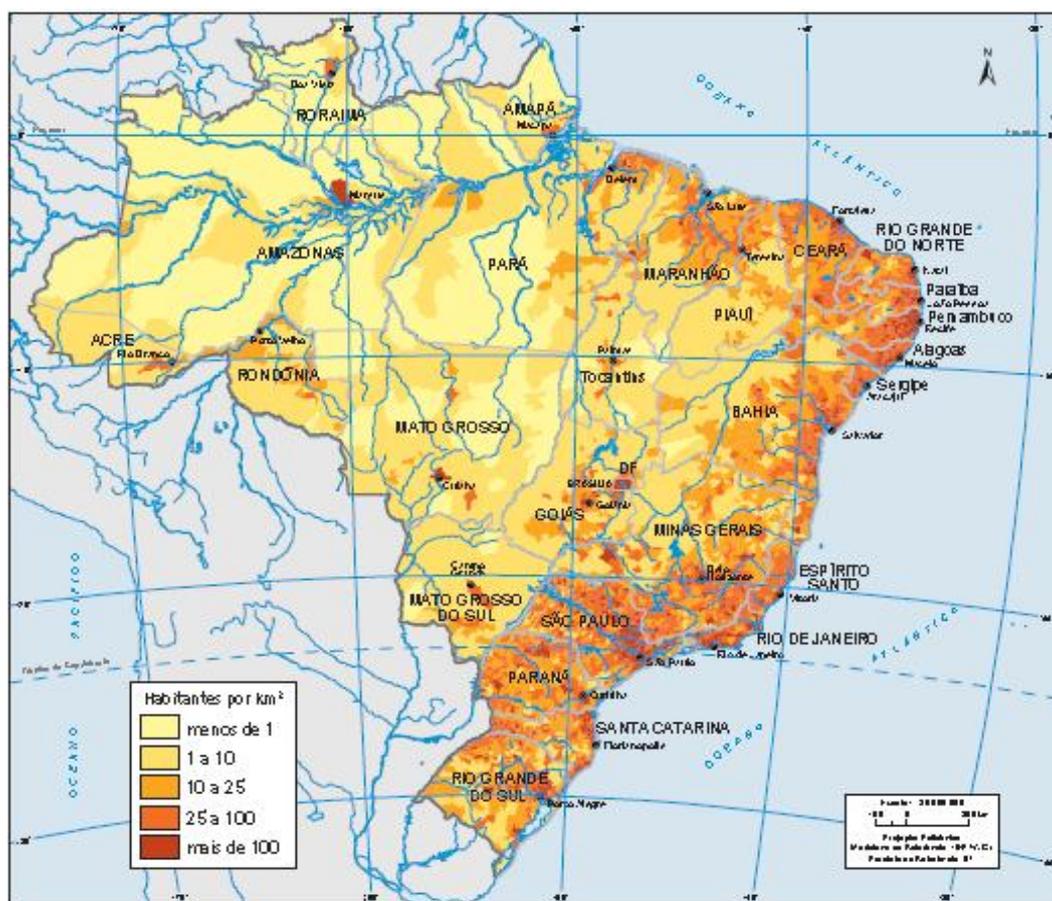


Figura 1.3 – Distribuição da população brasileira.
Fonte: IBGE - Diretoria de Pesquisa Contagem da população (2007).

A relação entre a quantidade de mulheres e homens no Brasil mantém regularidade, ao se considerar a faixa etária, conforme apresenta o gráfico 1.1, sendo que para ambas as categorias, o número de pessoas nas faixas de idade de zero a 24 anos era maior em 1999 do que em 2009.

De outro modo, comparativamente, têm-se, atualmente uma população, com faixa etária acima de 24 anos, maior do que em 1999, significando um maior número de pessoas que têm a oportunidade de participar dos processos reivindicatórios no que concerne às políticas públicas estruturantes, como a implementação do saneamento básico em sua forma plena, ou seja, atendendo as questões dos resíduos sólidos, abastecimento de água e o esgotamento sanitário.

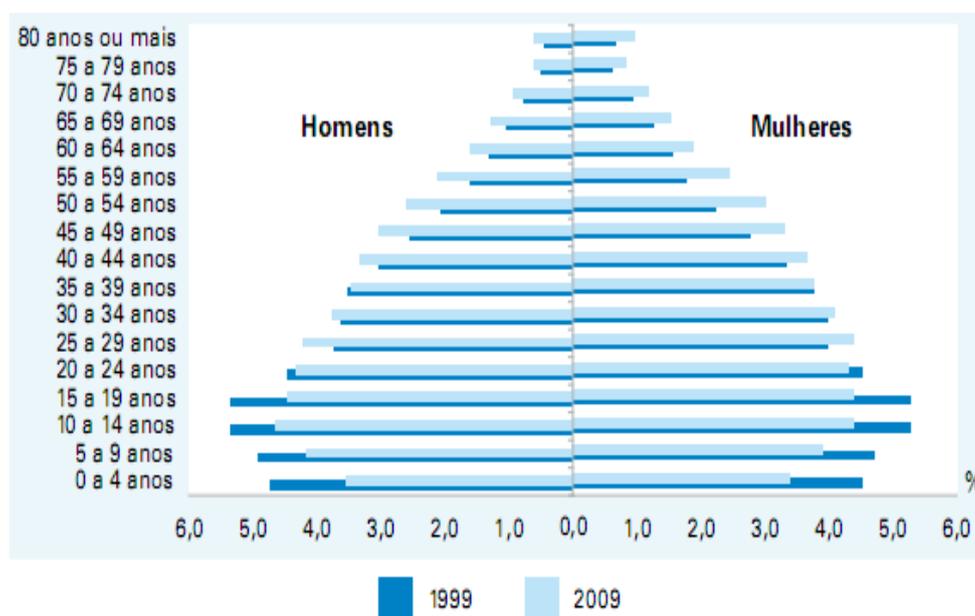


Gráfico 1.1 - Composição da população residente por sexo, segundo grupos de idades, no Brasil (1999-2009).

Fonte: IBGE - PNAD (1999-2009).

No período compreendido entre 1991 e 2001, as ocupações urbanas no Brasil foram mais significativas, e conforme mostra o gráfico 1.2, já nesta época se registravam, relativamente, maiores percentuais de mudança nas regiões norte e nordeste.

Ainda de acordo com o gráfico 1.2, verifica-se que a região sudeste teve o menor percentual de alteração na área urbana, embora continue sendo a região do país que concentra a maior parcela da população brasileira, distribuída nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

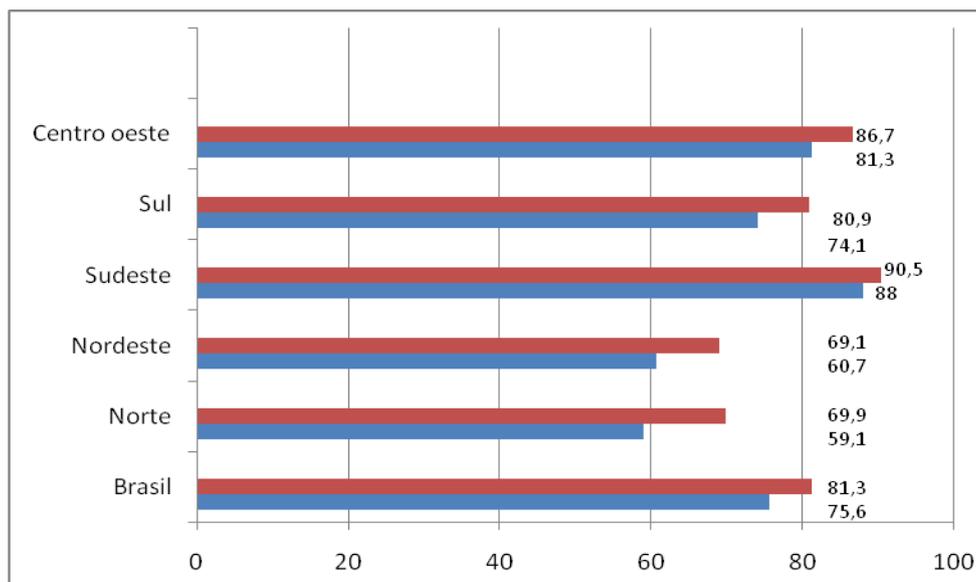


Gráfico 1.2 - Grau de urbanização no período compreendido entre 1991 e 2001.
Fonte: IBGE (2001).

Os dados sobre a contagem da população brasileira, do censo 2010, do IBGE, corroboram com a assertiva de que no país a ocupação urbana segue a mesma tendência mundial.

Nestes últimos dez anos (2000 a 2010), o espaço urbano no país teve sua ocupação aumentada passando de 137.925.238 habitantes, em 2000, para 160.883.026 habitantes, em 2010, um acréscimo de 16,64% (IBGE, 2010). No mesmo período, o decréscimo na área rural foi de 6,57% considerando-se que em 2000 havia 31.845.211 habitantes e, atualmente são 29.852.986 habitantes.

Dados do IBGE mostram também que além da população brasileira estar presente, em maior número, nas cidades e em áreas urbanas dos municípios, os percentuais de ocupação nessas localidades tem aumentado gradativamente. Por outro lado, os dados revelam que a região Sul registrou a menor taxa de crescimento, e o Estado de Santa Catarina o maior crescimento na região.

Os percentuais de crescimento da população no período de 2000 a 2010 se distribuem nas regiões do Brasil, conforme a configuração:

- i) Norte, de 22,98%, (Amapá registra o maior crescimento: 40,10%);
- ii) Centro oeste, de 20,74% (Distrito Feral tem maior crescimento: 24,95%);
- iii) Nordeste, de 11,18%, (Maranhão tem maior crescimento: 16,25%);
- iv) Sudeste, de 10,97%, (São Paulo tem maior crescimento: 11,39%);
- v) Sul, de 9,7 %. (Santa Catarina registra o maior crescimento: 16,68%)

Conforme registra a tabela 1.2, a região Norte teve o maior percentual de crescimento populacional, com maior destaque para o Amapá.

Tabela 1.2 - Distribuição da população brasileira por região (2000-2010).

Região	Estados	População (2000)	População (2010)	Crescimento (%)
Norte	Rondônia	1.379.787	1.560.501	13,10
	Acre	557.526	732.793	31,44
	Amazonas	2.812.557	3.480.937	23,76
	Roraima	324.397	451.227	39,10
	Pará	6.192.307	7.588.078	22,54
	Amapá	477.032	668.689	40,10
	Tocantins	1.157.098	1.383.453	19,56
	Total da Região	12.900.704	15.865.678	22,98
Nordeste	Maranhão	5.651.475	6.569.683	16,25
	Piauí	2.843.278	3.119.015	9,70
	Ceará	7.430.661	8.448.055	13,69
	Rio G. do Norte	2.776.782	3.168.133	14,09
	Paraíba	3.443.825	3.766.843	9,38
	Pernambuco	7.918.344	8.796.032	11,08
	Alagoas	2.822.621	3.120.922	10,57
	Sergipe	1.784.475	2.068.031	15,89
	Bahia	13.070.250	14.021.432	7,28
	Total da Região	47.741.711	53.078.137	11,18
Sudeste	Minas Gerais	17.891.494	19.595.309	9,52
	Espírito Santo	3.097.232	3.512.672	13,41
	Rio de Janeiro	14.391.282	15.993.583	11,13
	São Paulo	37.032.403	41.252.160	11,39
	Total da Região	72.412.411	80.353.724	10,97
Sul	Paraná	9.563.458	10.439.601	9,16
	Santa Catarina	5.356.360	6.249.682	16,68
	Rio G. do Sul	10.187.798	10.695.532	4,98
	Total da Região	25.107.616	27.384.815	9,07
Centro Oeste	Mato G. do Sul	2.078.001	2.449.341	17,87
	Mato Grosso	2.504.353	3.033.991	21,15
	Goiás	5.003.228	6.004.045	20,00
	Distrito Federal	2.051.146	2.562.963	24,95
	Total da Região	11.636.728	14.050.340	20,74
Brasil	-	169.779.170	190.732.694	12,33

Fonte: IBGE (2010).

O conhecimento dessas informações é de suma importância na construção de políticas públicas e destinação de recursos financeiros necessários ao atendimento da população com os serviços básicos de estrutura, tais como: moradia; educação; saúde, e segurança.

A ausência dos serviços relativos ao saneamento básico causa efeitos tais como o comprometimento à saúde daqueles que convivem de alguma forma em ambientes afetados pela poluição. Isso ocorre, na maioria dos casos, com os residentes de áreas onde se registram esgotos à céu aberto, que contaminam os solos, e se tornam a causa de diversas doenças, que traz como consequência o impedimento da população de freqüentar com assiduidade seus postos de trabalhos e atividades escolares presenciais.

O registro de residentes nas regiões, e nascimentos, reflete a migração da população que de acordo com a tabela 1.3, são as pessoas nascidas no nordeste que mais se deslocam de seus locais de origem enquanto as regiões sudeste e norte registram maiores percentuais de habitantes que continuam convivendo nos locais onde nasceram.

Em geral, credita-se às migrações a busca por novas oportunidades de trabalho e melhores condições de vida.

Tabela 1.3 - População residente, por Grandes Regiões de residência, segundo o local de nascimento, 2009.

Lugar de Nascimento	Pop. Residente, por grandes regiões de residências (1.000 pessoas)									
	Norte	%	Nordeste	%	Sudeste	%	Sul	%	Centro-oeste	%
Norte	12.999	94	239	1,7	216	1,6	35	0,2	331	2,4
Nordeste	1.530	2,4	52.463	83	7.237	11,4	279	0,4	1.773	2,8
Sudeste	456	0,6	1.041	1,4	70.468	94	1.153	1,5	1.483	1,9
Sul	260	0,9	96	0,3	1.525	5,3	26.087	91	637	2,2
Centro-oeste	290	2,7	151	1,4	548	5	106	0,9	9.711	90
Outro País	20	2,9	30	4,4	473	69	116	17	43	6,3

Fonte: IBGE - PNAD (2009).

A Tabela 1.3 ainda revela que a transferência dos locais de nascimento da população para as Regiões Norte e Centro Oeste registraram crescimentos de 22,98% e 20,74%, respectivamente.

Isso mostra que há urgência para serem implementados os serviços de saneamento básico nessas regiões, haja vista apresentarem os menores índices de cobertura no país, destarte a situação do Distrito Federal que detém um dos melhores índices de atendimento dos serviços de saneamento básico.

No tocante à questão do saneamento básico, sobressai-se a urgência do atendimento ao esgotamento sanitário considerando que sua ausência traz sérias implicações nos setores de saúde, educação e trabalho.

1.1.6 Disponibilidade de água no Brasil

A quantidade de água no Brasil proporciona uma disposição *per capita* bastante significativa, embora os números não reflitam a situação real da população no que concerne ao acesso à água. Parcela considerável do povo brasileiro se encontra em regiões onde apesar do elevado volume de água sua disponibilidade é reduzida, o que se traduz como uma divergência de acesso *per capita*.

Na região Norte do Brasil o volume de água é significativo, e a ocupação populacional relativamente baixa, entretanto não é assegurado o acesso a água em condições adequadas de uso, sendo a região que apresenta o menor índice de atendimento de água por rede geral de abastecimento.

O maior adensamento populacional do país ocorre em regiões que têm relativamente menor disponibilidade de água doce e, de modo inverso, onde existe um menor contingente de pessoas há uma maior quantidade de água.

Isso significa que deve ser equacionado o atendimento às demandas das regiões de modo que seja assegurada uma qualidade de vida à população, incluindo-a no processo de desenvolvimento que se propõe para o país.

De acordo com Freitas (2006) e o IBGE (2010) os recursos hídricos e a população se distribuem geograficamente nas regiões do país, de modo que:

- i) 84% de água estão localizadas nas regiões Norte e Centro Oeste onde atualmente se concentram 14,4% da população;
- ii) 16% de água, e 85,6% da população se encontram nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul.

Acrescentando-se às taxas de ocupação populacional, a distribuição dos recursos hídricos e a superfície territorial brasileira, configura-se um quadro cuja análise mostra que existe água em maior volume na região Norte para uma população mais reduzida do que no Nordeste, onde o volume de água é menor, conforme registra o gráfico 1.3.

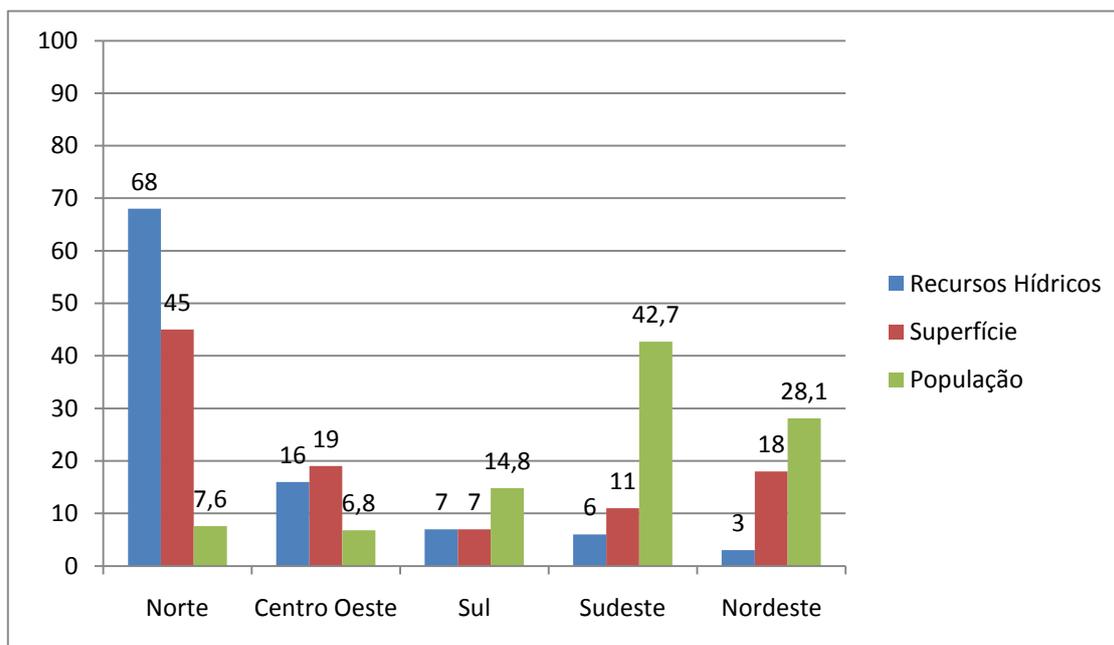


Gráfico 1.3 – Recursos hídricos, superfície e população no Brasil (%).

Fonte: Freitas (2006) e IBGE (2010).

Torna-se imperativo que sejam implementadas ações programadas de acordo com as políticas públicas referentes ao saneamento básico, que devem se ampliar na perspectiva de abranger as questões ambientais e as atividades dos setores industriais, agropecuários, e doméstica, com a participação da sociedade nas práticas de uso e reservação de água.

O emprego racional no uso da água e sua preservação é uma necessidade não somente pelos custos agregados, mas também, e principalmente, pela dificuldade de acesso que ocorre a partir de atitudes comportamentais e uso inadequado do recurso, como perdas.

A esse respeito Tucci *et al* (2001), afirma:

“O Norte, a maior região do País, conta com 3,87 milhões de km² (45,3% do território nacional) e abriga uma população de quase 13 milhões de habitantes (7,8% da população do País). É uma região muito rica em águas, porém pouco ocupada e pouco desenvolvida industrialmente. O Nordeste, com 1,56 milhões de km² (18,2% do território nacional), inclui a maior parte da região semiárida do Brasil. A população da região ultrapassa os 46 milhões de habitantes (28,7% da população do País). Essa região abriga a parcela mais pobre da população brasileira, com ocorrência de graves problemas sociais”.

Na região Norte cerca de 1/3 dos domicílios não tem acesso aos serviços de distribuição de água o que traduz a necessidade de investimentos urgentes para atender essa demanda que deve ser complementada com os serviços de esgotamento sanitário.

Dados do IBGE, em 2010, mostram que em áreas urbanas a região sudeste do país é a que apresenta os melhores índices de acesso à água, e aos serviços de saneamento, em geral. Enquanto isso, Alagoas é o estado que detém o índice mais baixo dos serviços de distribuição de água. Uma realidade que precisa ser enfrentada com ações políticas planejadas para o provimento de melhoria dessas condições, encontradas também em diversas localidades dos demais estados da região Nordeste do país, embora se registre que o acesso aos serviços de distribuição de água por rede geral¹³ no Brasil é da ordem de 93 %

Conforme mostra o gráfico 1.4, no período entre 1999 e 2009, houve crescimento no atendimento de distribuição de água e saneamento básico.

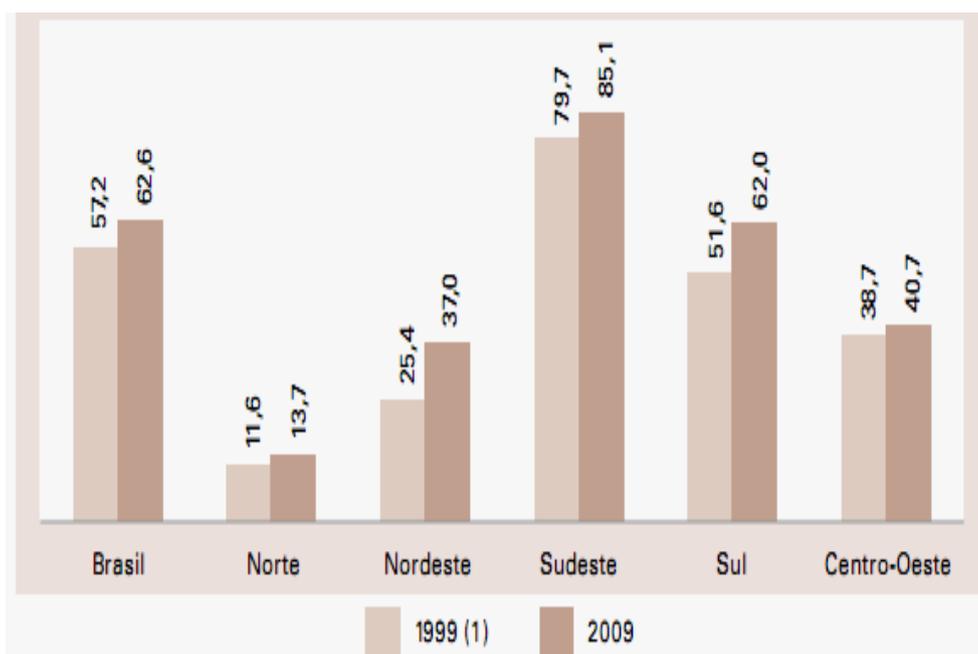


Gráfico 1.4 - Proporção de domicílios particulares permanentes urbanos com acesso à água, e serviços de saneamento segundo as grandes regiões, 1999-2009.

Fonte: IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (2009).

Nota: 1) Domicílios com condições simultâneas de abastecimento por rede geral de água, e esgotamento sanitário, coleta de lixo direta; 2) Exclui-se a população rural de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá.

¹³ Serviço por rede geral - Corresponde ao recebimento da água no terreno ou em pelo menos um ponto na canalização interna.

Em geral o aumento dos serviços de distribuição de água e esgotamento sanitário tem ocorrido em domicílios localizados nas grandes regiões, mesmo que se reconheça a necessidade urgente de atender às demais localidades do país, principalmente a região norte onde há um crescimento significativo da demanda e são baixos os percentuais de atendimento.

1.2 Dimensão Econômica da Água

1.2.1 Consumo de água

Na medida em que cresce o apelo ao consumo e este se amplia na população e pelo crescimento desta, amplia-se também a necessidade de aquisição de matéria-prima destinada à produção de bens, os quais implicam em geral no intensivo uso dos recursos naturais mostrando assim a importância que deve ser dada aos efeitos socioambientais e econômicos dessa prática.

No caso do bem “água”, a demanda pode ser analisada através do seu uso: i) como provimento da vida; ii) na paisagem, e iii) em atividades econômicas.

Ao ter uso econômico, como insumo nas atividades produtivas, a água é reconhecida como um recurso hídrico, recebendo incentivos na medida em que atende as demandas inerentes ao propósito do crescimento econômico. Um viés que deve ser motivo de discussão e ponderação até que ponto essa forma de uso não significa entraves à disponibilidade da água para consumo humano e às demandas básicas de caráter social como as atividades domésticas.

É imperativa a necessidade de ser implementada uma política que considere a água tratada, cujo custo agregado é bastante significativo, para usos mais nobres como a água em condições de potabilidade, e procurar valorizar a água de reúso, obtida através do tratamento de águas servidas, para uso em atividades que possam dispor desse recurso sem comprometimento da saúde do ser humano e da qualidade dos produtos que a utilizam como insumo.

Um marco referencial do crescimento da demanda dos recursos naturais é o período pós-revolução industrial. Nele ficou evidente o crescimento da população, a pressão de uma maior oferta de bens e a busca por trabalhos em áreas urbanas, aonde foram instaladas máquinas que favoreciam a expansão do modelo de produção.

Conforme crescia a economia, e o poder de aquisição de bens, era maior a pressão pela produção traduzindo o aumento da demanda pelos recursos naturais, a exemplo da água para atividades domésticas, ou de forma indireta ao ser agregada aos processos produtivos.

A ampliação da oferta de bens e serviços significava uma melhor situação para os consumidores, ganhos de capital para a economia, embora deva ser considerado o maior volume de poluentes e águas servidas descartadas.

A água limpa, um bem disposto na natureza, com valor de uso (MALVEZZI, p.25, 2001), encontrava-se facilmente disponível, sendo desnecessárias intervenções de tratamento que lhe agregasse maiores custos.

A esse respeito Sader (2005) comenta:

“Antes que a globalização liberal invadisse o mundo, tratando de fazer de tudo mercadoria, de fazer com que tudo tenha preço, se venda e se compre, usávamos o exemplo da água para diferenciar, nas aulas, o que tem valor de uso, mas não valor de troca, porque as pessoas tinham acesso livre a elas”.

Ao sofrer mudanças de suas características naturais com intervenções físicas, químicas e biológicas, surgem barreiras em disponibilizar a água em condições seguras, e acrescentam-se custos para instalação de sistemas de tratamento, que se revestem de importância na medida em que os descartes de poluentes comprometem o equilíbrio dos ecossistemas e inviabilizam o uso da água na forma em que se encontram.

Com o avanço do sistema de produção, o nível de descarte no meio aquático alterou a qualidade da água, degradando-a de tal forma que exigiu uma intervenção antrópica de despoluição para assegurar a disponibilidade de uma água em condições adequadas de uso.

O uso/consumo de água, e de outros bens, se correlaciona com a demanda de recursos naturais para promover o bem estar social e econômico, e isto têm levado à crescente investida no meio ambiente sem considerar a possibilidade de exaustão dos recursos e dos impactos ambientais negativos que advém dessa exploração e do descarte que ocorre pós-uso.

No caso da água devido à sua mais importante característica de ser essencial à alimentação, a mesma deve, prioritariamente, ser destinada ao consumo humano e

dessedentação¹⁴ de animais nas situações em que se estabeleça sua escassez, conforme disposto nos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos de 1997.

A demanda pela água para uso/consumo tem sido crescente para atendimento às atividades dos mais diversos setores, principalmente, à pecuária e irrigação de áreas destinadas à agricultura.

De acordo com Dowbor (2005), a maior parte de água do planeta em seu estado bruto é destinada à agricultura, que emprega 85% dessa água, enquanto a indústria 10% e o uso doméstico atingem 5%. De acordo com Mota (2007) a agricultura irrigada responde por cerca de 60% a 90% do consumo total de água. Estima-se que no Brasil esses percentuais sejam da ordem de:

- i) 64,7% para irrigação;
- ii) 4,9% dessedentação;
- iii) 16,4% consumo humano; e
- iv) 13,9% destinados à indústria.

No mundo, conforme registra a tabela 1.4, a água, historicamente tem sido distribuída em maior volume para as atividades agrárias, seguida das industriais e domésticas, e a projeção é de que essa seja uma realidade que tende a se manter para o futuro, destarte as inovações do setor de irrigação onde se procura utilizar sistemas eficientes que obtenham os mesmos resultados com um menor consumo de água, a exemplo do uso de sistemas de irrigação por gotejamento.

Tabela 1.4 – Água, em média, utilizada no mundo por setores (km³/ano).

Setor	Calculado por ano em km ³			Estimado
	1950	1980	2000	2025
Doméstico	87	219	384	607
Indústria	204	713	776	1.170
Irrigação	1.124	2.191	2.595	3.162

Fonte: Clarke e King (2005).

¹⁴ A Dessedentação de animais está associada ao efetivo de rebanho existente, e corresponde ao consumo de água pelos animais além da demanda de água exigida à criação.

No que concerne aos sistemas de irrigação, tem-se procurado implementar tecnologias que assegurem a eficiência dos sistemas, evitando-se as perdas que são bastantes significativas, uma prática que vem sendo modificada devido aos custos, a dificuldade de acesso. Novos conhecimentos vêm sendo empregados na agricultura, com o intuito de utilizar a água em diversas atividades procurando-se assegurar uma maior eficiência e economia, o que traduz juntamente com as inovações tecnológicas a oportunidade de utilizar a água de reúso.

De acordo com Senra (2001) a superfície terrestre é coberta por mais de 2/3 de água, o equivalente a, aproximadamente, 360 milhões de km² de um total de 510 milhões de km² um volume significativo cujo estado e a qualidade como se encontra disponível é determinante para lhe atribuir valor.

Em condições naturais, sem que exista contaminação, a água é utilizada, por diversas vezes, a um custo praticamente zero de investimentos, considerando o processo de reciclagem determinado pelo ciclo hidrológico.

Porém, a alta carga de poluentes lançada no meio hídrico tem pressionado o meio aquático de tal forma que exige a adoção de ações que viabilizem a utilização da água em condições seguras.

Ou seja, faz-se necessário investimento de recursos financeiros em tecnologias de tratamentos que removam os poluentes presentes na água para que a mesma seja disponibilizada sem trazer danos à saúde, ao meio ambiente e aos setores produtivos.

A água é um recurso natural que, considerando as intervenções físicas, químicas e biológicas que atualmente compartilham o mesmo ambiente em que a mesma flui pouco se obtém no estado puro.

Os valores atribuídos à água podem ser de caráter social, ambiental e econômico na medida em que respondem por uma vida saudável, bem como fonte de beleza, inspiração poética e ambiente de lazer, ou pelo seu uso em atividades econômicas, e neste caso identificada como um recurso do sistema produtivo – um recurso hídrico.

A participação da água como recurso hídrico a torna um insumo de valor agregado aos produtos fazendo com que assuma o papel de mercadoria.

Na agricultura e indústria estão os maiores consumidores de água em diversas regiões do planeta, e isso ocorre principalmente devido aos sistemas e manejo tecnicamente defasados, que precisam de uma nova configuração, que considere sobremaneira os descartes poluidores.

O gráfico 1.5 apresenta uma visão do uso da água no mundo por setor, traduzindo a necessidade de inovações que promovam a eficiência nas atividades e evitem os desperdícios.

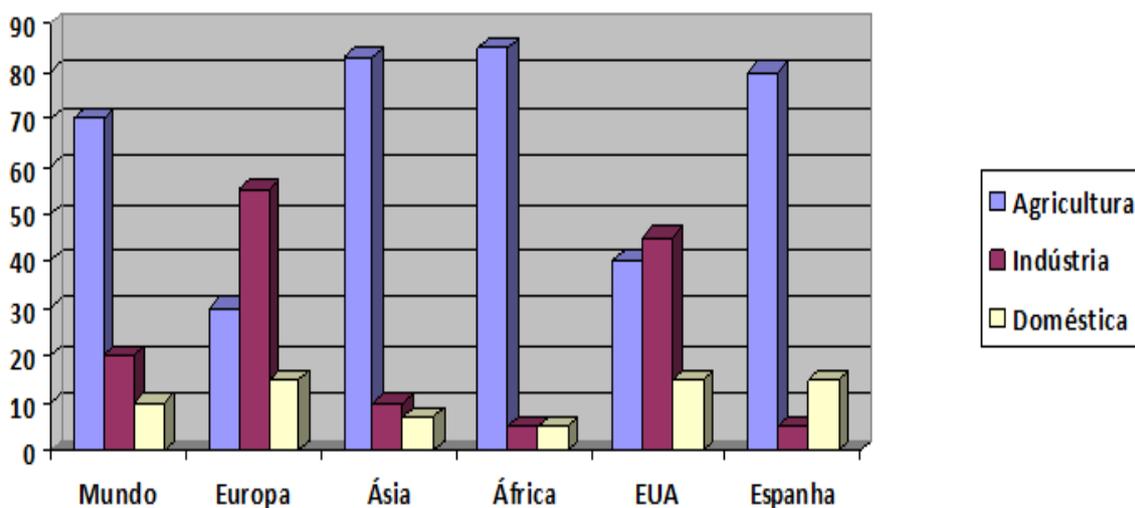


Gráfico 1.5 - Distribuição de água por setor (%).
Fonte: Elaboração a partir de COSTA (2007).

1.2.2 Distribuição e custos

Distribuir água em estado seguro de uso e consumo requer, dentre outras intervenções, a instalação de sistemas de tratamento cujo nível de complexidade envolve a mobilização da capacidade econômica do estado nacional.

Exigem-se ainda escolhas que considerem a localização, disponibilidade, topografia, dentre outras variáveis que refletem a relação entre custos e benefícios do empreendimento.

Os sistemas de gestão da água devem contar com pessoal capacitado para realizar os projetos que incluem as operações de captação da água, adução, tratamento, distribuição, bem como os serviços de esgotamento sanitário que compreendem a coleta e o tratamento das águas residuais.

Os custos de implementação de uma tecnologia para tratamento de água e esgoto mantém relação direta com as condições em que se encontram e da finalidade a qual se destinam após o tratamento.

Além disso, ainda são avaliados os custos aplicados para aquisição da água extraída do esgoto, considerando-se que podem ser utilizadas em atividades como:

- i) limpeza de ruas;

- ii) irrigação;
- iii) resfriamento de caldeiras, e outras.

Para obter água em regiões cuja disponibilidade somente é possível com o aproveitamento de águas do mar¹⁵, que têm alto teor de salinidade, mas é a única e viável forma de dispor de água potável, os investimentos necessários à aplicação de tecnologia são de alto custo, a exemplo do que ocorre em Israel.

Ao se recorrer a esses processos, além de se agregar valor à água, tem-se a demonstração de que a abundância de água não é necessariamente uma garantia de que a mesma se encontre em condições adequadas de uso/consumo.

De acordo com Barros (1997) apenas 1,2% das águas superficiais são de fácil acesso, e, além disso, são as fontes de água para uso imediato que apresentam menores custos.

A água do mar corresponde ao estado no qual se encontra os maiores percentuais de água e, como mostra a tabela 1.5, às águas doces encontradas na superfície ou subterrâneas, são os menores percentuais.

Tabela 1.5 – Formas de distribuição de água no planeta (%).

Distribuição	Percentual disponível	Distribuição
Água do mar	97 %	
Geleiras	2,2 %	
Água doce	0,8 %	Água Subterrânea: 97%
		Água superficial: 3%

Fonte: VON SPERLING (1996, p. 13)

Daí, a importância da preservação da água, principalmente a água doce, e de se evitar a contaminação desta, que é uma pequena fração disponível e correspondem as águas de extração mais fácil (VON SPERLING, 1996).

Em determinadas regiões o acesso a água doce exige baixos investimentos, porém há casos em que esta água somente é obtida se forem utilizados mais de 40% do total de recursos destinados à água como um todo.

De acordo com a ONU, em 2003, para obter água doce em condições seguras à saúde, seriam necessários, aproximadamente U\$ 80 bilhões/ano.

A figura 1.4, registra os percentuais necessários de investimentos para obtenção de água doce no planeta que variam de acordo com a região.

¹⁵ Água do mar – Água em que o teor de salinidade é da ordem de 35 mg de sais dissolvidos por litro.

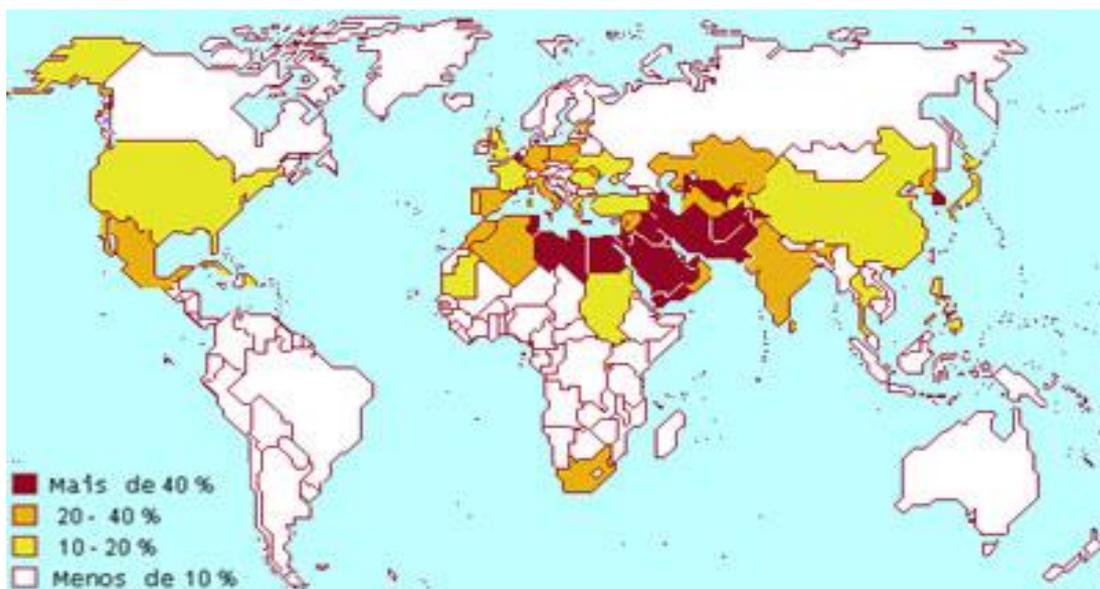


Figura 1.4 – Gastos com a água doce disponível no mundo (%).

Fonte: *World Meteorological Organization* (2003).

De acordo com o relatório da UNESCO (2003) sobre o Desenvolvimento da Água no Mundo, organizado pelo Programa de Avaliação da Água, entre os países onde há maiores disponibilidades *per capita* de água no planeta encontram-se:

- i) Guiana Francesa (812.121 m³/hab/ano);
- ii) Islândia (609.319 m³/hab/ano); e,
- iii) Suriname (479.566 m³/hab/ano).

O relatório da UNESCO (2003) ainda classificou os países conforme a água disponível, em quantidade, qualidade e sistemas de tratamento. Os melhores resultados em relação à qualidade de água foram registrados nos países: Finlândia; Canadá; Nova Zelândia; Reino Unido; Japão; Noruega; Rússia; Coreia do Sul; Suécia e França. As regiões que indicaram ter menor qualidade foram: Bélgica; Marrocos; Índia; Jordânia; Sudão; Níger; Burkina Fasso; Burundi; República Central Africana; e, Ruanda.

Na tabela 1.6 encontram-se as regiões do planeta que registram maiores volumes de água por habitantes, e seus índices de desenvolvimento humano (IDH)¹⁶ que procuram mostrar dentre outros fatores a qualidade de vida da população.

¹⁶ O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)¹⁶ de uma região reflete as características sociais, culturais e políticas que influenciam a qualidade da vida humana, considerando o poder de compra, longevidade e a educação (PNUD, 2010). O IDH, varia de 0 a 1, e o índice mais próximo de 1, se traduz como a existência de um melhor desenvolvimento humano.

Tabela 1.6 - Regiões no mundo com elevada disponibilidade de água, e seus IDHs.

País	Volume (m ³ /hab/ano)	Volume (litros/hab/dia)	IDH	População
1- Guiana Francesa	812.121	2.224.989	0,862	210.126
2- Islândia	609.319	1.681.441	0,942	304.367
3- Guiana	316.689	867.641	0,611	770.794
4- Suriname	479.000	1.330.555	0,646	481.267
5 - Congo	275.679	755.285	0,489	66.514.506
6 - Papua Nova Guiné	166.563	456.337	0,431	5.931.769
7 - Gabão	133.333	365.296	0,648	1.485.832
8 - Ilhas Salomão	100.000	273.973	0,494	581.318
9 - Canadá	94.353	258.501	0,902	33.212.696
10 - Nova Zelândia	86.554	237.134	0,907	4.173.460
23 - Brasil	48.314	132.367	0,699	190.732.694

Fonte: WWAP/UNESCO (2003).

No rol dos países com menores disponibilidades de água *per capita* no mundo (Tabela 1.7), e volumes inferiores ao mínimo recomendadas pela OMS, incluídas as atividades domésticas, encontram-se:

- i) Kuwait (10 m³/hab/ano);
- ii) Faixa de Gaza (52 m³/hab/ano); e,
- iv) Emirados Árabes (61 m³/hab/ano).

Tabela 1.7 – Regiões com menores disponibilidades de água no mundo, e seus IDHs.

Países	Disponibilidade (m ³ /hab/ano)	Volume (litros/hab/dia)	IDH	População
Jordânia	179	490	0,681	6.198.677
Singapura	149	413	0,846	4.608.167
Malta	129	358	0,815	403.532
Arábia Saudita	118	327	0,752	28.146.657
Líbia	113	313	0,755	6.573.579
Maldivas	103	286	0,602	385.925
Qatar	94	261	0,803	824.789
Bahamas	66	183	0,784	307.451
E. Árabes Unidos	61	169	0,815	4.621.399
Egito	26	72	0,620	81.713.517
Kuwait	10	27	0,771	2.596.799

Fonte: WWAP/UNESCO (2003).

A Organização das Nações Unidas (ONU) e a *Food and Agriculture Organization* ¹⁷(FAO) estabeleceram categorias para classificar as regiões de acordo com a disponibilidade de água *per capita* anual, conforme mostra a tabela 1.8.

Tabela 1.8 – Categoria dos países conforme a água *per capita* anual.

Categoria	Referência (litros/pessoa/ano)	Países
Água abundante	>10 milhões	Brasil, Chile, Canadá, Austrália, Rússia.
Água insuficiente e Água com suficiência relativa	Entre 1,7 milhões e 10 milhões	China (> 1 bilhão de pessoas), Espanha, Reino Unido, Irã, Botswana, Paquistão, Argentina, EUA, Japão, Portugal, Grécia, Cuba.
Água no limite	Entre 1 milhão e 1,7 milhões	Índia (1 bilhão de pessoas)
Escassez	< 1 milhão	Norte da África (Egito, Líbia, Argélia, Quênia, Somália, Bangladesh), e na Península Arábica (Arábia Saudita, Síria e a Jordânia) (500 milhões de pessoas).

Fonte: Elaborado a partir de TOMAZ (2001).

No planeta terra o volume total de água nos estados líquido, sólido e gasoso, mesmo sendo bastante significativo, não é uma garantia de uso e consumo na medida em que a qualidade e as condições onde se encontram determinam a facilidade ou dificuldade de acesso.

Os estudos sobre os efeitos do aquecimento global indicam que tanto aumentará o volume de água no estado líquido, advindo do derretimento de geleiras, como também haverá acentuada escassez de água em regiões onde o processo de evaporação seja mais intenso. Consolidado este fenômeno as conseqüências são de alteração no quadro socioambiental e econômico, principalmente das regiões mais fortemente afetadas, sendo necessária uma nova adaptação, haja vista as vulnerabilidades dos ecossistemas às variações climáticas (IPCC, 2007)

Existem indícios de que regiões já sofrem o efeito do aquecimento do planeta de tal modo que as localidades têm sido abandonadas pelos habitantes. Estes são denominados refugiados ambientais, que buscam em outras regiões melhores condições de vida, principalmente no que tange a disponibilidade de água.

¹⁷ FAO - Sigla de *Food and Agriculture Organization* - Fundada em 16 de Outubro de 1945, é uma Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, cujo objetivo é elevar os níveis de nutrição e de desenvolvimento rural.

Com as intensas formas de uso dos recursos naturais renováveis ou não, para atendimento das demandas crescentes, a vulnerabilidade da água se tornou mais evidente. Mesmo sabendo-se que existe água em grande quantidade ficou perceptível que assegurar sua disponibilidade implica em custos, e que estes de alguma forma teriam de ser assumido juntamente com o sistema, o que em geral é administrado pela gestão pública.

Isso tem sido traduzido de algum modo como pagamento para ter acesso à água em condições seguras, reconhecido ainda como pagamento pelos serviços prestados e o consumo que pode ocorrer para atividades domésticas ou econômicas, cujos valores pagos se diferenciam de acordo com a categoria em que se enquadra o consumidor.

Um dos argumentos para justificar o pagamento é de que há custos agregados advindos dos processos da operação dos sistemas, tais como captação, adução, manutenção, tratamento e distribuição da água. Adiciona-se ainda a esse argumento que o pagamento é uma forma de reconhecimento do valor e da oportunidade de melhoria do controle, qualidade do uso, e de se evitar o desperdício.

De todo modo, a existência do pagamento pela água é passível de questionamentos, considerando os usos divergentes e sua utilidade como um bem irrefutável de provimento à vida, um bem público de direito assegurado coletivamente, sendo, portanto uma obrigação do poder público disponibilizá-la para que a população possa atender suas demandas básicas.

Paradoxalmente, encontra-se com a escassez e a contaminação da água (barreiras de acesso e consumo) uma oportunidade de gerar lucros ao capital investido em todo o processo que envolve a produção de água, e isto tem gerado uma discussão política quanto a participação do setor privado e a obtenção de lucros nos serviços de distribuição de água.

A esse respeito Postel¹⁸ (2009) comenta que:

“diversas iniciativas tratam da disponibilidade de água para a população mundial e, apesar de terem avançado em seus comprometerimentos nas questões básicas, cometem um equívoco ao aceitar e subscrever o texto em que fica assegurado à população mundial o acesso à água”.

Postel avalia que não cabe a abrangência do texto, devendo ser explicitado tão somente que a água deva ser assegurada à toda a população mundial. Essa assertiva,

¹⁸ Postel, Sandra - Vice-Presidente de Pesquisa do Instituto *Worldwatch* no período de 1988 a 1994. Em 2002 foi reconhecida pela revista *Scientific American* por sua contribuição para a ciência e tecnologia

inclusive, encontra apoio na resolução 64/292 de 28 de julho de 2010, aprovada em Assembléia da Organização das Nações Unidas (ONU), a qual considera o acesso à água potável e o saneamento básico um direito de todo ser humano (ONU, 2010).

Evidencia-se então que o pagamento pela água merece uma reflexão que considere o gerenciamento do estado que mesmo podendo ser contestado, registra que os valores pagos para se obter água para consumo humano têm sido inferiores ao que é pago para consumir água advinda do setor privado, a exemplo das águas engarrafadas.

Desse modo verifica-se o quanto é importante valorizar a participação coletiva nos planejamentos das políticas públicas estruturantes elaboradas pelos gestores públicos em benefício da coletividade.

No Brasil, com o advento da Lei 9.433/97 da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) que tem como instrumento o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SGRH) encontra-se sujeito à outorga, a captação de água nas bacias hidrográficas.

Conforme os Artigos 20, 21 e 22 da Lei 9.433/97, na fixação dos valores que devem ser pagos pelo uso dos recursos hídricos serão observados além do volume de água o regime de variação nas derivações, captações, e extrações. De acordo com a legislação os valores pagos (pelo uso dos recursos hídricos) devem ser aplicados, prioritariamente, na bacia hidrográfica em que foram gerados bem como em financiamentos de estudos, programas, projetos e obras incluídos no PNRH.

Às concessionárias responsáveis pela prestação de serviços de abastecimento de água e saneamento caberá aplicar as tarifas de acordo com os referendos das Agências de águas estatais.

1.2.3 Desperdício e crise

Urge a necessidade de otimizar os sistemas de distribuição de água e reduzir os custos operacionais, considerando que estes ao serem agregados ao produto implicam diretamente no valor que será pago pelos consumidores. O aumento desses custos significa tornar mais difícil o acesso do usuário do sistema à água tratada tanto para as atividades domésticas quanto os setores industriais comerciais e agrários.

É necessária a ampliação das práticas ambientais que incluam ações consideradas socialmente justas e ambientalmente corretas para que se evitem os desperdícios de água, e que se traga benefícios ao meio ambiente e à economia.

Nas mais diversas atividades encontram-se desperdícios de água, que podem ser associados à: cultura; educação; e, situação econômica. Evitar o aumento desnecessário da distribuição de água significa reduzir os custos financeiros do sistema de produção de água tratada que se reflete no seu preço enquanto produto.

Embora um processo lento gradativamente está sendo substituída a rede de distribuição e equipamentos mais antigos, principalmente quando constatada sua ineficiência, considerando que as perdas, principalmente nas áreas urbanas advém em geral dessas antigas instalações.

Admite-se que o percentual máximo tecnicamente aceitável de perdas corresponde a aproximadamente 10%, no entanto, na maioria das instalações dos sistemas de distribuição do país as perdas atingem percentuais maiores do que 40%, o que significa um desperdício elevado de água e a necessidade de uma reestruturação nas redes de distribuição.

Cita-se, por exemplo, que a cultura do desperdício no Rio de Janeiro atinge um total de 40% da água tratada disponível, não se entendendo dessa forma o que seja preservação e conservação do planeta em função da água (GOMES e MENDES, 2010).

O desperdício de água é um integrante fundamental no planejamento das companhias de distribuição de água que calculam a diferença entre o volume de água distribuído e o volume de água correspondente ao faturamento, para avaliarem as perdas no processo e intervir de forma proativa no intuito de corrigir as falhas e evitar os prejuízos socioambientais e econômicos.

Para reduzir a insustentabilidade de nosso modo de vida, podemos começar com ações destinadas a diminuir os desperdícios de recursos naturais e a desigualdade, já que tais desperdícios nada mais são do que formas de manifestação do excedente gerado e apropriado de forma muito heterogênea em escala global RAMOS (2003, p. 35)

Dentre as atividades que utilizam água em grande volume encontram-se a agricultura e o setor industrial onde poderia ser empregada uma água de qualidade que não necessariamente potável, uma vez que esta é submetida a tratamento de custos elevados. Estima-se que a obtenção de água potável tem custo muito superior ao que se emprega na água limpa sem tratamento.

Reconhecidos esses custos, provavelmente, no futuro, sejam implementados sistemas paralelos de distribuição de água, onde em um deles fluirá a água potável e no outro uma água de qualidade menor, que, em condições seguras de uso, se destine à atividades na indústria, agricultura, residências – jardins, limpeza de calçadas e outros.

A falta de uma estrutura mais adequada de serviços relacionados ao tratamento das águas residuais traduz a situação em que se encontram diversas localidades com níveis significativos de poluição e uma população afetada pelo contato com a água poluída/contaminada.

O volume de esgotos lançados sem tratamento nos ambientes aquáticos é de tal monta que o processo de autodepuração que naturalmente poderia ocorrer e manter o equilíbrio do ecossistema não tem sido possível de ser realizado.

Ainda há o lançamento de águas servidas sem tratamento no solo, fazendo surgir o que se denomina esgoto à céu-aberto, onde proliferam vetores causadores de doenças e se vê comprometido visualmente os ambientes afetados.

Ocorrências dessa natureza exigem a intervenção de ações de recomposição do ecossistema, que por sua vez têm um alto custo, chegando a ser maior do que o valor que se investiria em caráter de prevenção. Isso é, sai financeiramente mais caro o pagamento para recompor o equilíbrio do ecossistema do que investir para que o mesmo não seja submetido ao impacto ambiental negativo.

A crise ora observada advinda do lançamento de poluentes nos solos e rios, tem sido uma das preocupações dos órgãos que tratam das questões ambientais, quer seja federal, estadual e municipal, porém as estruturas institucionais ainda não são suficientes para combater essas ocorrências com mais agilidade.

Além disso, as penalidades e multas aplicadas nos casos de infração ao que dispõe a legislação não têm sido suficientes para coibir ou resolver as questões. Há necessidade de se buscar alternativas, tais como, ao invés de fazer uso do princípio do poluidor-pagador¹⁹ procurar compensar a ação de preservação dos recursos ou seu uso racional. Esta prática gradativamente toma corpo e pode significar uma saída alternativa para a crise instalada no que concerne aos danos causados ao meio ambiente, principalmente com as atividades industriais.

¹⁹ Princípio do poluidor-pagador. Conforme estabelece a Constituição Federal no Artigo 225, Parágrafo 2º, aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

1.3 Dimensão Ambiental da Água

1.3.1 Equilíbrio hidrológico

Aproximadamente 500 – 428 a.C, Anaxágoras já mostrava o conhecimento de que as chuvas se configuravam como importantes contribuintes para a manutenção do equilíbrio hídrico na terra (ESTEVES, 1998, p. 58).

A esse respeito Esteves (1998) escreve:

“A água na biosfera faz parte de um ciclo denominado ciclo hidrológico. Este se constitui, basicamente, de um processo contínuo de transporte de massas d’água do oceano para a atmosfera e desta, através de precipitações, escoamento superficial e subterrâneo, novamente ao oceano”.

O equilíbrio hidrológico é possível de ser alcançado a partir do ciclo hidrológico que corresponde a um sistema de interação entre os fenômenos da natureza responsáveis pela circulação da água em diversos estados físico-químico evidenciando o processo constante de reutilização da água. Isto significa que a água utilizada em determinado momento, voltará novamente a ser disponibilizada seguindo o processo natural de reciclagem (no ciclo hidrológico).

O lançamento de águas residuais no solo, rios, lagos e no mar são as principais causas de suas alterações físico-químicas advindas de atividades antrópicas que resultam em esgotos domésticos, industriais, e das atividades do setor agropecuários, aonde comumente são utilizados defensivos agrícolas.

Uma contribuição importante para o equilíbrio hidrológico advém do cultivo de diversas espécies de culturas considerando cobertura vegetal que proporcionam, e ainda o armazenamento de dióxido de carbono (CO₂) no processo de fotossíntese. Este tem sua importância na medida em que serve de mitigação no enfrentamento ao aquecimento global do planeta, na medida em que reduz a emissão do CO₂ um dos gases que contribui para o efeito estufa.

Conforme mostra a figura 1.5, no ciclo hidrológico o sistema é dependente, a interação entre as fases do processo apresenta vulnerabilidade, notadamente ao ser afetado por intervenções antrópicas, como têm sido nas últimas datas, alterando as condições naturais da água.

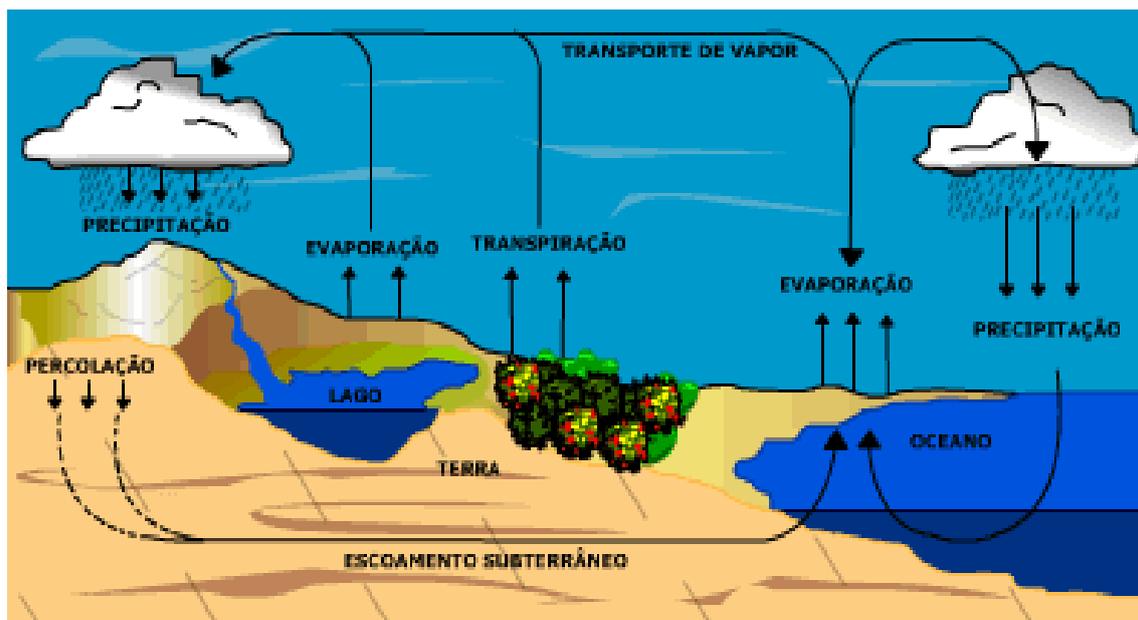


Figura 1.5 – Ciclo hidrológico.

Fonte: CNEN (1996).

Ao serem dispostos no solo, os esgotos contaminados escoam, superficialmente, para os corpos receptores e dependendo de seu volume e da rotatividade pode causar a degradação desses ambientes.

Os poluentes líquidos sólidos ou gasosos (dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, e outros), lançados em excesso na atmosfera, no solo (excesso de nutrientes, DDT, microrganismos, e outros) ou água, não são totalmente absorvidos ou reaproveitados se a taxa de lançamento superar a da recomposição natural do meio ambiente aonde os poluentes foram lançados.

Ressalta-se que, em geral são nestas áreas onde ocorrem os lançamentos de esgotos que residem pessoas economicamente mais carentes que têm sido atingidas por doenças vinculadas as águas contaminadas, a exemplo de gastroenterite, diarreias e outras.

Estimativas da ONU mostram que mais de 5 milhões de pessoas de países em desenvolvimento são vítimas de doenças advindas do contato com a água dos rios e lagos aonde são encontrados os poluentes químicos e biológicos. Estes também responsáveis pelo processo de eutrofização²⁰ que advém de: i) elevado volume de matéria orgânica disposta na água (Nitrato, fosfato, dentre outros); ii) proliferação de

²⁰ Eutrofização - Aumento de matéria orgânica na água que faz diminuir a taxa de oxigênio dos rios e lagos, provocando a morte de rios, lagos e lagoas.

algas e de organismos aeróbios; iii) diminuição das taxas de oxigênio; iv) morte de animais (peixes); e v) proliferação de organismos anaeróbios.

A esse respeito Cini (2009), descreve:

“a eutrofização se inicia com o excesso de matéria orgânica que passa pelo processo de decomposição realizado pelas bactérias aeróbias e lançam os nutrientes (excesso de nitrato, fosfato, e outros) na água. Esses são aproveitados por microrganismos (algas e outros) e se proliferam nas águas. As algas, seres anaeróbios, necessitam de nutrientes para seu desenvolvimento e processam a fotossíntese. Ao encontrarem nutrientes em excesso proliferam e formam camadas verdes na água, a floração das águas. O excesso de microrganismos na água faz o oxigênio diminuir e, conseqüentemente, ocorre a mortandade de animais aquáticos (peixes, moluscos e outros) que têm suas taxas de consumo diminuídas. As bactérias anaeróbias²¹ processam a decomposição desse animais mortos e, os dejetos (cadáveres) são lançados na água e exalam odor (sulfato)”.

A contaminação da água tem se tornado uma das grandes preocupações no que concerne aos impactos ambientais no meio hídrico. A intensidade com que vem ocorrendo causa riscos à saúde da população, sobrevivência dos organismos que se encontram no meio, e inviabiliza ou dificulta a realização de atividades econômicas exigindo elevados recursos para recompor e promover o equilíbrio do sistema impactado.

1.3.2 Doenças de origem hídrica

O meio hídrico é responsável por diversos benefícios tais como:

- i) ao ser humano - atendendo suas as questões básicas de alimentação, saúde, lazer, e outros: e,
- ii) aos processos produtivos – contribuindo com o crescimento da economia.

No entanto, as condições como esses recursos atualmente são encontrados, na maioria dos casos, não há garantia para nenhuma forma de uso, principalmente como fonte de alimentação.

O contato com a água que não esteja em condições adequadas de uso pode ser a principal causa de doenças, conforme mostra a tabela 1.9, e, dependendo da gravidade, pode vir a ser a causa de morte da população afetada.

²¹ Bactérias anaeróbias – Não necessitam de oxigênio em seu metabolismo celular.

Tabela 1.9 – Doenças Relacionadas com a Ausência de Rede de Esgotos e de água tratada.

Grupos	Formas de Transmissão	Principais Doenças	Formas de Prevenção
Feco-orais (não bacterianas)	Contato de pessoa para pessoa, quando não se tem higiene pessoal e doméstica adequada.	Poliomielite Hepatite tipo A Giardíase Disenteria amebiana Diarréia por vírus	Melhorar moradias e instalações sanitárias. Implantar sistema de abastecimento de água e Educação sanitária
Feco-orais (bacterianas)	Contato de pessoa para pessoa, ingestão e contato com alimentos contaminados e contato com fontes de águas contaminadas pelas fezes.	Febre tifóide Febre paratifóide Diarréias e disenterias bacterianas, como a cólera	Implantar sistema adequado de disposição de esgotos. Melhorar as moradias e as instalações sanitárias Implantar sistema de abastecimento de água e Educação sanitária
Helminthos transmitidos pelo solo	Ingestão de alimentos contaminados e contato da pele com o solo.	Ascaridíase (lombriga) Tricuríase Ancilostomíase (amarelão)	Construir e manter limpas as instalações sanitárias. Tratar os esgotos antes da disposição no solo Evitar contato direto da pele com o solo
Tênias (solitárias) na carne de boi e porco	Ingestão de carne mal cozida de animais infectados	Teníase Cisticercose	Construir instalações sanitárias adequadas. Tratar os esgotos antes da disposição no solo. Inspeccionar a carne e cuidados na preparação
Helminthos associados à água	Contato da pele com água contaminada	Esquistossomose	Construir instalações sanitárias adequadas Tratar os esgotos antes do lançamento em curso d'água. Controlar os caramujos Evitar o contato com água contaminada
Insetos vetores relacionados com as fezes	Procriação de insetos em locais contaminados pelas fezes	Filariose (elefantíase)	Combater os insetos transmissores Eliminar condições que possam favorecer criadouros Evitar o contato com criadouros e utilizar meios de proteção individual

Fonte: FNS (2006).

O Brasil, a partir da década de 2000, tem registrado uma melhoria nas condições de vida da população, como mostram os índices referentes às classes sociais. No quesito saneamento básico, porém, há necessidade de uma maior velocidade na execução da implementação dos serviços, considerando que a sua existência contribui no combate à instalação de focos de doenças, e melhorias das condições de vida.

De acordo com o IBGE (2010) a taxa de mortalidade infantil declinou de 31,7%, em 1999, para 22,5%, em 2009. Embora seja relevante a redução no período de 29,0%, é essencial que exista uma política de atendimento à saúde considerando que ainda persiste uma taxa elevada de mortalidade. O Rio Grande do Sul, em 2009, teve a menor taxa de mortalidade (12,7%), enquanto no estado de Alagoas, na região nordeste do país, foi registrada a maior taxa registrada no país (46,47%).

Isso mostra a necessidade da universalização dos serviços de tratamento de água e esgoto considerando que sua ausência é responsável por graves conseqüências à qualidade de vida da população, atingindo em larga escala crianças e as populações mais carentes. Essas, em geral, moram em condições insalubres, sofrem com o abandono das políticas estruturantes e comumente as situações de miséria a que estão expostas faz com que convivam onde são despejados efluentes contaminados, esgotos à céu aberto, que se proliferam e fazem parte de seu cotidiano.

No Brasil, 65% das internações hospitalares de crianças com idade abaixo dos dez anos ocorrem devido a falta de saneamento básico, e a diarreia é a doença associada à água contaminada responsável pela causa de morte de crianças com idade inferior aos 5 anos (PASSETO, 2005).

1.3.3 Tratamento de esgotos e reúso de água

Considerando a existência de técnicas e tecnologias que permitem o reaproveitamento de águas uma vez utilizadas, dentro dos padrões de qualidade a que se destinam, oportuniza-se a redução do uso da água no seu estado nobre (PEREIRA, 2005).

Encontra-se na irrigação a atividade onde a água extraída do esgoto tem grande aceitação, considerando-se a presença dos nutrientes essenciais ao processo de desenvolvimento das culturas.

No entanto, é imperativo lançar mão de processos de tratamentos eficientes considerando que as avaliações acerca da qualidade sanitária das águas destinadas à

irrigação e os produtos agrícolas são essenciais na prevenção de doenças entéricas (BARROS, 1997).

A esse respeito, Santos (2004) afirma que

“embora se desconheçam todas as impurezas incorporadas à água natural ou potabilizada com contribuição dos esgotos domésticos, industriais, hospitalares, agrícolas e outros, seja do aspecto físico, químico ou biológico, o estado da arte em termos de tecnologia de tratamento é suficiente para assegurar o equilíbrio e a sustentabilidade de atividades humanas e o meio ambiente. Contudo, cabe priorizá-las e implantá-las de forma universal”.

A água destinada às atividades industriais, comerciais e não necessariamente domésticas pode ser utilizada mais racionalmente, bastando para isso uma diretriz que a considere a água potável como uso prioritário. Para os demais usos que não exijam necessariamente a condição de potabilidade, pode se fazer uso da água de reúso, o que significará reduzir altos custos com empregos de tecnologias para disponibilizar água para consumo humano.

Neste contexto, amplifica-se a importância de um pensamento que conduza a adoção de políticas públicas voltadas ao uso da água de reúso atendendo ao apelo de contribuir com a diminuição da pressão pela água tratada destinada ao consumo humano, bem como reduzir os custos empregados no tratamento.

A água de reúso é obtida a partir dos esgotos submetidos a tratamento no qual será empregada uma tecnologia conforme o uso que se fará da água produzida. Já o reúso de água é considerado conceitualmente como o uso da água residual sem que a mesma necessariamente tenha sido submetida a tratamento.

Encontram-se diversas formas que caracterizam a reutilização de água. Reutilizar a água proveniente de esgotos tem sido uma prática crescente no mundo na medida em que se percebe a necessidade de aumentar a distribuição de água, enfrentando assim sua escassez, bem como contribuindo para a minimização dos custos de produção.

Por outro lado, tem-se na água de reúso um recurso que se origina do aproveitamento de águas anteriormente utilizadas, as águas residuais, ou residuárias, submetidas a um tratamento adequado e que se encontram dentro de padrões seguros para atender demandas de outras atividades ou de seu uso original.

De acordo com Nogueira (2010), existem diversas formas que caracterizam o Reúso de água, sendo assim identificados:

- **Reúso indireto não planejado da água** – Neste caso, a água, após ser utilizada para atividade, é descartada, e novamente utilizada, diluída, de forma não controlada e não intencional;
- **Reúso indireto planejado da água** - Nesta situação, os efluentes são submetidos a tratamento, de forma planejada dispostos em águas subterrâneas ou superficiais, utilizados com controle no atendimento de algum benefício;
- **Reúso direto planejado das águas** – Neste caso, os efluentes, após serem tratados, são conduzidos diretamente de seu ponto de descarte ao local onde será utilizado.
- **Reciclagem de água** – Neste caso faz-se o reúso interno da água, antes de seu descarte em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição.

Dentre os países que utilizam a técnica do Reúso de água encontram-se: Alemanha; Austrália; África do Sul; Espanha; França; Israel; Japão; e, os Estados Unidos (BRITO, 1998). No Canadá registra-se a universalização do serviço de água e esgotamento sanitário em um movimento de promoção da saúde, defendendo o conceito de cidade saudável, que tem hoje o aval da Organização Mundial de Saúde/Organização Panamericana de Saúde (OMS/OPAS).

Nos Estados Unidos, e em parte dos países europeus, coletar e tratar os esgotos são questões já resolvidas que recebem investimentos para sua ampliação e modernização. Na cidade de Chicago, 98,7% dos domicílios dispõe de coleta e tratamento do esgoto sanitário, 1% possui fossas sépticas e apenas 0,3% do total destinam os esgotos domésticos através de outros meios (PASSETO, 2010).

No Brasil, a água de reúso já é uma prática em diversas regiões a exemplo do que ocorre no estado de São Paulo, onde a SABESP de forma exitosa tem se voltado ao aproveitamento do esgoto e a comercialização da água de reúso. No estado do Rio de Janeiro serão investidos mais de R\$ 1 bilhão na implementação de um sistema de produção de água de reúso na ETE Alegria da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), destinadas ao complexo petroquímico do estado localizado em Itaboraí. Uma medida que favorece à implementação da atividade econômica, considerando os limites de água existentes nos mananciais que atendem a região, ao mesmo tempo que agrega valor ao recurso, e condiciona o tratamento do esgoto.

Em Campina Grande, no estado do Paraíba foi instalado, em 2004, o primeiro Pólo de Reúso de Águas do Nordeste, sob a coordenação da Embrapa Algodão (EMBRAPA, 2004). Já em Aquiraz, no Ceará, no Centro de Pesquisas da Companhia de Águas do Ceará são desenvolvidos projetos de utilização da água de reúso que contam com a parceria da Universidade Federal do Ceará (MOTA, 2007). Em Natal, no Rio Grande do Norte sob a coordenação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte foi desenvolvido um projeto para utilizar a água de reúso produzida em um edifício residencial para ser utilizada em descargas sanitárias.

Redução de custos, mitigação de impactos ambientais negativos, enfrentamento à escassez, combate à propagação de vetores causadores de doenças, e outras necessidades referentes à água são motivos que justificam tratar o esgoto e utilizar a água de reúso que pode ser utilizado proporcionando benefícios socioeconômicos e ambientais, conforme mostra a tabela 1.10.

Tabela 1.10 - Benefícios obtidos a partir do tratamento de esgotos

Ambientais	Econômicos	Sociais
Redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água e a melhoria da qualidade das águas interiores das regiões mais industrializadas.	Conformidade em relação a padrões e normas ambientais os quais possibilitam melhor inserção dos produtos brasileiros nos mercados internacionais.	Diminuição de doenças causadas por contato e uso de água contaminada.
Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas. (Uma situação ecológica mais equilibrada).	Mudanças nos padrões de produção e consumo. Aumento da competitividade do setor.	Maior disponibilidade de água em seu estado nobre e a oportunidade de inclusão de pessoal no trabalho de distribuição.
Aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público, e serviços hospitalares	Redução dos custos de produção e Ampliação da oportunidade de negócios para fornecedores de serviços e equipamentos.	Redução de tarifas ou taxas de aquisição do produto

Fonte: Elaboração a partir de CENED (2010).

Freitas (2004) e Viana (2005) levantam argumentos (Tabela 1.11) para justificar a prática da água de reúso, em atividades como a agricultura (irrigação), indústria (resfriamento de caldeiras), limpeza de pátios, serviços de jardinagens, dentre outros.

Tabela 1.11 - Argumentos que justificam utilizar a água de reúso.

<p>A Organização Mundial de Saúde – OMS assegura que o tratamento primário de esgotos domésticos já é suficiente para torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto. No entanto, recomendam-se o tratamento secundário e terciário em esgotos que produzirão água de reúso à irrigação de culturas de consumo direto, como as hortaliças, considerando que utilizar esse recurso sem tratamento adequado acarreta danos à saúde.</p>
<p>Reduzir o consumo de água nobre para a irrigação que é o setor onde mais se utiliza água no mundo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Em Israel, aproximadamente, 90% dos sistemas de irrigação utilizam água de reúso, e isto em menor proporção ocorre também nos Estados Unidos, México e Oriente Médio. ➤ A água de reúso favorece a irrigação de áreas em que se praticam os cinturões verdes e hortas periféricas, notadamente em áreas urbanas onde o consumo de água é mais elevado devido a maior concentração da população.
<p>Os nutrientes e a matéria orgânica dos esgotos domésticos favorecem a fertilização do solo, melhorando a produtividade das culturas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ O uso de esgoto na irrigação no Vale de Mesquital, no México, fez a renda agrícola na região aumentar de praticamente zero, no início do século passado, até cerca de 4 milhões de dólares por hectare em 1990. ➤ Na Índia, com o uso da água de esgotos, a produção agrícola aumentou, principalmente, devido aos nutrientes existentes no esgoto, tais como nitrogênio e fósforo. E isto contribuiu para reduzir o custo de produção. ➤ Diversas práticas de aquíicultura fertilizada com esgoto para produção de peixes são realizadas em Bangladesh, Índia, Indonésia e no Peru.
<p>No Brasil, o setor industrial detém a maior parte das iniciativas referentes ao uso de água de reúso.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Em 2001 a Sabesp (Cia. de saneamento de SP) comercializava a água de reúso a R\$ 0,60/m³, enquanto a água potável custava R\$ 4,00/m³. ➤ São Caetano – SP, foi o primeiro município do Brasil a utilizar água de tratamento de esgotos para irrigação e no combate a incêndios. ➤ A água de reúso pode ser usada na rega de jardins, limpeza de ruas, dentre outros.
<p>O Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) contribui com estudos e pesquisas acerca da utilização do efluente das ETEs na irrigação, os quais têm se mostrado promissores e viáveis, a exemplo do que ocorreu no município de Parelhas no Rio Grande do Norte, e o que atualmente se desenvolve no Centro de Pesquisas sobre Tratamento de Esgotos e Reúso de Águas (CPTERA)²² em Aquiraz, no Ceará.</p>

Fonte: Elaboração a partir de Freitas (2004) e Viana (2005).

²² CPTERA – O Centro de Pesquisa sobre Tratamento de Esgotos e Reúso de Águas Município do estado do Ceará, em Aquiraz, distante 24 km de Fortaleza, está localizado em área anexa a Estação de Tratamento de Esgotos da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), que em parceria com Universidade Federal do Ceará (UFC) realiza experimentos desde 2004 utilizando água de reúso em irrigação, aquíicultura e hidroponia (MENEZES, 2007).

Para que seja assegurado o uso da água de reúso, faz-se necessário que sejam seguidas as orientações quanto à qualidade da água extraída dos esgotos. Um dos critérios para o tratamento do esgoto visando obter a água de reúso é ter conhecimento em qual atividade a mesma será utilizada, as condições em que o esgoto se encontra, e seguir as orientações de acordo com a legislação ambiental.

1.3.4 Esgotamento sanitário

A água após ser utilizada incorpora elementos que comprometem sua qualidade, tornando-se uma água servida ou esgoto que tem origem nas atividades industriais, domésticas e agrárias.

Nos esgotos domésticos sanitários têm-se, em geral 99,9% de água e, 0,1% corresponde a materiais que são os principais responsáveis pela poluição e contaminação. Estes 0,1% são compostos de:

- i) contaminantes orgânicos sólidos (protéicos, carboidratos, gordurosos), que correspondem a 0,7%; e
- ii) sólidos inorgânicos (areia, sais e metais).

O conhecimento da ocorrência do impacto negativo ao meio ambiente e das doenças originadas do lançamento do esgoto exige que na localidade afetada sejam implementadas ações que reduzam esses danos, traduzindo desse modo a instalação de sistemas de esgotamento sanitário que compreendem a coleta e o tratamento das águas residuais.

Uma rede de esgotamento sanitário é construída para que seja possível realizar o tratamento da água servida, evitando que esta se torne um potencial foco de doenças e comprometa o meio ambiente. As águas dos esgotos devem ter seu tratamento assegurado uma vez que dispostos nos solos, uma parcela incorpora-se às plantas, enquanto a outra parcela, geralmente em maior quantidade, escoar até os corpos d'água, rios, lagoas ou aquíferos, podendo contaminá-los.

Torna-se um dever do estado o tratamento das águas residuais, considerando ser uma política coletiva básica e, portanto, de responsabilidade da ação pública (IBGE, 2010).

No Brasil, entre 1999 e 2009, conforme mostra o gráfico 1.6, a região sudeste foi a que apresentou os melhores índices urbanos de oferta de serviços de esgotamento

sanitário e abastecimento de água por rede geral. Neste mesmo período, nas regiões sul e nordeste foram registradas as melhores taxas de crescimento nesse serviço.

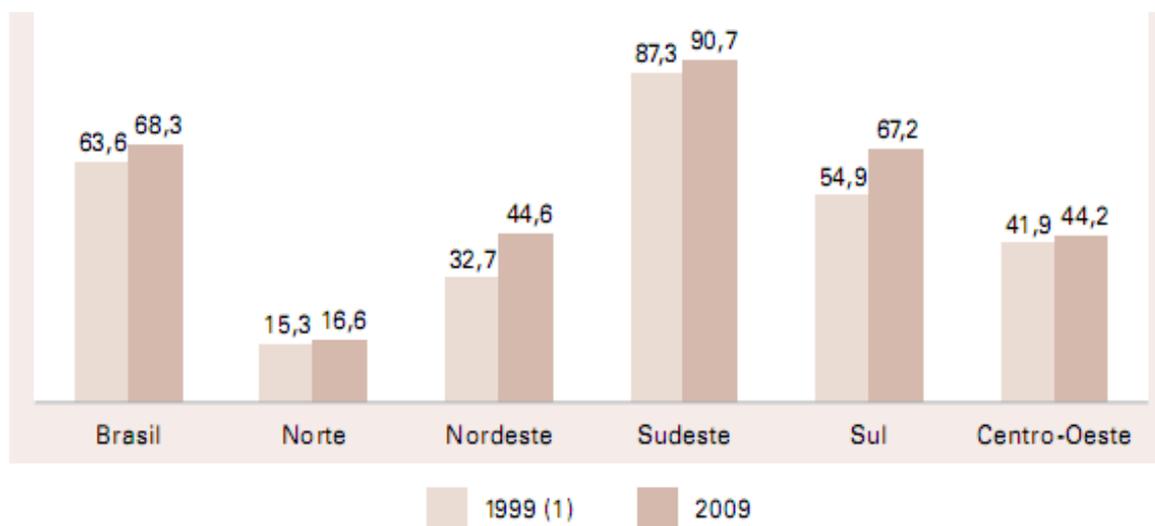


Gráfico 1.6 - Proporção de domicílios particulares permanentes urbanos com serviços de esgotamento sanitários, segundo as grandes regiões, 1999-2009.

Fonte: IBGE - PNAD (2009).

- Notas: 1) Domicílios em condições simultâneas de abastecimento por rede geral de água, e esgotamento sanitário, coleta de lixo direta;
- 2) Exclui a população rural de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá.

Já sobre o atendimento dos serviços de esgotamento sanitário e abastecimento de água por rede geral, o gráfico 1.5 revela que:

- i) a região Norte conta com apenas 16,6%;
- ii) na região Nordeste mais de 50% dos domicílios não tem esses serviços;
- iii) a região Sudeste tem a melhor situação, os serviços são de mais de 90%;
- iv) no país a ausência dos serviços de 36,4% (1999), cai para 31,7% (2009);
- v) na região Nordeste, a ausência desse serviços registrava 67,3% em 1999, para em 2009 registrar 55,4% (IBGE, 2010).

Nas capitais brasileiras e regiões metropolitanas, os serviços de esgotamento sanitário (Tabela 1.12) com raras exceções, são melhores do que nas demais regiões.

Tabela 1.12 - Domicílios particulares permanentes urbanos, total e respectiva distribuição percentual, por existência de serviços de esgotamento sanitário, às Grandes Regiões, as Unidade da Federação e as Regiões Metropolitanas, 2009.

Grandes Regiões, Unidades da Federação e Regiões Metropolitanas	Domicílios particulares permanentes urbanos		
	Total (1 000 domicílios)	Distribuição percentual, por existência de serviço de esgotamento sanitário (%)	
		Com serviço de rede coletora de esgotamento sanitário e/ou pluvial (1)	Sem serviço de rede coletora de esgotamento sanitário e/ou pluvial (2)
Brasil	49 828	68,3	30,7
Norte	3 210	16,6	80,4
Rondônia	328	7,3	90,9
Acre	151	42,4	53,5
Amazonas	702	24,5	73,6
Roraima	99	17,3	81,3
Pará	1 492	13,1	82,8
Região Metropolitana de Belém	558	27,3	68,8
Amapá	149	1,4	97,6
Tocantins	288	20,0	77,5
Nordeste	11 373	44,6	52,8
Maranhão	1 202	17,2	75,4
Piauí	566	9,4	83,2
Ceará	1 890	42,6	54,8
Região Metropolitana de Fortaleza	990	56,3	42,5
Rio Grande do Norte	680	25,3	73,8
Paraíba	854	50,9	47,7
Pernambuco	2 039	49,1	49,6
Região Metropolitana de Recife	1 141	41,6	57,6
Alagoas	609	20,3	77,5
Sergipe	493	63,5	35,6
Bahia	3 041	64,5	33,5
Região Metropolitana de Salvador	1 155	88,7	10,4
Sudeste	23 830	90,7	9,1
Minas Gerais	5 376	89,8	9,8
Região Metropolitana de Belo Horizonte	1 584	90,3	9,5
Espírito Santo	906	79,9	19,7
Rio de Janeiro	5 205	86,8	13,0
Região Metropolitana do Rio de Janeiro	3 919	89,6	10,1
São Paulo	12 342	93,5	6,3
Região Metropolitana de São Paulo	5 865	90,1	9,7
Sul	7 606	67,2	32,2
Paraná	2 950	70,0	29,6
Região Metropolitana de Curitiba	958	85,9	13,8
Santa Catarina	1 642	66,5	33,2
Rio Grande do Sul	3 015	64,9	34,2
Região Metropolitana de Porto Alegre	1 299	80,0	19,2
Centro-Oeste	3 808	44,2	55,3
Mato Grosso do Sul	645	22,3	77,5
Mato Grosso	775	18,9	80,2
Goiás	1 645	42,9	56,6
Distrito Federal	743	92,3	7,6

Fonte: IBGE-PNAD (2009).

Notas: 1) Rede coletora Inclusive rede coletora e fossa séptica ligada à rede coletora de esgotos/pluvial.

2) Inclusive fossa séptica não ligada à rede coletora.

1.3.5 Água e a legislação brasileira

O Brasil conta com uma legislação rica em conteúdo no que concerne aos aspectos ambientais, embora alguns casos ainda não estejam amplamente contemplados, traduzindo dessa forma a urgência de regulamentações e atendimento específicos, a exemplo do reúso de água.

Além disso, se faz necessário que os órgãos ambientais responsáveis pela orientação e fiscalização dos empreendimentos/atividades sejam mais bem estruturados, de modo que possam atuar no combate aos serviços/atividades que degradam o meio ambiente, afetam a saúde e provocam prejuízos na economia.

Os licenciamentos ambientais, necessários a instalação dos empreendimentos, são de suma importância para assegurar uma atividade em conformidade com os padrões aceitáveis de execução, embora exista dificuldade na diligência dessas ações por parte dos órgãos ambientais, considerando-se, dentre outras variáveis o número de profissionais que não consegue atender a demanda.

O Código de Águas, de 1934, marca as primeiras diretrizes referentes ao uso e distribuição da água no território nacional e gradativamente, vem se inserindo no corpo da legislação brasileira as questões sobre o tema, a exemplo da Lei de Recursos Hídricos, em 1997.

A esse respeito Passos (2010), afirma:

“a Lei de Recursos Hídricos, de 1997, é boa, moderna e deu um tratamento adequado aos tempos que vivemos, no entanto, sua efetividade ainda está longe do ideal. Na parte do saneamento básico não temos avançado e este é um grande problema, talvez o maior, da poluição dos rios. Nem mesmo temos clara se essa é uma atividade privativa dos estados ou se os municípios podem ter os seus próprios sistemas. Quanto à poluição das águas, ela continua ocorrendo, inclusive, subterrânea. Quanto à distribuição da água, ela é boa em algumas regiões, como Sul e Sudeste, mas é deficiente no Nordeste. Ainda permanece, em algumas cidades, o sistema de venda de água potável através de caminhões, apesar de serem as águas, desde a Constituição de 1988, bem público e não propriedade do dono do imóvel. Tudo isso, aliado à invasão de mananciais em grandes cidades (São Paulo é o exemplo mais crítico) e o desmatamento, pode ser agravado pelo aquecimento global. Creio que as pessoas ainda não compreenderam a gravidade do problema e acredito que só compreenderão no dia em que abrirem a torneira e ela não derramar mais que alguns pingos d’água”.

O arcabouço legal brasileiro concernente a exploração, distribuição e uso da água estão dispostos através de normatizações específicas e outras que se integram ao mesmo objetivo de fortalecer a legislação ambiental no Brasil.

Dentre essas normas, encontram-se:

- Código de Águas, de 1934.
- Portaria nº 124 de 20 de agosto de 1980 do Ministério do Interior (MINTER) - estabelece normas para a localização de indústrias potencialmente poluidoras junto às coleções hídricas;
- Lei nº 6.938 de 1981 - "Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências".
- A Constituição Federal de 1988 (CF 88) - Art. 225 - "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público o dever de defendê-lo; à coletividade, o de preservá-lo para as presentes e futuras gerações."; e VII - § 30 "As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados".
- A Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 - instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos - criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - define a água como um bem público dotado de valor econômico; e, o Cap. IV - trata dos instrumentos definidos para a gestão dos recursos hídricos, como a outorga e a devida cobrança.
- A Lei de Crimes Ambientais Nº 9.605 de 1998 - "Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências".
- Lei de Educação Ambiental - nº 9.795, de 1999 - "Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências".
- O Decreto Nº 3.179 de 1999 - "Regulamenta a Lei nº 9.605/98 - Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências".

- Estatuto das Cidades - Lei nº 10.257 de 10/07/2001 – obriga os municípios com população superior a 20 mil habitantes a elaborarem Planos Diretores e aprová-los em um período de 5 anos; define a elaboração de estudo de impacto de vizinhança; e, estabelece diretrizes para operações urbanas consorciadas, entre outros;
- A Resolução Nº 54, de 28 de novembro de 2005, publicada em 9 de março de 2006, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - estabeleceu critérios para a prática de reúso direto não potável da água, definindo modalidades de reúso para fins: i) urbanos; ii) agrícolas e florestais; iii) ambientais; iv) industriais e v) de aquicultura.
- A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece:
 - Art. 2º - Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:
 - I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
 - II - águas salobras: tem salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
 - III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;
 - IV - ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada,
 - X - classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;
 - XII - condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;
 - XIII - condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor.
- A Resolução Nº 121, de 16 de dezembro de 2010, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - estabelece as diretrizes e critérios para a prática de reúso direto de água não potável, de água na modalidade agrícola e florestal.
- A Resolução Nº 430, 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional de Meio Ambiente, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementa altera a Resolução Nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Além das normas legais a respeito da água de reúso no Brasil utilizam-se ainda como orientação as legislações vigentes em outros países, a exemplo do México;

Espanha; Israel; e os Estados Unidos, sendo a Califórnia um estado reconhecido como referência em reúso de água.

A primeira normatização acerca de reúso de água no Brasil encontra-se na norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas, a NBR 13.969/97. As instruções da NBR 13.969/97 contemplam o local, planejamento e o nível de tratamento, e classificam a água de reúso de acordo com o uso previsto, condicionando-o aos padrões de qualidade.

Para assegurar a saúde do usuário da água de reúso bem como da produção com esse recurso devem ser obedecidos padrões como os apresentados na tabela 1.13.

Tabela 1.13 – Classificação da Água de reúso conforme a finalidade e padrões de qualidade correspondente.

Classes	Uso	Parâmetros	
1	Quando há contato direto do usuário com a água de reúso	Turbidez	< 5 UNT ²³
		Coliformes fecais	< 200 NPM ²⁴ /100 mL
		Sólidos Dissolvidos Totais	< 200 mg/L
		pH ²⁵	Entre 6 e 8
		Cloro residual	> 0,5 mg/L
2	Rega de jardim, Limpezas de pisos, calçadas e em obras paisagísticas	Turbidez	< 5 UNT
		Coliformes fecais	< 500 NPM/100 mL
		Cloro residual	> 0,5 mg/L
3	Descargas de bacias sanitárias	Turbidez	< 10 UNT
		Coliformes fecais	< 500 NPM/100 mL
4	Pomares, cereais, pasto para bovinos e outros cultivos, através de escoamento superficial ou aplicação pontual	Coliformes fecais	< 500 NPM/100 mL
		Oxigênio dissolvido	>2 mg/L

Fonte: E & P (2010).

²³ UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez é utilizada para medir a turbidez da água, e segundo a OMS, em uma água potável o número máximo de Turbidez é 5 UNT.

²⁴ NPM – Número Mais Provável é utilizado em laboratórios de microbiologia e ambiental para quantificação de microrganismos em água, leite e outros produtos, e basicamente para a pesquisa de coliformes totais, e coliformes fecais indicadores da poluição fecal, ou seja de condições higiênico-sanitárias.

²⁵ pH – Potencial hidrogênico é a medida de íons H⁺ presentes na água, e quando esta se encontra pura o pH é 7, ou seja, Neutro, uma vez que a medida do pH se situa entre 0 e 14. De acordo com o Ministério da Saúde (2006) para água de abastecimento, o pH deve se encontrar entre 6,5 e 9, conforme a Portaria 1.469/2000.

CAPÍTULO 2 TECNOLOGIA WETLAND DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

“As pessoas são levadas a crer que quando tomam banho longo ou ligam a mangueira do jardim estão contribuindo para falta de água. Isso é uma rematada bobagem.... Quem gasta água em proporções preocupantes são os fazendeiros, as grandes usinas e empresas. São esses mega-consumidores que precisam ser levados de uma vez por todas a racionalizar o uso da água”.

Gary Becker²⁶

2 INTRODUÇÃO

O trabalho advoga favoravelmente à disseminação do uso do Sistema *Wetland* Construído no Semiárido Nordestino, particularmente no Rio Grande do Norte, tendo como pressuposto que a região oferece condições favoráveis à implementação da tecnologia de tratamento de esgoto. Para evidenciar a vantagem que se pode obter com a tecnologia, objeto da tese, será apresentado neste CÁPITULO II, como se conformam o Sistema *Wetland* Natural, e o Sistema *Wetland* Construído: seus princípios de funcionamentos, construção, custos, questões legais, as principais vantagens e desvantagens, além de aplicações realizadas no Brasil.

Para um esgoto não comprometer o meio ambiente é necessário que seja analisada sua qualidade, o que geralmente exige um tratamento que assegure o efluente lançado em conformidade com os padrões previamente estabelecidos.

Nas estações de tratamento o esgoto é submetido a um tratamento primário, onde através de grades de contenção e caixas de areia separam-se os sólidos de maior volume, retirando-os e destinando-os de forma adequada, inclusive aos aterros sanitários quando for o caso.

²⁶ Gary Becker – Nasceu em Pottsville, na Pensilvânia, em 1930. Contemplado com o prêmio Nobel em 1992, é considerado o economista mais criativo do mundo, apontando o método da economia nas análises dos mais diferentes fenômenos sociais.

Após o tratamento primário, o esgoto é conduzido para as lagoas de estabilização que são espaços construídos com a finalidade de acomodá-lo por um determinado tempo, aonde se processará a segunda fase do tratamento. Nesta fase, dependendo dos critérios estabelecidos durante a elaboração do projeto, são definidos o tempo de detenção hidráulica (TDH) e os tipos de poluentes que se pretende remover, o que caracterizará o tratamento como secundário ou terciário.

O projeto de construção desses sistemas considera além do tipo de poluentes que se deseja remover, o volume de contribuição de esgoto, que, em geral, advém da rede de coleta. Estes tipos de sistemas são considerados eficientes, economicamente viáveis, e se adequam principalmente à região nordeste considerando a predominância da energia solar, essencial ao processo, e a disponibilidade de área, que é considerada a maior barreira para sua instalação.

O sistema de tratamento por lagoas de estabilização ao exigir uma área significativa, onde a ocupação do solo ocorre de forma adensada, pressionando o custo de mobilização para essa finalidade, é apontado como um sistema que tem essa desvantagem para a sua implementação.

Para a fase do tratamento secundário ou terciário, uma alternativa tecnológica utilizada, em países como: Austrália, Portugal, Inglaterra, Estados Unidos e, em menor escala, no Brasil, diz respeito à tecnologia de tratamento *Wetland* que vem sendo objeto de pesquisas quanto a sua eficiência e viabilidade considerando principalmente o baixo custo de instalação e operação o que se traduz em atrativos para investimentos, pesquisas e desenvolvimento.

A alternativa do uso dessa tecnologia tem encontrado apoio, haja vista a imperativa a necessidade de ser incorporada à discussão sobre o tema água de reúso na medida em que essa prática se torna cada vez mais uma necessidade e uma realidade no país.

Isso requer o estabelecimento de orientações legais e de uma fiscalização quanto ao atendimento das condicionantes que assegurem o padrão exigido para dispor esse recurso aos empreendimentos sem danos à saúde e prejuízos ao setor de produção.

Nesse contexto a aplicação da tecnologia de tratamento de esgoto com o Sistema *Wetland* Construído contribui para que a prática do reúso ocorra em condições seguras, haja vista que o mesmo é empregado para o tratamento de polimento das águas residuais.

2.1 Sistema *Wetland* Natural

As águas naturais e residuais podem escoar, superficialmente, até regiões de pântanos, brejos, várzeas, manguezais e outros ecossistemas semelhantes, onde de forma natural ocorre uma reciclagem, um processo de tratamento que caracteriza o Sistema *Wetland* Natural.

Os *Wetlands* ou Terras Úmidas, como são conhecidos, correspondem a unidades receptoras dos efluentes de várias origens e quando não extrapolam sua capacidade de manter o sistema em equilíbrio são ideais para estabelecerem a recomposição do efluente.

Devido à importância ambiental, as terras úmidas têm sido pesquisadas e procura-se garantir sua conservação e manutenção, de acordo com o que estabelece a Convenção de Ramsar. Esta convenção é um tratado internacional assinado no Irã, em 1971, por mais de 150 países, incluindo o Brasil, e deu destaque às terras úmidas definindo 2 de fevereiro, dia da assinatura da convenção, como o Dia Mundial das Terras Úmidas.

O objetivo principal da convenção citada foi reconhecer a utilidade desse ambiente e garantir que ocorram ações e cooperação internacional para assegurar a valorização, conservação e o uso sustentável de mangues, charcos, banhados, rios, lagos e outras áreas semelhantes.

As unidades *Wetlands* são áreas alagadas, conforme mostra a figura 2.1, onde o processo de funcionamento do Sistema *Wetland* Natural, ocorre na região dos charcos ou pântanos, com o nível da superfície da água se encontrando próxima ao da superfície do solo por um período suficiente para que se mantenha a capacidade de campo²⁷, ao longo do ano, e com vegetações características associadas (MATOS, 2004).

Esses Sistemas Terras úmidas, realizam o processo de tratamento das águas servidas de forma natural e têm sido avaliados quanto a sua eficiência, verificando-se a possibilidade de serem construídas estruturas artificiais onde possam ser dispostos esgotos e processados seu tratamento de modo semelhante, e com a mesma eficiência, que ocorre no tratamento realizado em condições naturais.

Diversas pesquisas têm mostrado que os Sistemas *Wetland* Naturais são eficientes ao trabalharem em condições naturais, sem a ocorrência de fatores extremos que comprometam sua eficiência.

²⁷ Capacidade de campo é um parâmetro utilizado para medir a capacidade de um solo reter água.

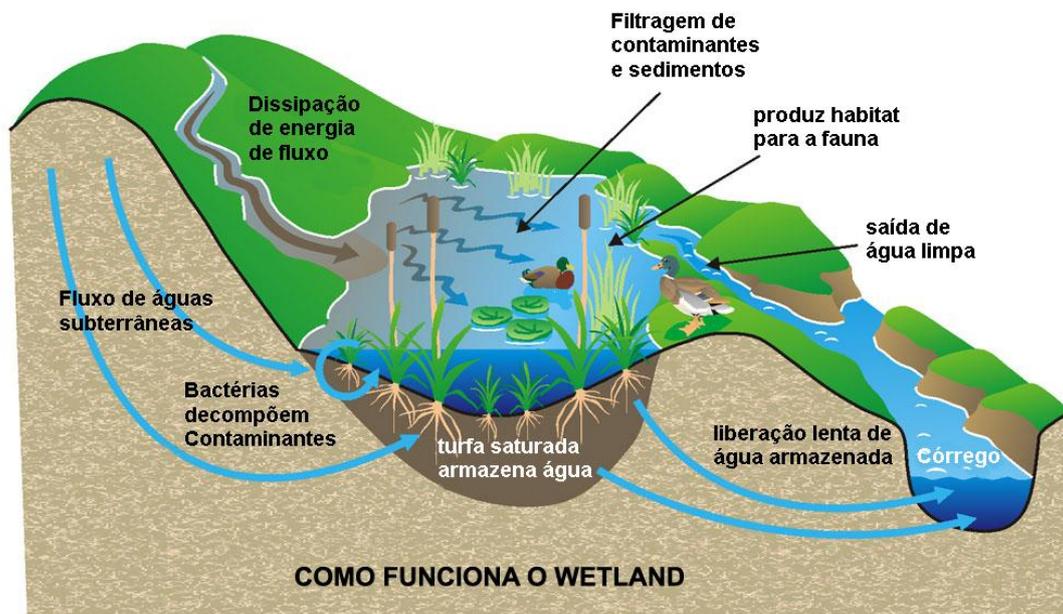


Figura 2.1 – Sistema *Wetland* Natural

Fonte: http://geoscape.nrcan.gc.ca/h2o/bowen/images/wetlands_e.jp

Nos Estados Unidos existem registros de que os sistemas *Wetland* Naturais, desde o ano 1800, têm sido observados quanto à sua capacidade de processar o tratamento de águas residuais.

A partir da primeira metade do século XX esses sistemas passaram a ser mais utilizados em recargas de aquíferos e, principalmente, em irrigação para produção de alimentos.

No Brasil, os primeiros estudos sobre os sistemas *Wetland* naturais tomaram por base as observações das águas dos rios que inundavam várzeas da Amazônia e sofriram modificações no período de sua drenagem (SALATI, 2006).

2.2 Sistema *Wetland* Construído

Um Sistema *Wetland* Construído compreende uma unidade tanque de baixa profundidade que pode ser artificial, cuja área projetada está condicionada à qualidade e volume de esgoto demandado bem como dos elementos químicos ou microbiológicos que se pretende remover.

A unidade ao ser construída utilizará substratos em seu leito, aonde são cultivadas macrófitas (plantas aquáticas²⁸), plantas herbáceas que crescem na água, em solos cobertos por água ou em solos saturados com água e adaptáveis ao ambiente. O sistema deve ser projetado de modo a estabelecer condições para o esgoto fluir por esses substratos e raízes das plantas, sem infiltrar-se no solo.

A esse respeito Esteves (1998, p. 55) afirma:

“As macrófitas emersas são enraizadas no sedimento e com folhas fora d’água; as macrófitas aquáticas com folhas flutuantes são enraizadas no sedimento e têm folhas flutuando na superfície; as macrófitas aquáticas submersas são enraizadas no sedimento e crescem totalmente fora d’água, podendo crescer até 11 m de profundidade; as macrófitas submersas livres têm rizóides pouco desenvolvidos e permanecem flutuando submersa na água em locais de pouca turbulência, e as macrófitas aquáticas flutuantes são aquelas que flutuam na superfície da água”.

As unidades são também conhecidas por Alagados Construídos ou Terras Úmidas Construídas e visam melhorar a qualidade do efluente, estimular o uso e melhoria das propriedades das unidades naturais relativas à degradação de matéria orgânica, e a ciclagem de nutrientes.

Os Sistemas *Wetland* Construídos da mesma forma que os Sistemas de Terras Úmidas correspondem às áreas onde o nível das águas está próximo à superfície, mantendo, continuamente, ou durante o ano, o solo saturado de água (OLIVEIRA, 2004, p.6).

O projeto de construção de um Sistema *Wetland* Construído prevê que nas Unidades *Wetland* se processe o polimento do esgoto. Isto significa que além da retirada dos sólidos sedimentáveis ocorridas no tratamento primário, e do material orgânico no tratamento secundário, o projeto visa a remoção dos nutrientes: Nitrogênio e Fósforo, que são as características do tratamento terciário (ou de polimento) (VAN HAANDEL, 1999, p. 98).

Os Sistemas *Wetland* Construídos ou Alagados Construídos vêm sendo utilizados de forma significativa na Europa, América e Austrália para o tratamento terciário de esgotos domésticos, no tratamento de águas com baixa contaminação, e são considerados eficientes no polimento final de efluente (LUCAS FILHO, 2003).

²⁸Planta aquática é aquela que vive na água ou sobre a água. O termo ecológico correspondente é hidrófilo. Macrófita aquática já é termo consagrado, adotado pelo “*International Program of Biology*” e, é mais adequado para plantas que habitam desde brejos até ambientes aquáticos ESTEVES (1998).

Os estudos sobre o Sistema de Tratamento *Wetland* Construído tem evoluído e sua importância se traduz na realização de conferências internacionais que tratam especificamente do tema.

Dentre os principais eventos sobre os Sistemas *Wetlands* encontram-se:

- *Conference on research and applications of aquatic plants for water treatment and resource recovery*, 1986 – Orlando – Flórida;
- *International conference on the used of constructed in water pollution control*, 1990, Cambridge – UK;
- *International Specialist Conference on Wetland System in water Pollution control*, 1992, Sydney – Austrália;
- *4th Conference on Wetland System for water Pollution control*, 1994, Guangzhou – People Republic of China;
- *5th Conference on Wetland System for water Pollution control*, 1996, Viena, Áustria;
- *6th Conference on Wetland System for water Pollution control*, 1998, Águas de São Pedro, Brasil;
- *7th Conference on Wetland System for water Pollution control*, 2000, Flórida, Estados Unidos
- *8th Conference on Wetland System for water Pollution control*, 2002, Tanzânia, África;
- *9th Conference on Wetland System for water Pollution control*, 2004, Avignon, França;
- *10th Conference on Wetland System for water Pollution control*, 2006, Lisboa, Portugal;
- *11th Conference on Wetland System for water Pollution control*, 2008, Indore, Índia;
- *12th Conference on Wetland System for water Pollution control*, 2010, Venice, Itália.

Os primeiros trabalhos com a tecnologia Terras Úmidas Construídas (ou SWC) no Brasil foram desenvolvidos por Roquete Pinto, estudando a eficiência das plantas aquáticas flutuantes (*Eichornia sp*) na remoção de metais pesados em efluentes (SALATI FILHO *et al*, 2004).

2.2.1 Principais vantagens do uso do SWC

Dentre as principais vantagens da aplicação da tecnologia de tratamento com o Sistema *Wetland* Construído encontra-se assegurar que o efluente da unidade na qual se processa o tratamento esteja em conformidade com os parâmetros que recomendem a utilização da água de reúso em condições seguras.

Os SWC também são favorecidos em sua construção por admitirem o uso de material de fácil aquisição que em geral se encontram próximo do empreendimento e apresentam têm um custo relativamente baixo.

O uso desses sistemas, além de sua característica principal de realizar o tratamento terciário do esgoto é gerador de externalidades positivas tais como:

- i) benefícios ambientais – agregar ao sistemas de tratamento o aproveitamento dos resíduos da indústria cerâmica na composição do substrato dessas unidades;
- ii) produção secundária de biomassa rica em nitrogênio para alimentação de animais e outras finalidades – utilizar os nutrientes advindos do esgoto;
- iii) mitigação dos efeitos decorrentes do lançamento de esgotos – obtidos com o tratamento do esgoto; e
- iv) redução da pressão por água potável para uso em atividades mais nobres.

As pesquisas referentes a estrutura necessária à instalação dos serviços de esgotamentos sanitários, em geral, indicam ser necessário contemplar, de modo satisfatório, as demandas concernentes ao pós-tratamento dos resíduos oriundos dos sistemas de esgotos das cidades.

A esse respeito pode ser visto em Denny (1997, p.78):

“o Sistema *Wetland* Construído se destaca por sua capacidade em remover carga poluidora, manter a conservação dos ecossistemas terrestres e aquáticos, reduzir o aquecimento global da terra, fixar o carbono do meio ambiente, manter o equilíbrio do CO₂, além de conservar a biodiversidade”

O Sistema *Wetland* Construído (SWC) além de ser considerado um dos métodos de tratamento no qual se utiliza uma tecnologia simples, de fácil operação e baixo custo, permite minimizar os riscos das águas ao reduzir a contaminação microbiológica (COSTA, 2003, p.4).

As dimensões da estrutura física dos SWC dependem do volume de esgoto a ser tratado, da finalidade, da utilidade e do tempo de detenção hidráulica necessário à remoção de poluentes condicionantes que determinam a elaboração do projeto.

O fluxo superficial ou subsuperficial do afluente (submetido anteriormente a tratamento primário e secundário) no substrato e a área radicular, da cultura plantada no leito da unidade, permitirá que o novo tratamento seja efetivado com a retenção de elementos químicos e microbiológicos.

Após estas fases do processo de tratamento, será possível analisar a eficiência do sistema que deverá apresentar um efluente dentro de padrões adequados para uso em diversas atividades.

Mas, comumente, os efluentes dos Sistemas *Wetland* Construído são dispostos aos sistemas de irrigação, onde as culturas cultivadas são favorecidas com a composição/qualidade do efluente.

Isto traduz outra vantagem do sistema que é a oportunidade de se obter uma significativa produção de biomassa que dependendo da cultura pode ser disponibilizada como ração para os animais.

Os estudos de Ceballos, *et al.* (2000) e Meira (2002) corroboram com essa assertiva, uma vez que os mesmos apresentam resultados atestando esta disponibilidade de biomassa, em outros Sistemas *Wetland* vegetados, construídos com leito de brita, para o tratamento de água superficial poluída.

A esse respeito Sousa *et al.* (2004), afirma:

“o *Wetland* Construído remove satisfatoriamente matéria orgânica, e sólidos suspensos. É um sistema de estrutura simples e de fácil manejo, embora apresente obstruções no volume de vazios do substrato, devido à acumulação de lodo durante a operação. A sedimentação e retenção desse lodo ocorre, geralmente, em razão da baixa velocidade de escoamento da água no sistema *Wetland*”

De acordo com Sousa *et al.* (2001) e Sousa, *et al.*, (2003) a utilização do Sistemas *Wetland* Construído na região do semiárido mostra-se como uma tecnologia viável, uma vez que diversos estudos foram realizados e os resultados favorecem o investimento nessa tecnologia, principalmente pelas condições climáticas características da região.

Oliveira (2004, p.8), classifica as unidades *Wetland* naturais e também as unidades *Wetland* artificiais (construídas), dependendo do fluxo do efluente, considerando:

- i) Terras úmidas de fluxo superficial; ou,
- ii) Terras úmidas de fluxo sub-superficial (horizontal e vertical).

O sistema pode ser construído acima ou abaixo da superfície do solo existente o que, geralmente, envolve a necessidade de movimento de terra (LAUTENSCHLAGER, 2001, p. 6).

A esse respeito Lautenschlager (2001, p. 9) afirma que:

“As Unidades *Wetland* construídas de fluxo superficial procuram reproduzir o comportamento das *Wetland* naturais, principalmente aquelas que apresentam fluxos superficiais rasos. Suas características principais são os dispositivos de entrada serem projetados de modo a se tentar otimizar o fluxo superficial do material efluente com relação a eficiência de tratamento; as Unidades *Wetland*, construídas de fluxo sub-superficial tratam as águas residuárias passando-as através de meios porosos contendo raízes de plantas, por meio de fluxos horizontais ou verticais, e o sistema de entrada e a configuração do dique apresentam objetivos análogos aos das *Wetland* de fluxo superficial, porém são projetados de modo diferente pois a operação destes devem manter todo o fluxo sub-superficial, ou sua maior parte através do meio poroso; as *Wetland* naturais necessitam de menor esforço do ponto de vista do projeto das *Wetland* construídas, somente o efluente a ser tratado é um dado de projeto, as outras variáveis são pré-fixadas”.

2.2.2 Componentes do SWC e princípio de funcionamento

Os Sistemas *Wetlands* Construídos são configurados de modo que o princípio de funcionamento seja semelhante ao que se processa nos Sistemas *Wetland* Naturais. Para isso utilizam-se os componentes: i) Substrato, ii) Manta, iii) Argila compactada; iv) Plantas aquáticas, v) Dutos e outros.

As unidades *Wetland* Construídas são projetadas, visando estimular o uso e as propriedades dos *Wetland* naturais relacionadas à degradação de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, com o objetivo de melhorar a eficiência quanto à qualidade do efluente tratado.

Cada um dos componentes do sistema contribui no processo de tratamento do esgoto de acordo com sua função específica e interação, a saber:

- O Substrato – é composto de resíduos orgânicos, e de mineração, areia, silte, cascalho, brita e/ou materiais inertes que aliado às raízes das macrófitas aquáticas, se constitui o local ideal para remoção dos poluentes e formação de biofilme microbiano (COSTA, 2003, p. 6).
- A Manta – é utilizada para não permitir a infiltração do esgoto no solo. De acordo com Marques (2003), o substrato deverá ser colocado sobre uma proteção impermeável de lona, manta, asfalto ou argila que evite a contaminação do solo e eventual infiltração até o lençol freático.
- A Argila - é disposta na unidade *Wetland* de forma compactada para não impedir a percolação do efluente e servir de suporte às macrófitas.
- A Planta aquática – De acordo com Sousa, *et al* (2004), nas plantas aquáticas (macrófitas) ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam águas residuais.
- Os Dutos – são utilizados no sistema para distribuírem o esgoto à unidade onde é realizado o tratamento. Estes dutos têm suas dimensões determinadas conforme a elaboração do projeto da unidade.

Entre os componentes fundamentais das Unidades *Wetland* Construídas encontram-se o substrato e o biofilme de bactérias, responsáveis de forma direta ou indireta pela ocorrência dos mecanismos de remoção de poluentes, associados a esses sistemas e às plantas macrófitas para garantirem o seu funcionamento (SANTOS, 2004, p. 25).

A tecnologia de tratamento *Wetland* aplicada na unidade se baseia no processo natural que ocorre em regiões de pântanos, charcos e brejos, e é ancorado na biomimética, que corresponde a imitação da vida, um campo da ciência em que se apóiam pesquisas a partir do estudo das estruturas biológicas e suas funções, para utilizá-lo nas diversas áreas do conhecimento em busca do aperfeiçoamento e de soluções da engenharia.

Para assegurar um funcionamento adequado, o Sistema deve atender as condições de:

- i) permitir a difusão do esgoto, bem como dos gases liberados durante o processo com o material utilizado para filtragem;

- ii) fixar de modo eficiente as bactérias que vêm com o esgoto, para assegurar sua mineralização;
- iii) possibilitar a atividade e o crescimento de bactérias úteis aos processos de tratamento.

O leito da unidade, onde se encontram a macrófita e o substrato, permite a reentrada de ar que será utilizada por uma nova carga de esgoto e juntamente com a aeração, advinda da rápida alimentação, haverá a transferência de oxigênio. Este contribui para a decomposição da Demanda Biológica de Oxigênio (DBO)²⁹ e da Nitrificação no Nitrogênio Amoniacal (NTK).

O esgoto deve percorrer a unidade *Wetland*, conforme mostra a figura 2.2, com um fluxo de escoamento superficial, ou sub-superficial, de forma intermitente no meio filtrante (que deve registrar granulometria adequada), para depois ser submetido a drenagem e coleta no ponto efluente.

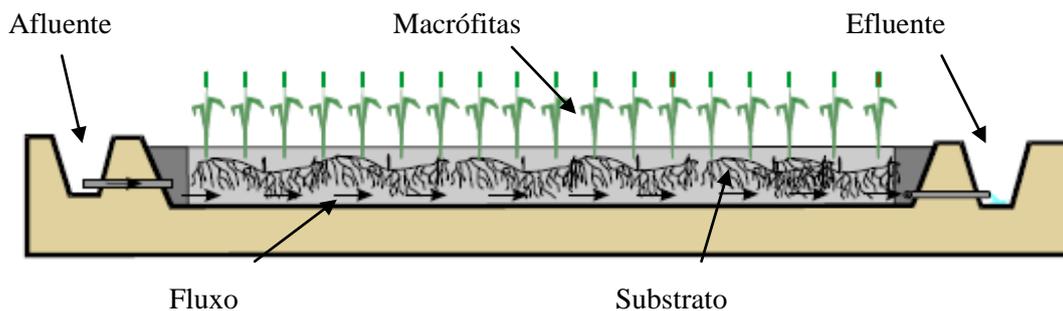


Figura 2.2 – Fluxo sub-superficial do esgoto em uma unidade *Wetland*.
Fonte: SALATTI (2006).

A fase operacional das Unidades exige o acompanhamento do processo de tratamento considerando que as obstruções ocasionais do fluxo de esgoto devem ter correções imediatas para assegurar o pleno funcionamento do sistema.

Os procedimentos de manutenção do sistema necessitam de monitoramento e devem ser de responsabilidade de técnicos especializados para acompanharem o trabalho de tratamento, incluindo o desenvolvimento da cultura distribuída homogênea na unidade.

²⁹ DBO – A demanda Biológica de Oxigênio é um os indicadores que atestam a presença de matéria orgânica no esgoto, podendo dizer que: “mede a força do esgoto” no corpo hídrico.

O resultado do processo de tratamento mantém dependência direta das fases anteriores de pré-tratamento, como: i) gradagem; ii) desarenação; e iii) sedimentação primária (necessariamente).

A carga orgânica presente no sistema deve apresentar:

- índice inferior a 150kg de DBO/ha/d (normalmente < 80kg de DBO/ha/d);
- uma carga hidráulica inferior a 5 cm/d, no tratamento secundário,;
- uma carga hidráulica inferior a 20 cm/d, no tratamento terciário,;
- área específica para tratamento secundário variando de 2,0 a 5,0 m²/m;
- área específica para tratamento terciário, de 0,7 a 1 m²/m.

De acordo com Ariston Júnior, *et al* (2003), o tempo de residência nesse tipo de sistema é de, aproximadamente 5 dias e a construção deve obedecer uma relação de comprimento/largura de 2 ou 3:1, ou ainda 1:1. Os leitos dos filtros podem ter seus substratos baseados em solo ou em areia e a profundidade do substrato pode variar, em média, de 0,6 a 0,8 m. A condutividade elétrica deve estar entre 1×10^{-3} a 3×10^{-3} S/m³⁰ e sua porosidade entre 0,3 a 0,45. O declive da área construída para permitir o fluxo do esgoto deve registrar uma variação de 1 a 2% com uma impermeabilização que pode ser feita através de mantas de poliolefinas ou betonita.

No semiárido nordestino a irradiação solar predominante durante quase todo o ano favorece o desenvolvimento da tecnologia na medida em que o processo de fotossíntese nas culturas utilizadas no SWC, principalmente das macrófitas, com o aproveitamento dos nutrientes presentes no esgoto permitem ao sistema uma melhor eficiência.

As unidades *Wetland*, por serem áreas alagáveis, compreendem um grande número de ambientes naturais que oferecem condições adequadas para o crescimento de macrófitas aquáticas.

Dentre as funções da macrófita aquática está à absorção de nutrientes e outros constituintes da água residuária, a transferência de oxigênio para o substrato através do sistema radicular e rizomas, inibição do crescimento de algas sobre o substrato causado

³⁰ S/m – Corresponde a Siemens por metro que é unidade de medida da condutividade elétrica do Sistema Internacional.

pela sombra das folhas e o suporte ao crescimento de biofilmes³¹ que se formam em rizomas raízes e serrapilheira (MATOS, 2000)

As plantas aquáticas cultivadas na unidade, dentre outras funções, absorvem os macronutrientes e outros constituintes pela transferência de oxigênio para o substrato.

Os macronutrientes, os micronutrientes e os demais elementos que constituem o sistema são removidos no processo, conforme apresentado na tabela 2.1, através de mecanismos físicos e químicos que ocorrem no sistema de tratamento nas Unidades *Wetlands* (SANTOS, 2004)

Tabela 2.1 - Constituinte e mecanismos de remoção do sistema

Constituintes	Mecanismo de Remoção
Sólidos Suspensos	Sedimentação e filtração
Material orgânico solúvel	Degradação aeróbia e anaeróbia
Nitrogênio	Amonificação, nitrificação e desnitrificação (biológico) Utilização pela planta. Volatilização de amônia.
Fósforo	Adsorção. Utilização pela planta
Metais	Adsorção e troca de cátions. Complexação, precipitação. Utilização pela planta. Oxidação e redução (bioquímica)
Patógenos	Sedimentação. Filtração. Predação. Morte natural. Irradiação UV. Excreção de antibiótico vindo das raízes das macrófitas

Fonte: SANTOS (2004, p.45).

2.2.3 Aproveitamento dos esgotos no SWC

De acordo com NUCCI, *et al*, apud LUCAS FILHO (2003) a composição típica dos esgotos provenientes das atividades urbanas, predominantemente não industriais, não apresentam nenhum dos elementos, potencialmente tóxicos ao solo nas concentrações em que estes se tornam perigosos, e por isso não há restrições ao seu tratamento por deposição no solo.

³¹ O filme biológico, formado na Unidade *Wetland*, é composto por colônias de bactérias, protozoários, micrometazoários e outros microrganismos que degradam a matéria orgânica para sais inorgânicos, tornando-os nutrientes para as macrófitas. Essas macrófitas enraizadas, através do chamado “bombeamento”, são de fundamental importância na ciclagem dos nutrientes. Além disso, as raízes absorvem os nutrientes das partes profundas do sedimento não disponível para outras comunidades e os libera, posteriormente, para a coluna d’água por excreção ou durante a decomposição de biomassa (ESTEVEZ, 1998, p. 329).

No entanto, deve ser observado que os poluentes presentes nos esgotos domésticos lançados sem tratamento tendem a comprometer o meio aquático na medida em que os esgotos das águas residuais domésticas e industriais que são lançados nos córregos e nos rios, causam poluição orgânica e fecal mais acentuada (METCALF & EDDY, 1997, p. 7).

Um dos mecanismos utilizados para tratar os esgotos domésticos é acomodá-los em tanques previamente construídos com dimensões que variam de acordo com o volume demandado.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da Norma 7.229, da ABNT, registra os critérios para construção desses tanques, aonde serão dispostos os esgotos, considerando a contribuição demandada e lodo, conforme mostra a tabela 2.2, que ainda dispõe sobre:

- i) o tipo de ocupação;
- ii) o padrão de atendimento do local;
- iii) a quantidade de pessoas que convivem/ocupam o estabelecimento para o qual será construído o tanque.

Tabela 2.2 - Contribuição de esgoto e lodo conforme NBR 7229.

Prédio			Unidade	Contribuição (litros/dia)	
				Esgoto	Lodo
Ocupantes permanentes	Padrão residencial	Alto	Pessoa	160	1,00
		Médio	Pessoa	130	1,00
		Baixo	Pessoa	100	1,00
	Hotel		Pessoa	100	1,00
	Alojamento		Pessoa	80	1,00
Ocupantes temporários	Fábrica		Pessoa	70	0,30
	Escritório		Pessoa	50	0,20
	Edif. Públicos		Pessoa	50	0,20
	Escolas		Pessoa	50	0,20
	Bares		Pessoa	6	0,10
	Restaurantes		Refeição	25	0,10
	Cinemas, teatros, etc.		Lugar	2	0,02
	Sanitários públicos		Bacia sanitária	480	4,00

Fonte: ABNT (2010).

A construção dos tanques deve considerar as orientações normativas, e conforme são estabelecidas as contribuições dos esgotos para esses tanques orienta-se a construção das demais unidades de tratamento de modo que se obtenha uma redução dos elementos poluentes.

Nas unidades de tratamento *Wetland* se processa o tratamento terciário de esgoto também denominado polimento, e o efluente advindo dessas unidades asseguram a sua utilização, principalmente para a irrigação considerando a presença de macronutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas, a exemplo do Nitrogênio e Fósforo.

Ressalta-se que a disponibilidade de Nitrogênio fora dos padrões adequados pode ser ineficiente ao desempenho do cultivo ou causar danos à saúde dos consumidores da cultura ou seus produtos, quando em excesso. O controle de Nitrogênio, em efluentes líquidos, através de processos biológicos, começou nos Estados Unidos da década de 1960, sua importância se deve principalmente aos efeitos adversos que as formas de Nitrogênio causam nos sistemas aquáticos (FERREIRA, 2000, p. 1)

2.2.4 Nitrogênio no SWC

Identificar a presença do nitrogênio e do fósforo nos esgotos domésticos se reveste de importância na medida em que sua disposição excessiva provoca danos ao meio ambiente e à saúde da população que mantém contato com este meio.

Quando se registra essa ocorrência se faz necessária uma intervenção procurando-se adequar a interação do esgoto e o meio ambiente, aproveitando os nutrientes para fertilização de culturas.

A esse respeito Barros (1997, p.8) afirma:

“Nos esgotos domésticos estão presentes os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas e quando colocados no solo promovem o enriquecimento das águas superficiais, principalmente com o Nitrogênio e o Fósforo”.

Corroborando com a preocupação das condições em que se encontram o esgoto no que tange ao nível de Nitrogênio e Fósforo, Sperling (1996) afirma que dentre os principais parâmetros a serem investigados numa análise da água residuária, bruta ou tratada, estão o Nitrogênio e o Fósforo.

O Nitrogênio dentro do seu ciclo alterna-se entre várias formas e estado de oxidação. No meio aquático encontra-se o Nitrogênio na forma de:

- Nitrogênio Molecular (N_2);
- Nitrogênio Orgânico (dissolvido e em suspensão);
- Amônia;
- Nitrito (NO_2); e,
- Nitrato (NO_3).

A origem antropogênica do Nitrogênio caracteriza-se por sua presença em:

- descartes domésticos;
- descartes industriais;
- excremento de animais; e,
- fertilizantes, encontrados com maior importância na forma de nitrato.

O teor de nitrato em águas superficiais é normalmente inferior a 10 mg por litro e quando apresenta valores superiores a este pode ocasionar riscos à saúde, a exemplo da doença metahemoglobinemia, conhecida como “síndrome do bebê azul” que é um dos efeitos advindos do consumo de nitrato com teores acima dos padrões recomendados (BARROS, 1997, p. 38).

O Nitrogênio favorece o crescimento das algas e, quando presente em alta concentração em lagos ou represas pode conduzir a um crescimento elevado desses organismos, revelando o processo de eutrofização.

Além disso, ao contribuir para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento dos esgotos, e nos processos bioquímicos de conversão de amônia a nitrito bem como deste ao nitrato, ocorre o consumo de oxigênio que provoca alterações na vida aquática.

O Nitrogênio contribui para as culturas na produção de Matéria Seca (MS) atuando na síntese de proteínas e enzimas, além de ser constituinte de clorofila, e por este motivo sua ausência ou oferta inadequada pode causar efeitos indesejáveis.

Em geral, utiliza-se como referência numa avaliação bromatológica sobre a qualidade de uma cultura o Teor de Nitrogênio na Matéria Seca, que corresponde ao conteúdo de Nitrogênio na amostra da cultura após a mesma ser submetida ao processo de secagem.

A amônia é a forma mais reduzida de Nitrogênio e é produzida na degradação da matéria orgânica (BARROS, 1997, p. 37). As principais fontes de amônia nas águas superficiais advêm dos escoamentos superficiais que conduzem urinas, excreções de animais, e fertilizantes inorgânicos nitrogenados (MALAVOLTA, 1995, p.37).

O conteúdo total de Nitrogênio de uma água residual municipal, depois de um tratamento secundário, oscila entre 20 e 60 mg/litros, entretanto a concentração do Nitrogênio em suas diferentes formas depende do tratamento a que se submeteu a água residuária (WESTCOT & AYERS, 1991, p. 61).

De acordo com Barnes & Bliss apud Oliveira (2004, p. 191) nos esgotos se encontram presentes, aproximadamente:

- i) 60% de Nitrogênio Amoniacal;
- ii) 40% de Nitrogênio Orgânico; e
- iii) menos de 1% de Nitrato e Nitrito.

O Nitrogênio Total corresponde ao Nitrogênio Orgânico adicionado ao Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e o Nitrito. Já o Nitrogênio Kjeldhal corresponde ao Nitrogênio Amoniacal adicionado ao Nitrogênio Orgânico.

Na medida em que o esgoto é tratado, o teor de Nitrogênio amoniacal se reduz. Uma vez que o Nitrogênio orgânico se converte progressivamente em Nitrogênio amoniacal pela atividade biológica é mais conveniente verificar ambas as determinações em amostras recentes (SILVA, 1977, p. 47).

A produtividade de uma planta está diretamente ligada à qualidade e quantidade dos elementos e nutrientes que a planta dispõe e a oferta excessiva, ou ausência do Nitrogênio comprometem o desenvolvimento e o valor nutricional da cultura.

A esse respeito Evangelista & Rocha (2000, p. 64) afirmam:

“Com a deficiência do Nitrogênio ocorre um precário desenvolvimento vegetativo e a deficiência de perfilhamento; as folhas verde-claras amarelam do ápice para a base, inclusive nervuras; Inicia-se a necrose em folhas mais velhas, e ocorre a ausência de inflorescência, quando esta deveria estar presente, conforme o ciclo e clima”

Os compostos nitrogenados contidos na água de irrigação servem como nutrientes e estimulam o seu crescimento, possuindo o mesmo efeito do Nitrogênio na forma de fertilizante inorgânico (BARROS, 1997, p. 38).

Alguns dos fatores que determinam altas concentrações de nitratos nas plantas incluem:

- a fertilização com adubos nitrogenados ou matéria orgânica de origem animal;
- as características do solo, como: aeração, temperatura, acidez, deficiência de fósforo, enxofre ou molibdênio;
- o rápido crescimento das plantas quando após períodos longos de estiagens ocorrem chuvas; e
- o tratamento das pastagens com herbicidas.

O nitrato é a forma mais oxidada do composto do Nitrogênio e em sistemas de irrigação, as águas apresentam a forma mais facilmente assimilável do Nitrogênio (AYERS & WESTCOT, 1991).

De acordo com Malavolta (1987, p. 2), na produção de 1 tonelada de gramíneas são utilizados nutrientes em quantidades assim determinadas:

- Nitrogênio (13 kg);
- Fósforo (3 kg);
- Potássio (18 kg);
- Cálcio (5 kg);
- Magnésio (2,5 kg); e
- Enxofre (3 kg).

Desse modo, verifica-se a importância da tecnologia de tratamento aplicada no Sistema *Wetland* Construído considerando a contribuição dos nutrientes em condições adequadas à produção de culturas. E isto traduz a vantagem para os projetos de irrigação que reduzem os custos de aquisição dos principais nutrientes, uma vez que estes se encontram na água de reúso em condições seguras, quando aplicada uma tecnologia com essa finalidade, como é o caso do SWC.

2.2.5 Custos de instalação do SWC

A construção de um Sistema *Wetland* Construído exige investimentos para aquisição de áreas, equipamentos e pagamento de pessoal para empregar sua força de

trabalho na execução dos serviços essenciais ao empreendimento tais como a concepção do projeto, execução e monitoramento.

Uma das características da construção desses sistemas é de que os custos podem ser otimizados com o aproveitamento de áreas adjacentes às estações de tratamento de esgoto, bem como a aquisição de materiais que em geral se encontram na própria localidade onde o sistema será construído, reduzindo significativamente os custos, inclusive dos transportes.

O custo de implantação de um Sistema Wetland, segundo a literatura, varia entre 50% a 90% do valor que é disponibilizado para os sistemas convencionais. No que tange à manutenção e operação os custos são considerados relativamente baixos.

A esse respeito Lautenschlager (2001, p. 3) afirma

“As Unidades *Wetland* Construídas são caracterizadas por ser uma forma de tratamento de baixa tecnologia (baixos custos) em contraposição à outras formas de tratamento relativamente de alta tecnologia (altos custos), tais como o processo de lodos ativados, tratamento físico-químico e outros”.

No Brasil encontram-se aplicações de tratamento de esgotos que utilizam o princípio de funcionamento da tecnologia *Wetland*, e desta própria, em grande e pequena escala. Os resultados obtidos nesses tratamentos têm registrado eficiência, atestando sua viabilidade no que tange ao uso do efluente do sistema e os baixos custos empregados.

Uma das aplicações de tratamento de despoluição de água com plantas aquáticas cujo desenvolvimento se conforma como uma tecnologia do Sistema *Wetland* Construído foi criada pelo Pesquisador Enéas Salati que adotou a metodologia em um sistema para tornar potável a água extraída do Córrego do Retiro, no município de Analândia, em São Paulo.

Utilizando o mesmo princípio de funcionamento das Terras Úmidas, o modelo, com raízes filtrantes, conforme mostra a figura 2.3, despoluí a água captada no Córrego do Retiro, principal curso d'água do município.

Em Analândia, o nível de tratamento aplicado no sistema utiliza para filtragem dos elementos poluentes a zona de raízes de aguapés, seguidas de outra fase de filtragem no solo, e tem assegurado uma água em condições de receber um tratamento convencional de potabilidade a um custo mais baixo.

Isso mostra que a aplicação dos Sistemas de Tratamento de Esgotos, utilizando a tecnologia *Wetland* atende ao objetivo de reduzir o nível dos poluentes, e com facilidade de instalação disponibiliza água em condições seguras de uso.

Raízes filtrantes

Método brasileiro despolui água com plantas aquáticas.

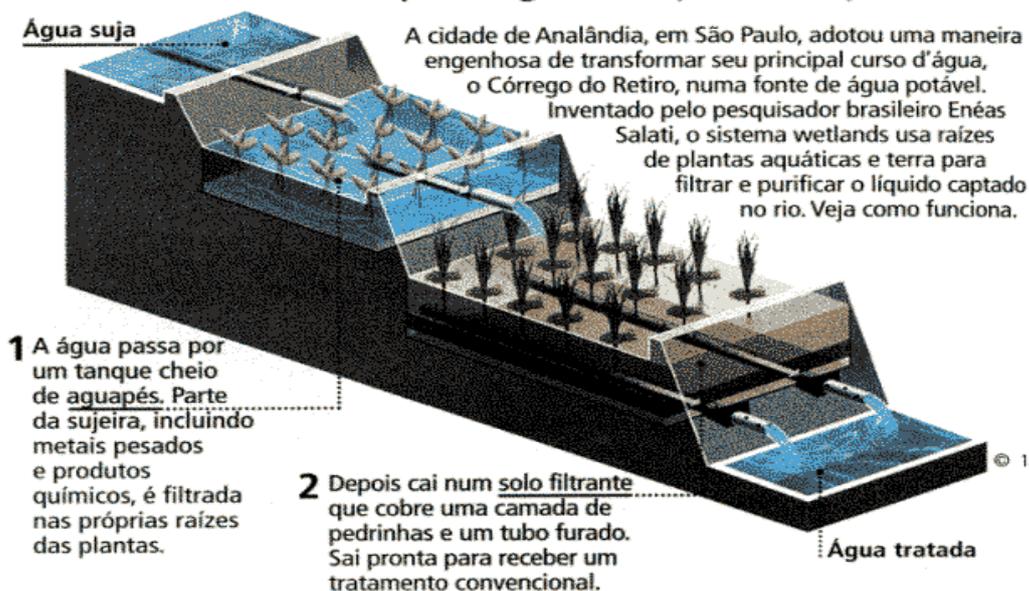


Figura 2.3 - Tratamento de despoluição de água em Analândia/SP

Fonte: <http://www.analandia.sp.gov.br/eta.htm>

Do mesmo modo como tem sido empregada essa tecnologia *Wetland* que registra resultados favoráveis como o tratamento de águas residuais, torna-se imperativa a sua participação nas políticas públicas que intentam enfrentar a escassez de água.

Para o Semiárido do Brasil, considerando a baixa quantidade de água disponível, implementar uma política de fornecimento de água de reúso significa além de atenuar escassez de água oportunizar a exploração desse recurso em atividades econômicas que possibilitam a melhoria das condições de vida da população.

A instalação do Sistema *Wetland* Construído na região merece ainda maior incentivo na medida em que se conforma como uma alternativa viável devido a existência das principais condicionantes, como:

- i) facilidade de construção;
- ii) disponibilidade de área;
- iii) custos baixos, e
- iv) aproveitamento de material da própria região em sua construção, incluindo-se os resíduos da indústria ceramista.

Com o SWC ainda se consegue obter a produção de uma cultura, como parte do processo, que pode ser utilizada para alimentação de animais, como ocorreu no trabalho mostrado no estudo de caso no Capítulo 3.

A implementação do sistema assegura o desenvolvimento da agropecuária de forma otimizada haja vista a possibilidade de reduzir os custos para aquisição dos insumos utilizados para o cultivo de plantas forrageiras, como é o caso do Nitrogênio, Fósforo e da água, haja vista a escassa disponibilidade atual, e que, muito provavelmente, continuará ainda sendo um dos maiores problemas no futuro.

CAPÍTULO 3 ESTUDO DE CASO: SISTEMA WETLAND NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN

“Cada dia a natureza produz o suficiente para a nossa carência. Se cada um tomasse o que lhe fosse necessário, não havia pobreza no mundo e ninguém morreria de fome”.

Mahatma Gandhi.

3 INTRODUÇÃO

Embora seja elevado o volume de água no Brasil é reconhecidamente no semiárido nordestino se registram as maiores dificuldade de acesso a esse recurso em condições adequadas de uso.

Dentre os fatores que revelam a carência de água na região encontram-se:

- i) períodos de longa estiagem;
- ii) temperaturas elevadas, e
- iii) baixa pluviosidade.

A ocorrência desses fenômenos, juntamente com a falta de uma estrutura favorável ao crescimento econômico que possibilitasse a inclusão da população no mercado de trabalho, marcou consideravelmente a região do semiárido nordestino, com o movimento de êxodo rural, que, embora atualmente em menor escala levou parcela da população a se retirar de suas localidades.

A saída dos habitantes, principalmente da zona rural do semiárido em busca de melhores condições de vida em outras regiões, ocorreu em maior proporção do Nordeste para o Sudeste haja vista ser esta uma região contemplada, desde épocas anteriores, com investimentos significativos para determinarem seu crescimento econômico.

O censo demográfico do IBGE (2010) assinala que no período de 2000 a 2010, destarte a busca pela região norte, tem desacelerado a taxa de crescimento migratório da

área rural para área urbana, considerando, principalmente, as ações dos programas sociais na região.

Esses conformam os incentivos para fixar a população na região do semiárido, e são realizados através de programas institucionais, tais como para a oferta de água, que a partir do seu uso em atividades domésticas, comerciais, agrícolas ou industriais exige também a implementação de medidas que assegurem o lançamento da água servida sem causar danos.

Isso impõe a necessidade de incorporar às ações públicas responsáveis pelo abastecimento de água, a ação complementar do tratamento das águas residuais que por sua vez ainda possibilitam a reutilização da água presente nos esgotos, cujo volume é bastante significativo.

Pressupondo-se que a região do semiárido do nordeste brasileiro, em particular, no estado do Rio Grande do Norte, oferece condições necessárias à implementação de Sistemas de Tratamento de Esgoto com o objetivo de produzir água de reúso, neste CAPÍTULO III, apresenta-se um quadro das principais características da região e um estudo de caso da aplicação da tecnologia *Wetland* de tratamento de esgoto.

O estudo de caso retrata o trabalho realizado no município de Parelhas, no Estado do Rio Grande do Norte, que registrou a viabilidade de sua aplicação com o uso da água de reúso obtida através do Sistema *Wetland* Construído.

No SWC o efluente da Lagoa de Estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do município, após ser tratado, foi utilizado no processo de fertirrigação, enquanto as gramíneas, componentes do SWC, serviram de ração para bovinos criados na área do entorno da ETE.

O estudo realizado durante a fase do trabalho de aplicação da tecnologia de tratamento consistiu de análises da qualidade do efluente tratado, das condições como ocorreram, e a produção e avaliação bromatológica das gramíneas utilizadas no Sistema *Wetland* Construído.

Os resultados foram suficientes para suscitar a investigação quanto a possibilidade de agregar o sistema de tratamento às políticas públicas elaboradas com o objetivo de prover a região para alavancar seu desenvolvimento a partir de sua ampliação e inserção nas práticas cotidianas. Com a oportunidade do aproveitamento dos esgotos domésticos, e consolidação desse mecanismo, acredita-se que o mesmo traz benefícios ao meio ambiente e a economia, principalmente nessa região no interior do estado do Rio Grande do Norte.

3.1 O Semiárido do Brasil

O Ministério da Integração Nacional (MI), em 2005, realizou estudos sobre o Semiárido Brasileiro alterando a configuração então existente, de modo que no novo espaço geográfico (Figura 3.1) estariam as localidades e regiões nas quais fossem registradas:

- precipitação pluviométrica, em média, inferior a 800 mm;
- índice de aridez, de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico de precipitação e evapotranspiração potencial, do período de 1961 a 1990; e
- risco de seca acima dos 60%, com base no período de 1970 a 1990.



Figura 3.1 - Nova delimitação do Semiárido brasileiro.

Fonte: Ministério da Integração (2005).

Após os estudos e o levantamento das condicionantes que determinam o semiárido brasileiro a nova área passou a ter uma abrangência de 969.589,9 km²

contando com parte do estado de Minas Gerais, e, em maior parcela, das localidades da região Nordeste.

Na semiárido há predominância solar, e os períodos de chuva são curtos, o que podem significar, para alguns, barreiras ao crescimento da economia e desenvolvimento. Porém, as condições presentes na região, como a escassez de água, devem ser consideradas barreiras passíveis de superação, não se conformando como impedimentos aos projetos. Em outras regiões do planeta com as mesmas características do Semiárido brasileiro são desenvolvidas atividades produtivas com o uso de seus recursos naturais trazendo resultados favoráveis (EMBRAPA, 2010).

Isto traduz a necessidade urgente de uma cobrança da sociedade por uma gestão pública que promova ações visando o aproveitamento do potencial de recursos regionais assegurando que não ocorra a sua exaustão e danos.

Cabe registrar que nas três últimas décadas as ações políticas direcionadas à redução da escassez têm sido realizadas através de programas que objetivam a distribuição de água à população, motivada principalmente pelo fenômeno de crescimento da urbanização do semiárido.

Essas ações mostram a necessidade de superação das adversidades locais, minimizando o fenômeno de migração da população mais fortemente relacionada aos eventos climáticos extremos de seca. Tais ações também são de grande importância na medida em que contribuem com o desenvolvimento e o crescimento econômico através da geração de emprego e renda a partir da vocação regional.

A implementação de políticas públicas com soluções para o desenvolvimento da região, principalmente, no que tange à disponibilidade de água, em geral, encontram-se ancoradas nas unidades federativas e municipais, bem como em órgãos federais tais como:

- Ministério da Integração;
- Ministério do Meio Ambiente;
- Ministério das Cidades, e
- Ministério da Ciência e Tecnologia.

A melhoria da qualidade de vida de algumas comunidades, considerando a disponibilidade de água como recurso essencial para a sobrevivência do ser humano e das atividades econômicas da região do semiárido, tem sido evidente e suprida através de ações advindas de programas como:

- Proágua Semiárido;
- Despoluição de Bacias Hidrográficas (Prodes);
- Água Boa;
- Água Doce;
- Programa de instalação de 1 Milhão de Cisternas (P1MC); e
- Programa Uma Terra e Duas Águas para o Semiárido Sustentável P1+2 .

Ressalta-se ainda o Projeto de Transposição do Rio São Francisco que é motivo de discussão quanto ao seu objetivo e viabilidade. A polêmica instaurada traz revelações que imputam ao projeto tanto o atendimento das questões sociais como econômicas.

Sob o aspecto social é considerado um projeto de longa data, atualmente em execução, cuja característica relevante é a disponibilidade de água para suprimento das demandas no semiárido, em locais onde é difícil o acesso.

No que tange ao impacto ambiental há opiniões contrárias ao movimento da transposição que apontam a preocupação com as condições ora existentes no rio de assoreamento e retirada da mata ciliar, e da possibilidade de prejuízos futuros advindo de ocorrências tais como a redução da vazão do rio, conforme já aconteceu em situações semelhantes em outras regiões. Em todo caso o projeto deve se orientar a: revitalização do Rio, com acompanhamento permanente das ações de recuperação; promover os comitês de sub-bacias para gestão; e monitorar permanentemente a qualidade das águas da bacia do Rio São Francisco (TUNDISI, 2008)

Outra política pública que marcou a década de 1970, apresentada como uma alternativa para o semiárido foi a construção de barragens e açudes. Mais de 70 mil açudes entre pequenos, médios e grandes foram construídos para armazenagem e uso nos períodos de seca, principalmente no setor agrícola.

A dinâmica de instalação dos perímetros de irrigação, por equívocos de projetos ou falta de conhecimentos técnicos, afetou negativamente as áreas dos perímetros irrigados com elevado nível de salinidade trazendo barreiras à continuidade dos empreendimentos, principalmente considerando os altos custos necessários à recuperação dos solos.

Isso mostra que as propostas para a região do Semiárido devem ser firmadas com bases sustentáveis, considerando que os investimentos são significativos e as externalidades negativas, até então ocorridas, devem ser evitadas. Há necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as potencialidades e o perfil socioeconômico e

ambiental da região para que possam embasar a construção das propostas que aproveitem os recursos disponíveis na região, com acompanhamento técnico especializado.

Os habitantes do Semiárido nordestino, principalmente residentes na área rural, historicamente têm se mostrado fortes ao convívio na região com a espera da chuva (e de promessas políticas) para realizar as atividades produtivas na agricultura, e em menor escala na pecuária.

Neste contexto, é imperativo que os gestores públicos analisem criteriosamente as propostas para o semiárido destinando os recursos financeiros para ações que interajam e se conformem como incentivos à viabilização dos programas de desenvolvimento da região.

Devem ser garantidas as condições necessárias de sobrevivência da população, principalmente a disponibilidade de água para assegurar uma existência saudável dos habitantes bem como, sua inclusão no processo de crescimento e desenvolvimento da região.

A esse respeito, a Constituição Federal de 1988 (CF/88) estabelece que:

“Os incentivos regionais compreenderão, além de outros, na forma da lei, prioridade para o aproveitamento econômico e social dos rios e das massas de águas represadas ou represáveis de baixa renda, sujeitas a secas periódicas, e nessas áreas a União incentivará a recuperação de terras áridas e cooperará com os pequenos e médios proprietários rurais para o estabelecimento, em suas glebas, de fontes de água de pequena irrigação”.

Os projetos de aproveitamento de água de chuva, de águas salobras, de água de reúso têm sido realizados com apoio das entidades fomentadoras, sob a responsabilidade de órgãos públicos. Neste contexto, ressalte-se a participação da Empresa Brasileira de Pesquisas Agrárias (EMBRAPA) e Universidades no desenvolvimento de trabalhos, pesquisas em busca de alternativas viáveis para superação dos empecilhos onde se registra escassez de água, como é o caso de parcela significativa do semiárido nordestino.

As avaliações de diversos trabalhos experimentais mostram que parte das populações inseridas na área de abrangência desses programas têm sido atendida, e que a viabilidade de sua implementação deve estar ancorada nas políticas públicas estruturantes.

Além disso, verifica-se que o incentivo ao plantio de diversas culturas, principalmente em áreas que compõem a região do Semiárido aonde já existe um

processo de desertificação em curso, é uma forma de contribuir com a política de enfrentamento ao aquecimento do planeta. Tem-se a oportunidade de reduzir a crescente degradação dos solos que em grande parte advém da retirada da mata nativa para uso como fonte de energia em atividades do setor produtivo, a exemplo da queima de lenha na indústria de cerâmicas vermelhas, um dos setores que tem crescimento gradativo para atendimento de demandas para a construção civil.

Nesse contexto, uma contribuição fundamental visando estabelecer o equilíbrio do ecossistema da região do semiárido é recompor a área desmatada com florestas plantadas que sejam irrigadas com a água de reúso produzida com os Sistemas *Wetlands* Construído nas estações de tratamento de esgotos.

3.2 Estudo de Caso: SWC em Parelhas

3.2.1 Município de Parelhas

O SWC utilizado para tratamento de esgotos domésticos e obter de água de reúso, objeto desse estudo, foi instalado na ETE da Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte, em Parelhas, município incluído na área de planejamento do estado, denominada Zona homogênea³² de Currais Novos.

O município tem coordenadas geográficas: Latitude 6°40'54,25" e Longitude de 36°39'48,96", e a umidade relativa média anual fica abaixo dos 64%, com uma precipitação pluviométrica média anual de 450 mm, mais significativa nos meses de fevereiro, março e abril.

O clima é muito quente e árido com 18 meses sem a ocorrência de chuvas em períodos de secas extremas. As temperaturas máxima e mínima chegam a 32°C e 18°C, respectivamente, para 2.400 horas de insolação. A temperatura média registrada na região é de 27,5°C (SANTOS, 2004, p. 42).

O município de Parelhas, que se encontra a 232 km de distância da capital (Figura 3.2), foi desmembrado do município de Jardim do Seridó conforme a Lei n° 630, de 8 de novembro, do ano 1926°, e ocupa uma área de 513 km², que corresponde a 0,97% da área do Estado. Entre os 167 municípios do estado ocupa a 14ª posição no

³² Zona Homogênea – considera-se Zona homogênea a região onde estão localizados os municípios cujas condições físicas, geográficas e socioeconômicas se assemelham e exigem a implementação de políticas para a região integralmente.

ranking de desenvolvimento, com 3.206 domicílios conectados à rede geral de esgotos, e 3.737 contam com a coleta regular de lixo.

De acordo com o IBGE (2010) o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município é 0,704 e a esperança de vida ao nascer é de 70 anos.

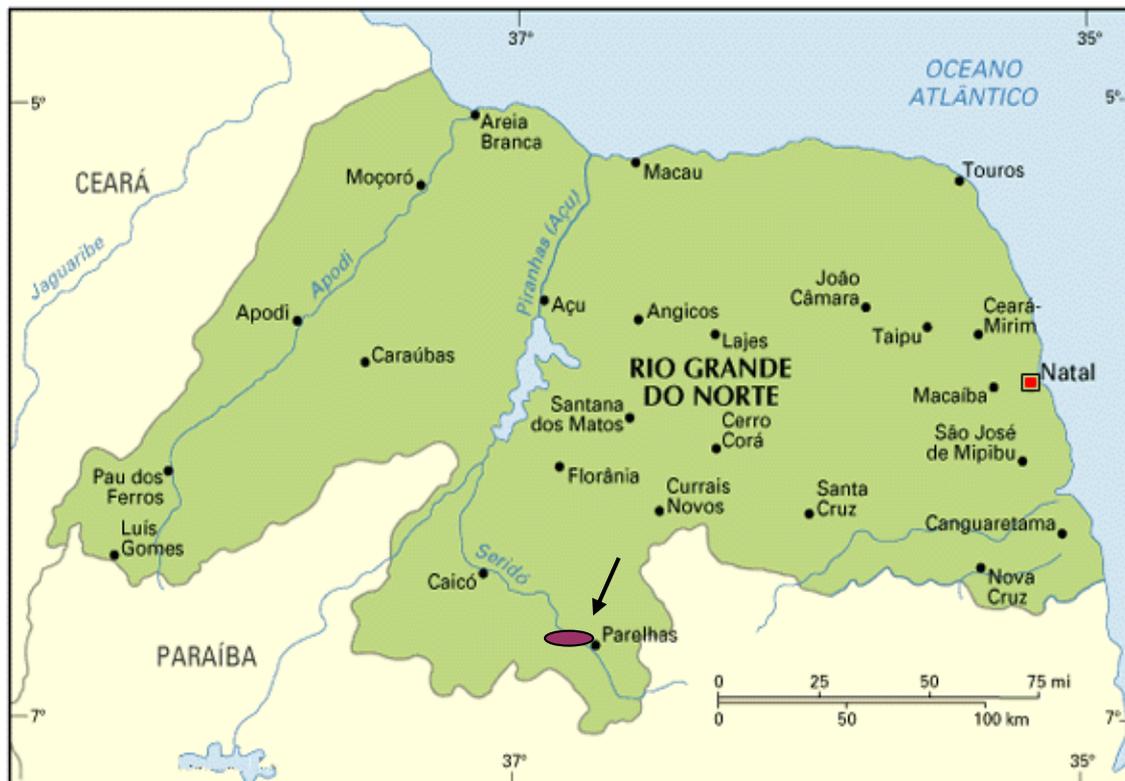


Figura 3.2 - Situação geográfica de Parelhas – RN.
Fonte: GUIANET (2004).

Parelhas tem uma população de 20.347 habitantes, sendo 17.077 residentes na zona urbana e 3.270 na área rural (IBGE, 2010). Desta população 79,30% são alfabetizados, e no município existem 8 estabelecimentos de ensino pré-escolar, 25 de ensino fundamental e 3 de ensino médio.

O setor de saúde conta com 16 estabelecimentos distribuídos entre um hospital, uma unidade mista, uma policlínica, um laboratório, 12 postos de saúde e 37 leitos, e em 2007 foram registrados 228 casos de dengue, 2 hepatites virais, 2 meningites, 1 sífilis em gestante e 3 tuberculoses.

Na área habitacional são 4.864 domicílios permanentes, 3.944 urbanos e 920 rurais (IDEMA, 2008). Em se tratando da distribuição de água são 3.352 domicílios abastecidos por rede geral de água, 582 poços e nascentes, e 930 de outras fontes.

De acordo com o Plano Nacional de Combate a Desertificação³³ (PNCD) o município de Parelhas localiza-se na categoria considerada muito grave em relação a área susceptível de desertificação que se agrava na medida em que parte considerável da economia do município utiliza como fonte energética no processo de produção lenha extraída da região.

O estudo do diagnóstico do uso de lenha nas atividades agroindustriais no Território Seridó³⁴, registra que em 2008 foram utilizados mensalmente cerca de 22.747 metros estéreis³⁵ extraídos da caatinga e de espécies exóticas na região, sendo que 7.552 metros estéreis foram consumidos em Parelhas.

De acordo com o Instituto de Desenvolvimento de Meio Ambiente do Estado (IDEMA) os produtos da agropecuária, registrados no município, conforme apresentados nas tabelas 3.1 e 3.2 são considerados de pequena escala. Isso reflete a situação do município e a necessidade de investimentos para melhorias das condições no que concerne ao crescimento econômico e desenvolvimento da região.

Tabela 3.1 – Principais produtos, área e produção em Parelhas - 2006.

Produto	Área Colhida (hectares)	Produção (toneladas)
Feijão	255	77
Tomate	2	80
Castanha de caju	10	4
Coco-da-baía	12	48
Goiaba	11	44
Manga	13	104
Banana	4	51
Mamão	3	132
Limão	1	3
Batata doce	15	150

Fonte: IDEMA (2010).

³³ Desertificação – O Plano Nacional de Combate à Desertificação define desertificação como a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultantes de fatores como variações climáticas e atividades humanas.

³⁴ Território Seridó - Corresponde à região formada por 25 municípios do RN: Jucurutu e os demais 24 localizados nas microrregiões Seridó Oriental, Seridó Ocidental e Serra de Santana.

³⁵ Metros estéreis – Unidade de medida para empilhamento de madeira correspondente ao volume sólido acrescentado dos espaços vazios.

Tabela 3.2 - Quantidade de animais e produtos em Parelhas - 2006.

Animais	Quantidade
Bovinos	8.567
Suínos	1.327
Eqüinos	131
Asininos	164
Muares	54
Ovinos	3.304
Caprinos	3.545
Leite (1.000 litros)	2.347
Ovos de galinha (1.000 dúzias)	47
Mel de abelha (kg)	1.106

Fonte: IDEMA (2010).

Em Parelhas, também são encontrados minérios, tais como: água marinha, berita, berílio, caulim, feldspato, nióbio, tungstênio, além da argila cerâmica vermelha ou cerâmica estrutural usada na construção civil tais como tijolos e telhas, cuja quantidade produzida faz o município ser conhecido como a Capital da Telha no Seridó, aonde, em 2009, circulou mais de um milhão de reais por mês nesta atividade o que para a região é significativo.

Os estudos hidrológicos da região mostram a existência de:

- um aquífero Cristalino aonde há captação em poços de até 60 m com vazão média inferior a 3,05 m³/h que, em geral, correspondem a águas restritas para uso agrícola e consumo devido ao teor de salinidade entre 480 mg/litro a 1.400 mg/litro, e
- um aquífero aluvião constituído por sedimentos nos leitos dos rios e riachos de maior porte, que tem em média 7 m de profundidade, com água de significativa qualidade.

Nas práticas agrícolas é utilizada a força humana e tração animal com implementos agrícolas simples de médio e baixo nível tecnológico.

Considerando as limitações de água e de restrições às máquinas agrícolas, devido à pequena espessura do solo, a vegetação natural em Parelhas apesar se sua preservação vem sendo utilizada de maneira precária, principalmente na pecuária extensiva.

Os principais corpos de preservação (Tabela 3.3) são rios, riachos e açudes, e os cursos d' água têm regime intermitente e padrão de drenagem do tipo dendrítico³⁶ (CPRM, 2005).

Tabela 3.3 - Açudes com capacidades maiores do que 100.000 m³.

Públicos	Comunitários	Rios e/ou riachos	Capacidade (m³)
Boqueirão de Parelhas		Rios Seridó e das Vazantes	85. 012. 000
Caldeirão de Parelhas		Riacho dos Quintos	10. 195. 000
Cantinho da cobra		Riacho da Dispensa	373. 440
Dinarte Mariz			400. 000
	Algodão	Riacho dos Grossos	200. 000
	Boa Vista dos Negros		500. 000
	Cachoeira	Riacho da Areia	200. 000
	Barragem da Cachoeira		300. 000

Fonte: IDEMA (2008).

Conforme mostra a tabela 3.4, em 2007, a CAERN e COSERN atenderam a um consumo de energia elétrica de 15.679 kW/h e 791.845 m³ de água, respectivamente.

Tabela 3.4 - Consumo de Energia Elétrica e de Água em Parelhas - 2007.

Classe	Energia Elétrica		Água	
	Consumo (kW/h)	Consumidores (Nº de domicílios)	Volume aturado (m ³)	Economia ativa
Residencial	5.464	5.783	705.908	4.438
Comercial	1.347	1.347	23.992	144
Industrial	5.772	80	1.908	12
Rural	1.227	640	340	3
Poder público	576	104	59.707	165
Iluminação Pública	757	15	-	-
Serviço Público	508	6	-	-
Consumo próprio	28	1	-	-
Total	15.679	7.976	791.845	4.762

Fonte: IDEMA (2010).

³⁶ Dendrítico – Corresponde a um padrão de drenagem cujo desenho é semelhante às ramificações de uma folha vegetal.

3.2.2 Componentes do SWC em Parelhas

Para se estabelecer uma política de crescimento econômico os gestores públicos buscam apoio político e o embasamento teórico que justifique as ações propostas para atendimento da política. Em geral a sustentação das propostas advém do conhecimento empírico científico cuja viabilidade tenha sido comprovada em trabalhos realizados com essa finalidade.

O Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (LARHISA) do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), tem desenvolvido projetos com o objetivo de disponibilizar os conhecimentos de técnicas e tecnologias que possam ser aplicadas em benefício de uma prática ambientalmente segura e economicamente viável.

No que tange a problemática da disposição da água de reúso para irrigação foi posto em prática o projeto de uso da tecnologia de tratamento de esgoto doméstico realizado com o Sistema *Wetland* Construído, na Estação de Tratamento de Esgotos da CAERN, na cidade de Parelhas.

O trabalho contou com a participação de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e CAERN, que acompanharam as etapas previstas no projeto de acordo o cronograma estabelecido. Isto exigiu deslocamentos até o município desde a construção física das instalações ao final da etapa do projeto, passando por coletas das amostras, análises e resultados dos parâmetros Nitrogênio, Fósforo, Demanda Biológica de Oxigênio, dentre outros.

No trabalho foi analisada a qualidade do esgoto tratado com a tecnologia no Sistema *Wetland* Construído, a produção de capim Andrequicé utilizado como forragem animal e a fertirrigação no cultivo de milho do tipo híbrido *Zea Mays*.

No Sistema foi utilizado o efluente da lagoa de estabilização da ETE e o capim andrequicé, cultivado na unidade, depois submetido à análise quanto ao teor de nitrogênio na matéria seca e disposto como ração para os animais.

3.2.2.1 A estação de tratamento de esgotos

O trabalho realizado em Parelhas se concentrou na Unidade *Wetland*, em escala real, localizada na área urbana do município, próxima de uma das Estações de

Tratamento de Esgotos (ETE) que opera sob a responsabilidade do escritório regional da CAERN no município de Caicó.

A ETE possui uma unidade de tratamento preliminar composta por:

- duas grades de barras;
- duas caixas de areias; e
- duas calhas Parshall para remoção dos sólidos grosseiros e areia.

Conforme mostra a figura 3.3 a Unidade *Wetland* para aplicação da tecnologia de tratamento foi construída na área adjacente à Lagoa Facultativa Primária da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da CAERN.



Figura 3.3 – Imagem da Unidade *Wetland* em Parelhas/RN (2011).

Fonte: CAERN (2004).

A vazão afluyente para alimentar a lagoa facultativa primária se distribuiu em dois pontos distintos paralelos, e parte do efluente da lagoa de estabilização foi direcionada à unidade *Wetland* onde ocorreu o processo de tratamento. A parcela maior do efluente da lagoa é lançado no leito do rio conforme previsto na construção da ETE.

A destinação que é dada ao efluente dessa lagoa não é muito diferente de outras no estado, sendo imperativo que se assegure o funcionamento eficiente do processo de

tratamento considerando que a ausência desse tratamento tem causado impactos ambientais negativos tais como a degradação de solos e a contaminação de rios, corpos receptores do efluente da ETEs.

O esquema geral elaborado para instalação e funcionamento do SWC é composto pela ETE, a Unidade de tratamento (Alagado Construído), o campo de pesquisa do cultivo do milho e outros componentes, conforme mostra a figura 3.4, incluindo a lagoa de estabilização.

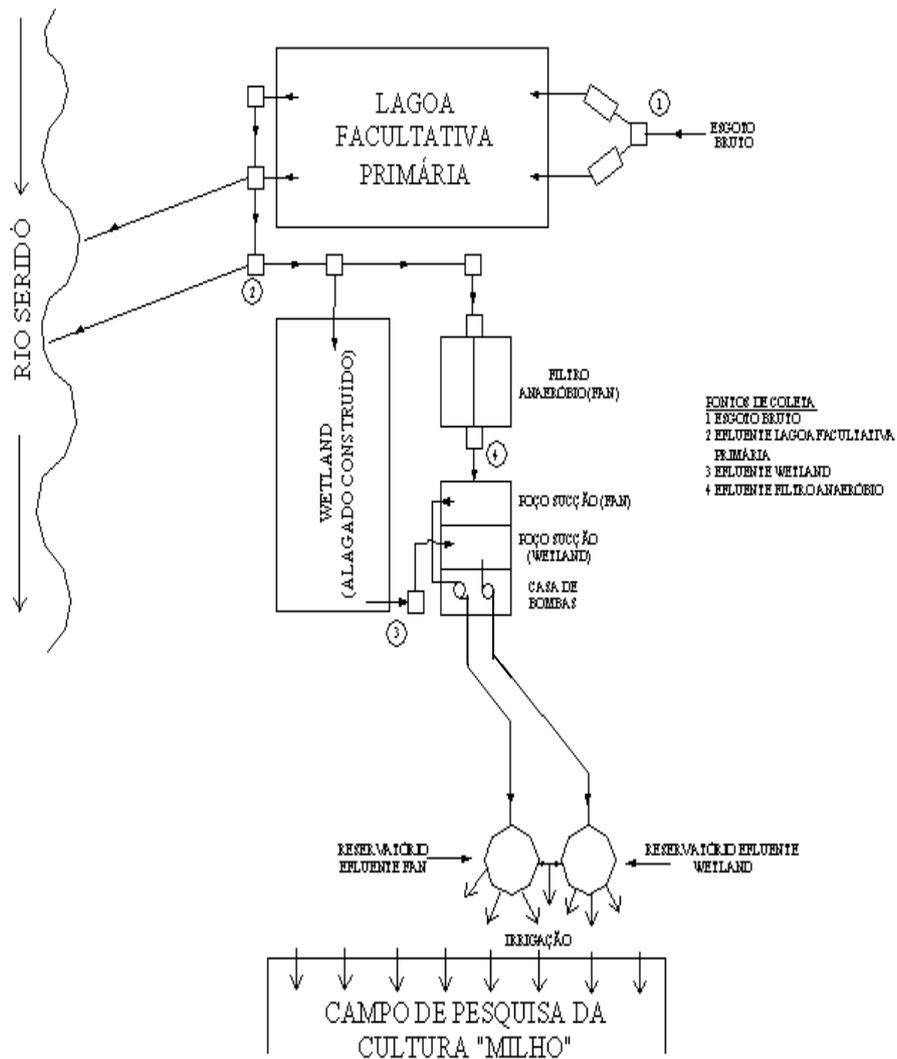


Figura 3.4 – Esquema Geral da Instalação da Unidade *Wetland*.
 Fonte: SANTOS (2004).

A lagoa facultativa primária, mostrada na figura 3.5, tem 50 metros de largura, 100 metros de comprimento e 1,3 metros de altura útil média.

Do volume de 6.500 m³ de esgoto, uma parte era distribuída para a unidade *Wetland* visando o tratamento com a remoção de Nitrogênio e Fósforo.

O sistema foi construído para atendimento de uma contribuição de 7.000 habitantes e uma vazão média considerada da ordem de 55 m³/h de esgotos domésticos admitindo-se um tempo de detenção hidráulica (TDH) na ETE previsto para 5 dias.



Figura 3.5 – Foto da Lagoa Facultativa Primária da ETE em Parelhas/RN (2005).
Fonte: Arquivo pessoal (2005)

3.2.2.2 A unidade *Wetland*

A unidade *Wetland* foi construída de tal modo que topograficamente estivesse em um nível mais baixo do que a lagoa de estabilização para que ocorresse o fluxo do efluente por gravidade.

A construção considerou uma declividade ao longo de seu comprimento de 1% correspondendo a um tabuleiro inclinado, confinado em lona de polietileno de 200 micra, nas dimensões de 28 metros por 15 metros.

O capim andrequicé (Figura 3.6) foi a cultura utilizada e distribuída uniformemente na unidade de dimensões:

- i) comprimento 30 m;
- ii) largura 15 m; e altura útil 0,50 m.

O Tempo de detenção hidráulica era de, aproximadamente 7 dias e a vazão afluente na Unidade *Wetland* 30 m³/dia, captada da lagoa de estabilização.

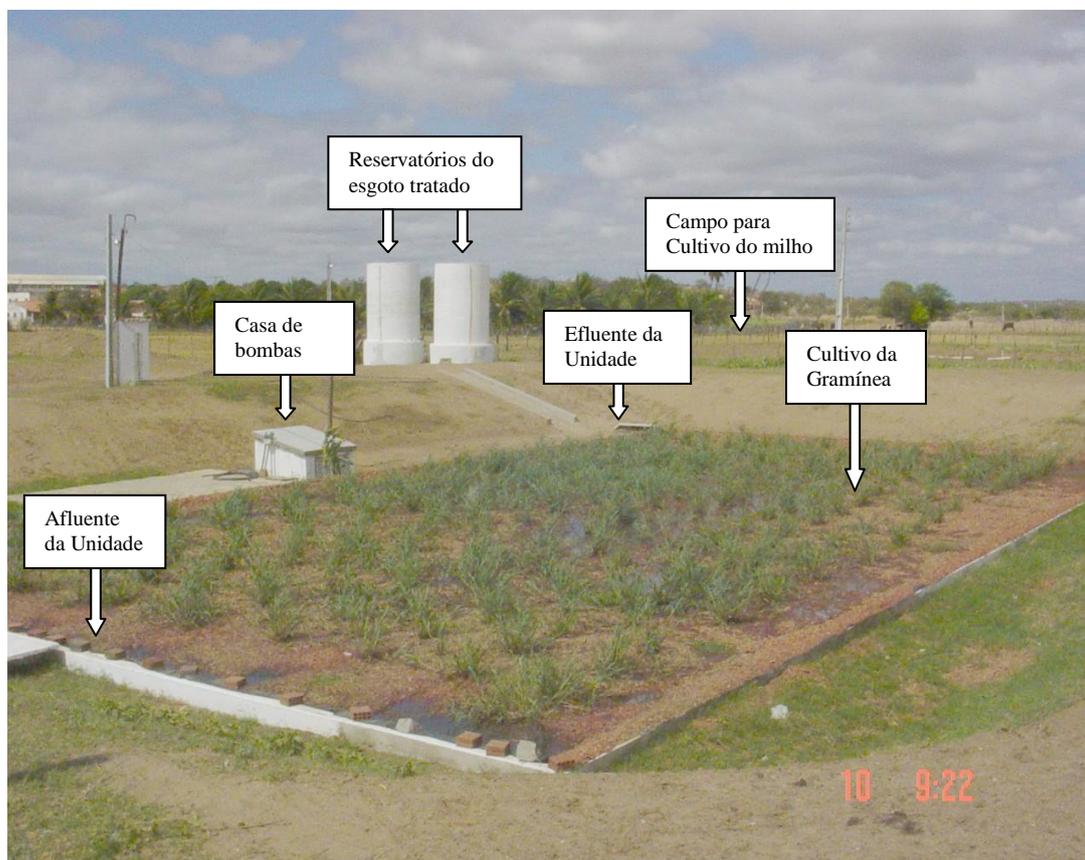


Figura 3.6 – Foto da Unidade *Wetland*.
Fonte: Dinarte Aéda (2004).

3.2.2.3 Substrato cerâmico

Considerando a existência significativa de rejeitos da produção de cerâmica vermelha que descartados por olarias e indústrias na região, esses foram utilizados como substrato na unidade, sendo analisados quanto a sua eficiência no sistema de tratamento.

Ao serem avaliados os resultados verificou-se que houve vantagem utilizar os rejeitos como substrato no sistema na medida em que o funcionamento não foi prejudicado e se reduziu o custo do investimento e mitigou o impacto ambiental negativo causado pela disposição inadequada desses rejeitos.

A utilização de cacos de telhas e restos de tijolos advindos das cerâmicas, além da facilidade de aquisição na região e dos resultados favoráveis no tratamento do esgoto, mostram-se como uma contribuição relevante haja vista que na literatura são raros os registros desse material na composição do substrato da Unidade *Wetland*.

O substrato foi composto então por esses rejeitos de telhas cerâmicas lavado, cujas espessuras, em média, se encontravam entre 12,5 mm a 25,0 mm (SANTOS, 2004, p. 44), dispostos na unidade *Wetland* como mostra a figura 3.7.

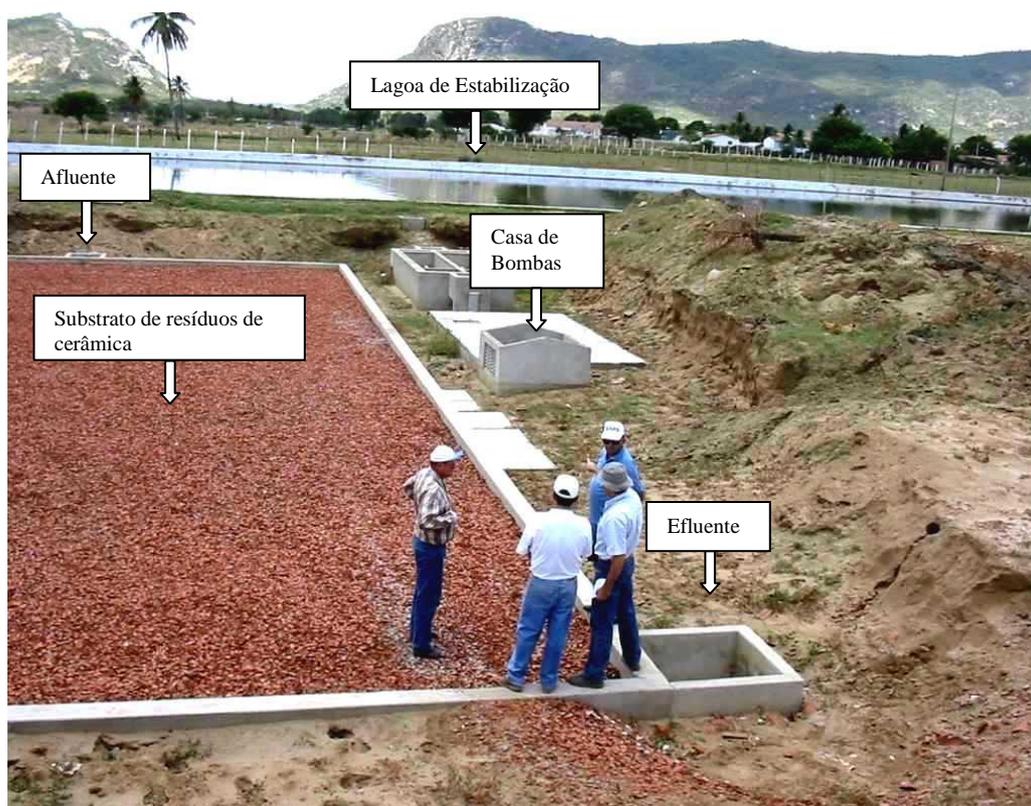


Figura 3.7 - Foto da unidade com o Substrato Cerâmico.

Fonte: Dinarte Aéda (2004).

3.2.2.4 Vazão do projeto

A vazão afluente se distribuía na unidade através de um conduto forçado superficial de 75 mm de diâmetro e 14 m de comprimento, com furos de 6,35 mm, espaçados a cada 2 m, sendo a coleta realizada através de um tubo de 100 mm de diâmetro, de 15 m de comprimento, perfurado e recoberto.

Já o efluente no ponto final ao longo da Unidade *Wetland* era disposto em uma caixa de alvenaria, e através de tubo vertical flexível (Figura 3.8), era regulado o nível do efluente na unidade.

As vazões de entrada e saída da Unidade *Wetland* foram monitoradas durante o desenvolvimento do projeto sendo esta uma de suas condicionantes.

Em diversas ocasiões houve a necessidade de intervir para providenciar o desbloqueio do esgoto nos dutos como também orientar os operadores do sistema para assegurar que a vazão se mantivesse contínua.

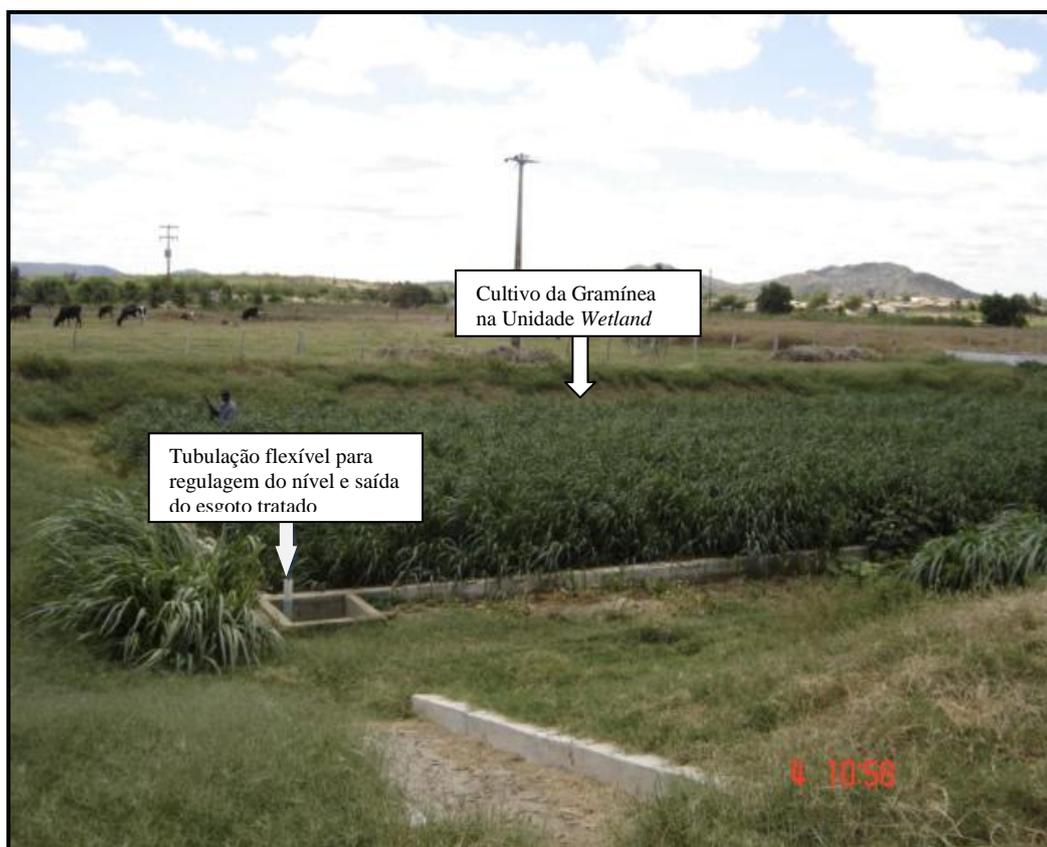


Figura 3.8 - Foto da Unidade *Wetland* com o Regulador de Nível.

Fonte: Arquivo pessoal.

3.2.3 Custos de instalação do SWC

Para a construção da parte física do Sistema *Wetland* Construído devem ser investidos recursos em serviços preliminares, tais como:

- i) movimentação da terra e área a ser construída;
- ii) parte estrutural, aquisição e instalação de dutos;
- iii) revestimentos, transporte de material, e outros serviços.

Conforme mostra a tabela 3.5, o orçamento básico de uma unidade *Wetland* de fluxo subsuperficial com os mesmos padrões da unidade construída em Parelhas, em 2004, era de aproximadamente R\$ 20 mil.

Tabela 3.5 - Orçamento básico da Unidade *Wetland* - 2004.

Serviços	Discriminação	Unidade	Quantidade	Preços (R\$)	
				Unitário	Total
Preliminares	Desmatamento manual em vegetação rasteira	m ³	399	0,19	75,81
	Limpeza do terreno	m ³	399	0,62	247,38
	Locação do empreendimento	m ³	399	1,71	682,29
Trabalhos em terra	Escavação manual de até 1,5 m de profundidade	m ³	113	3,93	444,09
Fundações	Concreto não estrutural com betoneira inclusive em laje	m ³	19,80	194,86	3.858,23
Estruturas	Concreto armado aparente para pilares FcK = 20 MPA, inclusive lançamento	m ³	0,17	868,99	147,73
Alvenaria	Alvenaria de elevação aparente em tijolo maciço de 20 cm, assentado com argamassa de cimento e areia	m ³	62,0	38,47	2.385,14
Revestimento	Impermeabilização de áreas sujeitas a infiltrações com argamassa de cimento e areia (traço 1:3) e impermeabilizante, com espessura de 30 cm	m ³	124,00	14,06	1.743,44
Pintura	Caiação em paredes externas com três demãos	m ³	124,00	1,96	245,52
Tubos, caixas e poços	Aquisição e assentamento de tubos e conexões de PVC e PBS de 100 mm, para esgoto	m	48,00	5,48	263,04
	Caixas em alvenaria, de 0,80m x 0,80 m por até 1,0 m de profundidade, sem tampas.	Uma	2,00	123,43	246,86
Diversos	Tela de arame de diâmetro 42 mm, espaçados 20cm e soldável				1.750,00
	Fornecimento e colocação de brita n ^o 03 (30 a 60 mm)	m ³	9,84	46,27	455,30
	Fornecimento e colocação manual de areia grossa selecionada de 1 a 1,5 mm	m ³	236,16	28,74	6.787,24
TOTAL					19.332,07

Fonte: CAERN (2004).

3.2.4 Parâmetros e procedimentos metodológicos

Para garantir que o sistema apresentasse desempenho satisfatório, conforme planejado no projeto houve visitas técnicas e ajustes quando necessários, além das coletas quinzenais, com as amostras sendo encaminhadas para análises laboratoriais.

Os parâmetros químicos, físicos, bacteriológicos, bromatológicos e nutricionais objetos da análise corresponderam a:

- Demanda Biológica de Oxigênio (DBO);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Oxigênio Dissolvido (OD);
- Potencial Hidrogeônico (pH);
- Dióxido de Nitrogênio (NO₂);
- Nitrato (NO₃);
- Fósforo (P);
- Temperatura;
- Precipitação pluviométrica;
- Coliformes Fecais (CF);
- Teor de Nitrogênio na Matéria Seca (MS);
- Proteína Bruta (PB);
- Produção de Forragem.

Foram seguidos os procedimentos metodológicos indicados para coleta, acondicionamento e transporte das amostras, para assegurar a confiabilidade dos resultados das análises de cada um dos parâmetros destacados.

As amostras foram coletadas conforme orientações laboratoriais dispostos na APHA, no horário compreendido entre 10 e 12 horas, a cada 15 dias, nos pontos previamente programados, com localização no:

- i) Afluente Bruto da Lagoa Facultativa;
- ii) Afluente e Efluente da Unidade *Wetland*; e,
- iii) na cultura do Capim.

Os procedimentos da Análise foram realizados de acordo com o método SEMI-MICRO KJELDHAL (APHA, 1995).

3.2.4.1 Coletas

Sistemática da coleta do capim

Foram coletadas as amostras A1, A2 e A3 compostas das coletas do capim extraídas nos pontos A, B, C, D, E, F, G, H e I, como se vê na figura 3.9, distribuídos na Unidade *Wetland* e assim identificadas:

- A1 - uma composição de amostras uniformes coletadas nos pontos A, B e C, alinhados horizontalmente a 1,0 m de distância da linha de entrada do esgoto na unidade (Afluente *Wetland*), com A e C, afastados 1,0 m das laterais e B no centro;
- A2 - uma composição dos pontos D, E e F, localizados no meio da unidade e alinhados paralelamente em relação à linha formada pelos pontos da composição A1. Os pontos D e F se encontravam afastados 1 m das laterais da unidade e o ponto E no centro;
- A3 - composta dos pontos G, H e I, alinhados horizontalmente afastados 1,0 m da linha que determinava o término da Unidade *Wetland* com os pontos G e I, afastados das laterais mais próximas 1,0 m e H, no centro.

Durante as coletas as culturas eram cortadas a uma altura de 10 cm do solo, e após as amostras compostas (A1, A2 e A3) eram acondicionadas e conduzidas da cidade de Parelhas, ao Laboratório de Análises Físico Química do Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFRN.

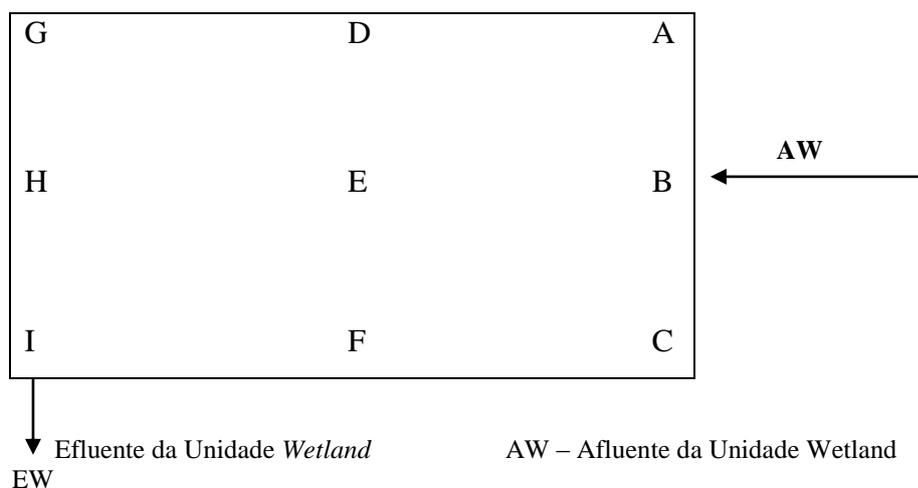


Figura 3.9 - Distribuição dos Pontos de Coletas das amostras EW, AW, A1, A2 e A3.

3.2.4.2 Matéria seca e proteína bruta

A Matéria Seca (MS) e Proteína Bruta (PB) são as principais frações do alimento que devem ser obtidas em uma análise bromatológica, sendo que a Matéria Seca (MS) representa o peso do material analisado totalmente livre de água, extraída em estufa de ventilação forçada.

É um dado de extrema importância, principalmente quando obtido de alimentos volumosos, que normalmente apresentam umidade variável. Os valores de matéria seca facilitam a comparação qualitativa dos diversos nutrientes, entre diferentes alimentos.

A composição dos alimentos em tabelas, o cálculo das necessidades dos animais e o consumo de alimentos são expressos em termos de Matéria Seca, tornando-se o ponto de partida da análise dos alimentos.

Já a Proteína Bruta (PB) representa o requerimento protéico e, assim como o energético, é de fundamental importância para bovinos. A deficiência de um ou de ambos limitará a produção animal.

A proteína, normalmente, é suplementada através dos concentrados e para que ocorra uma suplementação adequada de um balanceamento correto da dieta, torna-se necessário o conhecimento do real valor nutritivo.

O termo Proteína Bruta envolve grande grupo de substâncias com estruturas semelhantes, porém com funções fisiológicas diferentes (SILVA, 2002, p. 58).

O Método usado para as análises feitas, desde 1864 é o método *Weende*, e através dele tem-se a análise proximal dos alimentos.

As técnicas ainda são quase as mesmas com exceção para o Nitrogênio, que é feito pelo método Kjeldahl (SILVA, 2002).

A utilização dessa análise clássica, em geral, visa obter informações sobre os componentes dos alimentos:

- i) Matéria Seca;
- ii) Proteína Bruta;
- iii) Gordura ou Extrato Etéreo;
- iv) Fibra Bruta;
- v) Extrato não-nitrogenado; e
- vi) Cinza ou matéria mineral.

Análise da matéria seca

A Amostra Seca ao Ar (ASA), conforme a própria terminologia indica, corresponde a uma amostra que é seca ao ar sem uso de estufa ou outro dispositivo secante. A amostra pré-seca ou parcialmente seca, refere-se à Matéria Seca inicial de uma amostra que é seca em estufa, cuja temperatura, normalmente se encontra entre 55 °C a 60 °C, ou em forno de microondas a menos da secagem total.

Para fins práticos esse procedimento é considerado igual ao da amostra seca ao ar, representando a não-retirada de toda a água da amostra.

Nos procedimentos de pré-secagem, Matéria seca parcial ou 1ª MS: (ASA), utilizam-se os equipamentos:

- i) bandeja inoxidável ou de alumínio 40x60 cm, sacos plásticos ou embalagens de alumínio;
- ii) balança com precisão de 0,1g; e,
- iii) estufa de ventilação forçada

A marcha analítica segue de acordo com a orientação, na qual se deve:

- 1) Numerar e pesar uma bandeja inoxidável ou de alumínio de 40 x 60, em sacos de papel ou embalagens de alumínio;
- 2) Homogeneizar a amostra em um recipiente grande (bacia de plástico);
- 3) Retirar uma quantidade significativa da amostra, colocar na bandeja e registrar o peso;
- 4) Levar para a estufa com ventilação forçada por 48 horas ou peso constante;
- 5) Retirar da estufa e deixar esfriar em temperatura ambiente (24 horas);
- 6) Registrar o peso medido, e
- 7) Determinar o percentual de matéria seca a 60°C, efetuando os cálculos:

$$\%MS_{60^{\circ}C} = \frac{(\text{Peso da bandeja após estufa} - \text{Peso da bandeja vazia})}{(\text{Peso da bandeja com amostra} - \text{Peso da bandeja vazia})} \times 100$$

Os procedimentos para determinar a Amostra Seca a Estufa (105°C) ou 2ª MS: (ASE), que corresponde à retirada de água da amostra se orienta pelo uso dos equipamentos:

- i) estufa de 105°C;
- ii) garra tenaz;
- iii) balança analítica com precisão de 0,0001g;
- iv) dessecador com sílica gel; e
- v) cadinho de porcelana ou recipiente adequado (pesa-filtro ou forminhas de alumínio).

Nesse caso segue-se a marcha analítica:

- 1) Retirar e identificar o cadinho de porcelana ou o recipiente adequado (pesa-filtro ou forminhas de alumínio) da estufa à 105°C, transferir para dessecador, esfriar por aproximadamente 30 minutos, pesar e anotar;
- 2) Adicionar ao cadinho de porcelana, aproximadamente, 2 g de amostra;
- 3) Levar para estufa a 105°C por 4 horas ou até peso constante. (aproximadamente uma noite);
- 4) Retirar o cadinho ou outro recipiente + amostra da estufa e levá-lo ao dessecador por, aproximadamente, 30 minutos, pesar e anotar, e
- 5) Obter o percentual de matéria seca a 105°C efetuando os cálculos:

$$\%MS_{105\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{(\text{Peso do cadinho após amostra} - \text{Peso do cadinho vazio})}{(\text{Peso do cadinho com amostra} - \text{Peso do cadinho vazio})} \times 100$$

Matéria Seca Total

A Matéria Seca total ou secagem definitiva diz respeito ao conteúdo de matéria seca total de uma amostra que já foi parcialmente seca ao ar ou estufa.

Os termos secagem definitiva ou Matéria Seca Total ou Matéria Seca corresponde a uma amostra com a umidade totalmente removida (SILVA, 2002, p. 25)

Para determinar o valor da Matéria Seca Total efetua-se o cálculo:

$$MS = \frac{ASA \times ASE}{100}$$

1.2.4.3 Teor de nitrogênio na matéria seca

O Método Kjeldahl é o método-padrão de determinação de Nitrogênio, principalmente em forragens e consiste em três passos básicos:

- 1) Fazer a digestão da amostra em ácido sulfúrico com um catalisador, que resulta em conversão do Nitrogênio em amônia;
- 2) Fazer a destilação da amônia em solução receptora; e
- 3) Quantificar a amônia por titulação com uma solução padrão.

Pode-se determinar o Nitrogênio pelos processos: Semimicro Kjeldahl, Macro Kjeldahl e o método de Combustão.

No trabalho foi aplicado o processo Semimicro Kjeldahl, que sob o aspecto econômico torna-se mais vantajoso e é utilizado quando se tem uma quantidade de amostra pequena (SILVA, 2002, p.65)

Os procedimentos necessários para determinar o teor de Nitrogênio na Matéria Seca são orientados por:

- 1) Pesar de 300 a 500 mg de amostra seca ao ar e colocar em balão Kjeldahl ou tubo de digestão;
- 2) Adicionar cerca de 2 mg da mistura digestora e de 5 a 10 ml de H_2SO_4 (adicionar 0,5 ml de ácido sulfúrico para cada 0,1 g de gordura ou 0,2 g para outras substâncias orgânicas, se a amostra pesada for maior do que 0,5 g);
- 3) Iniciar a digestão em temperatura de moderada a baixa. Continuar a digestão até alcançar a temperatura máxima (350 °C). Continuar por mais 30 minutos após o clareamento da solução.
- 4) Deixar esfriar e adicionar uma pequena porção de água destilada (20 – 40 ml, dependendo da capacidade do balão ou tubo). Agitar até a dissolução e esfriar.
- 5) Transferir imediatamente o balão ou tubo digestor com amostra digerida para o conjunto de destilação e adicionar 20 ml de NaOH (1+1).
- 6) Colocar no Erlenmayer (250 ml) cerca de 50 ml de água destilada e 20 a 50 ml de ácido bórico a 4% + indicador misto (ou volume estimado de H_2SO_4 0,2 N de acordo com a porcentagem de proteína estimada e 2

- gotas de solução de vermelho-de-metila a 0,1%). Adaptar o Erlenmayer ao conjunto de destilação para receber toda a amônia;
- 7) Destilar por arraste, mantendo o terminal do condensador mergulhado na solução receptora até que toda a amônia seja liberada. O volume do destilado é de aproximadamente 100 ml.
 - 8) Retirar o Erlenmayer, lavar a ponta do condensador com água destilada e titular com HCL 0,1 N até a viragem do indicador misto (verde rosa) ou titular com solução de NaOH 0,2 N até a viragem do indicador (vermelho para amarelo);
 - 9) Fazer um teste branco e um teste com lisina HCL, altamente pura (15,34% N), com o objetivo de eliminar a interferência e a contaminação dos reagentes e checar a correção dos parâmetros de digestão, respectivamente. O Teste em branco é feito sempre que novos reagentes são preparados, e o teste com lisina HCL, nas análises diárias.

Algumas das considerações que se deve fazer sobre o procedimento:

- 1) Não se altera a proporção dos reagentes, pois a temperatura (calor) e o tempo de digestão são fatores críticos no processo;
- 2) A relação sal: ácido (peso:volume) deve ser de 1:1 no final da digestão para controle adequado da temperatura;
- 3) A digestão pode ser incompleta quando esta relação é baixa, ou o N pode ser perdido quando esta relação é alta;
- 4) Outras substâncias utilizadas para certificar a correção dos parâmetros de digestão são os sais de amônia (fosfato de amônia, 12,5% N, cloreto de amônia, 26,18% N, etc.);
- 5) Os sais de amônia servem para checar a eficiência da destilação e a acurácia da titulação, pois são digeridos muito rapidamente;
- 6) A lisina HCL é de difícil digestão, servindo, portanto, para checar a eficiência da digestão, e
- 7) O método admite erro de 0,1% na porcentagem de N entre repetições da mesma amostra.

3.2.4.4 Determinação da proteína bruta

As proteínas têm porcentagens quase constantes, da ordem de 16%, e por este motivo o teor de Proteína Bruta (PB) é determinado utilizando-se o fator de conversão 6,25 (SILVA, 2002, p. 58).

Ao se relacionar que em 16 partes de Nitrogênio se obtêm 100 partes de proteína bruta, encontra-se em 1 parte de Nitrogênio a proteína bruta de 100/16, que corresponde ao fator de conversão 6,25.

Logo, para determinar a Proteína Bruta aplica-se a equação:

$$PB = N \times 6,25$$

Sendo PB a proteína bruta e N o nitrogênio.

3.2.4.5 Verificação da vazão

O sistema foi configurado para uma vazão contínua média diária de 30,0 m³/dia, de esgoto da lagoa de estabilização (Figura 3.10) e com isso foi necessário o afastamento dos dutos, limpeza das tubulações de captação, e instalação de tubulação e torneiras.



Figura 3.10 – Foto da Tubulação de Captação do Afluente da Unidade Wetland.
Fonte: Arquivo pessoal (2005).

Para o controle da vazão foi registrado o tempo necessário para coletar 12 litros do esgoto, e após este procedimento por três vezes foi considerada a vazão média V :

$$\text{Vazão considerada } V = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

3.2.4.6 Efluente da unidade *Wetland*

As amostras do efluente da unidade *Wetland* traduziam o nível de turbidez, um dos parâmetros analisados, como uma ocorrência significativa, conforme mostra a figura 3.11.

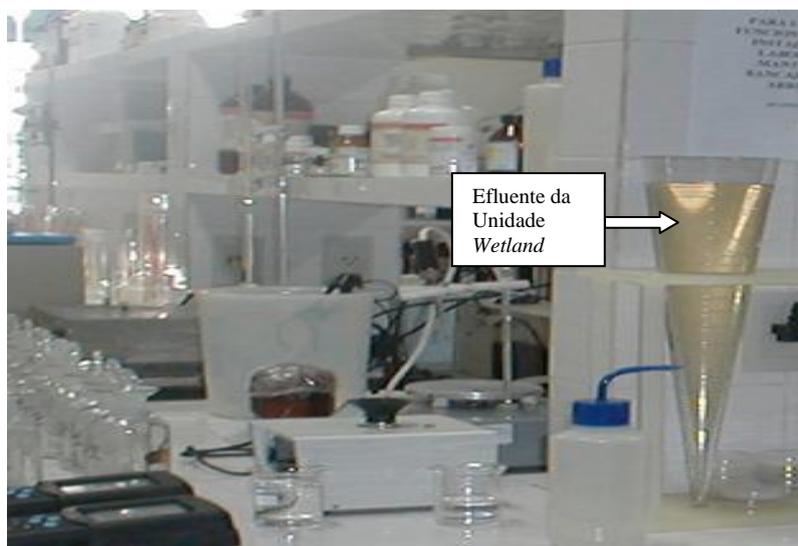


Figura 3.11 – Imagem do Efluente da Unidade *Wetland*.

Fonte: Arquivo pessoal (2005).

3.2.4.7 Forragem

O termo Matéria Natural se refere à forragem ou alimento, no estado em que é fornecido ou consumido pelo animal (SILVA, 2002, p.24).

Nos períodos de corte a cada 60 dias, foram demarcadas aleatoriamente na unidade áreas de 1 m^2 , e destas retiradas uma determinada quantidade (em seu estado natural), medindo-se a produção de forragem em relação à área (kg/m^2).

3.2.5 Análises do trabalho em Parelhas

3.2.5.1 Precipitação pluviométrica (P) e temperatura (T)

Em 2004, durante o projeto foram registradas variações relativas à Precipitação Pluviométrica (P), em mm, e a Temperatura (T), em °C, conforme tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Precipitação Pluviométrica (P) e Temperatura (T) em Parelhas/RN (2004).

Parâmetros	Meses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação (P) (mm)	471	302	44	0	161	29	0	0	0	0	0	0
Temperatura (T) (°C)	28	28	28	28	28	28	28	28	29	30	31	31

Fonte: Secretaria Municipal de Parelhas (2005).

Conforme os dados mostrados no gráfico 3.1 a precipitação pluviométrica média anual foi 83,96 mm para um desvio padrão de 168,86.

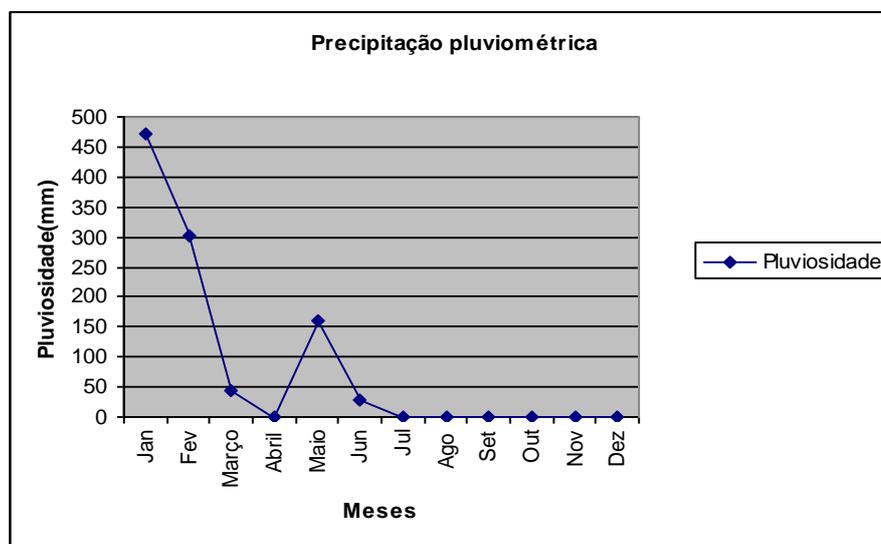


Gráfico 3.1 - Precipitação Pluviométrica (P) em Parelhas em 2004.

Fonte: Secretaria Municipal de Parelhas (2005).

Já os registros das temperaturas ocorridas no período (Gráfico 3.2), com uma média anual para 2004 de 28,75 °C, e desvio padrão de 1,16, confirmam outra característica da região onde as temperaturas são mais baixas no início do ano e se elevam ao final, conforme ocorreu para os dois últimos meses.

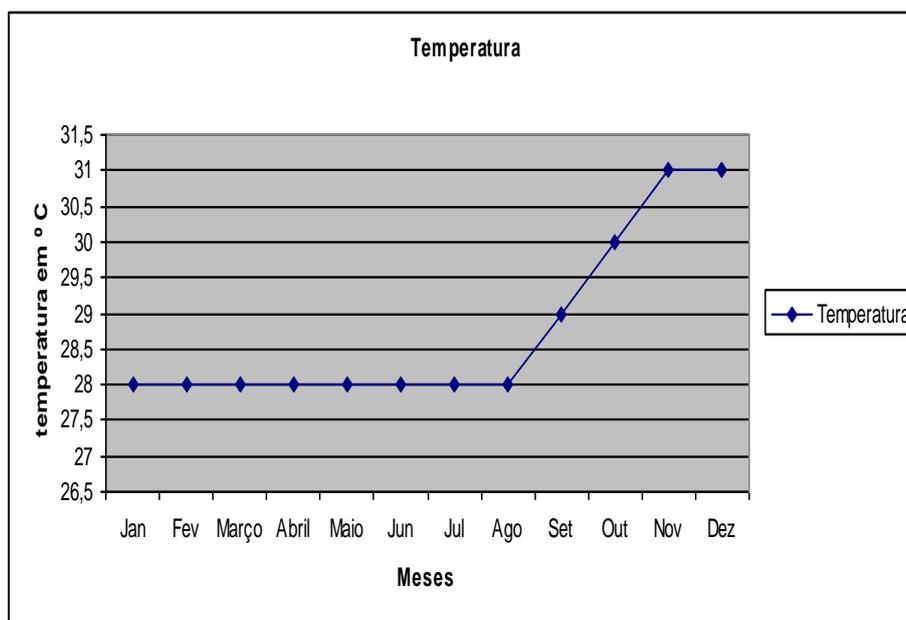


Gráfico 3.2 - Temperatura (T) em Parelhas no ano de 2004.

Fonte: Secretaria Municipal de Parelhas (2005).

As ocorrências no que concerne a precipitação pluviométrica e temperatura corroboram com as afirmações de Medeiros (1999, p.16) de que a característica predominante do semiárido é de uma baixa precipitação associada a uma temperatura sem grandes oscilações, sendo este um fenômeno regular da região do Semiárido.

3.2.5.2 Nitrogênio no afluente e efluente da unidade Wetland

Para uma análise quanto à remoção de Nitrogênio no sistema, no período compreendido entre setembro de 2004 e abril de 2005, foram coletadas amostras de sua concentração nos pontos: afluente da unidade *Wetland* (AW) que corresponde ao esgoto proveniente da lagoa da ETE, e no efluente (EW) localizado na parte final da unidade *Wetland*.

Conforme são apresentados na tabela 3.7, os níveis de concentração de Nitrogênio nos pontos AW e EW indicam uma redução em todos os dias de coleta das amostras ao longo do trabalho.

Tabela 3.7 - Concentração de N no Afluente (AW) e Efluente (EW) da Unidade *Wetland*.

Parâmetros	Datas (Dia/mês)											
	1/09	15/09	29/09	13/10	27/10	10/11	24/11	14/12	9/03	22/03	06/04	20/04
AW (mg/litro)	81,20	95,2	78,40	78,40	89,60	70,0	101	81,20	46,70	53,20	49,30	57,40
EW (mg/litro)	72,80	89,6	61,60	56,00	75,60	44,8	70	64,40	40,60	46,20	39,80	47,60
AW – EW (mg/litro)	8,40	5,6	16,80	22,40	14,00	25,2	31,0	16,80	6,10	7,0	9,50	9,80
Redução (%)	10,34	5,88	21,42	28,57	15,62	36,0	30,69	20,69	13,06	13,15	19,27	17,07

As diferenças entre as concentrações nos pontos AW e EW em cada uma das coletas são mostradas no gráfico 3.4, onde se verifica que nos meses de início do ano há uma menor concentração de Nitrogênio.

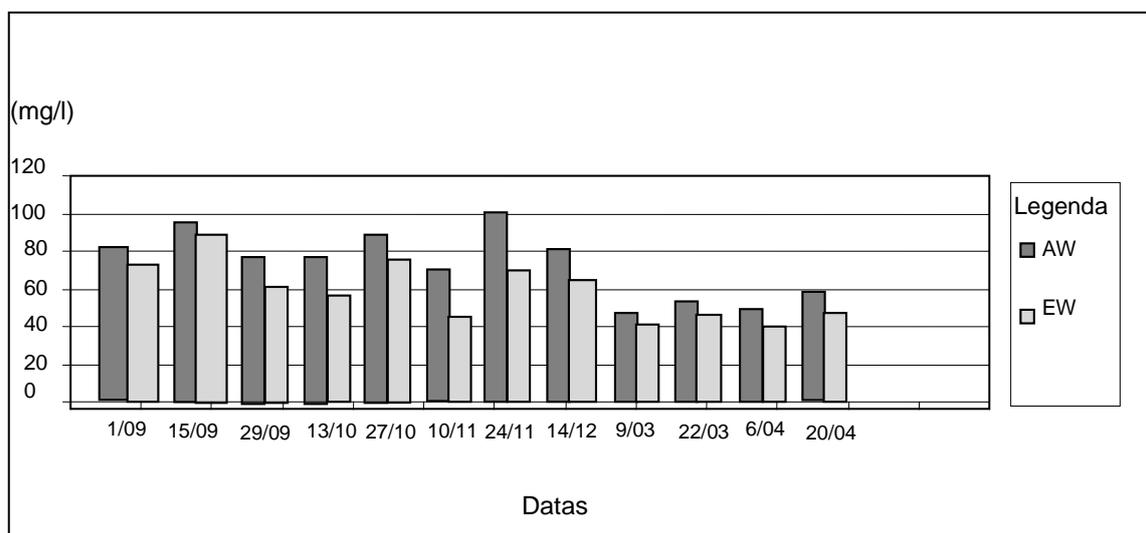


Gráfico 3.3 - Concentração de N no Afluente (AW) e Efluente (EW) da Unidade *Wetland*.

Os resultados revelam que a diferença de concentração do Nitrogênio entre os pontos do afluente AW e o efluente EW são sempre positivas com uma redução média no período de 19,30%.

As remoções que ocorrem no sistema durante o processo, desde o ponto afluente ao efluente da unidade *Wetland*, podem ser assim consideradas:

- No efluente da Unidade *Wetland* há uma concentração de Nitrogênio (E);
- A cultura (macrófita) consome parte desse Nitrogênio como nutriente (C);
- Uma parcela do Nitrogênio é transferida para a atmosfera (T), e
- No efluente da Unidade *Wetland* tem-se a concentração (S) de Nitrogênio.

A partir desses dados configura-se a equação:

$$E - S = C + T$$

As análises referentes a cada uma das datas de coletas das amostras registram uma concentração de Nitrogênio no ponto S menor do que em E, confirmando a redução de Nitrogênio advinda das perdas para atmosfera em T e ao que foi consumido em C pela cultura, capim andrequicé, utilizada no sistema de tratamento na Unidade.

De acordo com Oliveira (2004) em outros trabalhos já realizados com esse sistema de tratamento, utilizando-se a tecnologia *Wetland*, registra-se que houve eficiência quanto a redução do Nitrogênio, e o diagnóstico aonde essa eficiência não ocorreu é de que o manejo foi inadequado.

A esse respeito Lautenschlager (2001, p.82) descreve:

“Ressalta-se a importância do manejo das culturas nos Sistemas *Wetland* Construídos considerando que se não houver poda das culturas corretamente, os nutrientes retidos são devolvidos para o efluente, e modificam os resultados esperados”.

3.2.5.3 Teor de nitrogênio na matéria seca nas amostras A1, A2 e A3.

As análises das amostras das coletas do Capim Andrequicé, mostram o percentual de Nitrogênio concentrado na Matéria Seca conforme suas identificações na Unidade *Wetland*.

De acordo com os critérios adotados para os procedimentos metodológicos o Nitrogênio foi consumido pela planta uniformemente em relação as amostras , uma vez que o percentuais referentes ao teor de Nitrogênio se aproximam, significando que houve um fluxo regular na área da Unidade *Wetland*.

A tabela 3.8 apresenta o resultado das análises do teor de Nitrogênio na Matéria Seca nas amostras coletadas no ano de 2004, durante o período de 28 de abril a 14 de dezembro.

Tabela 3.8 – Teor de N na MS, nas amostras compostas coletadas na Unidade *Wetland*.

Datas	Teor de N (%)			Média	Desvio Padrão
	A1	A2	A3		
28/abr	0,584830	0,610270	0,593785	0,596295	0,012904
27/mai	0,584860	0,598280	0,592325	0,591822	0,006724
11/jun	0,588965	0,585995	0,591990	0,588983	0,002998
8/jul	0,593485	0,593480	0,603975	0,596980	0,006058
21/jul	0,603950	0,600950	0,591990	0,598963	0,006223
4/ago	0,591990	0,582970	0,591990	0,588983	0,005208
19/ago	0,610280	0,593785	0,578865	0,594310	0,015714
1/set	0,584830	0,599780	0,602755	0,595788	0,009606
13/out	0,604275	0,602755	0,596790	0,601273	0,003956
27/out	0,598280	0,608750	0,598280	0,601770	0,006045
10/Nov	0,587760	0,586290	0,600985	0,591678	0,008093
24/Nov	0,602490	0,587490	0,593485	0,594488	0,007550
14/dez	0,576945	0,587490	0,582940	0,582458	0,005289
Média	0,593303	0,595253	0,593858	-	-
Desvio padrão	0,009853	0,008985	0,007173	-	-

O Teor de Nitrogênio na Matéria Seca relacionado às amostras compostas é apresentado no gráfico 3.4, cujos resultados revelam valores percentuais aproximados nos dias das coletas bem como no decorrer do período analisado.

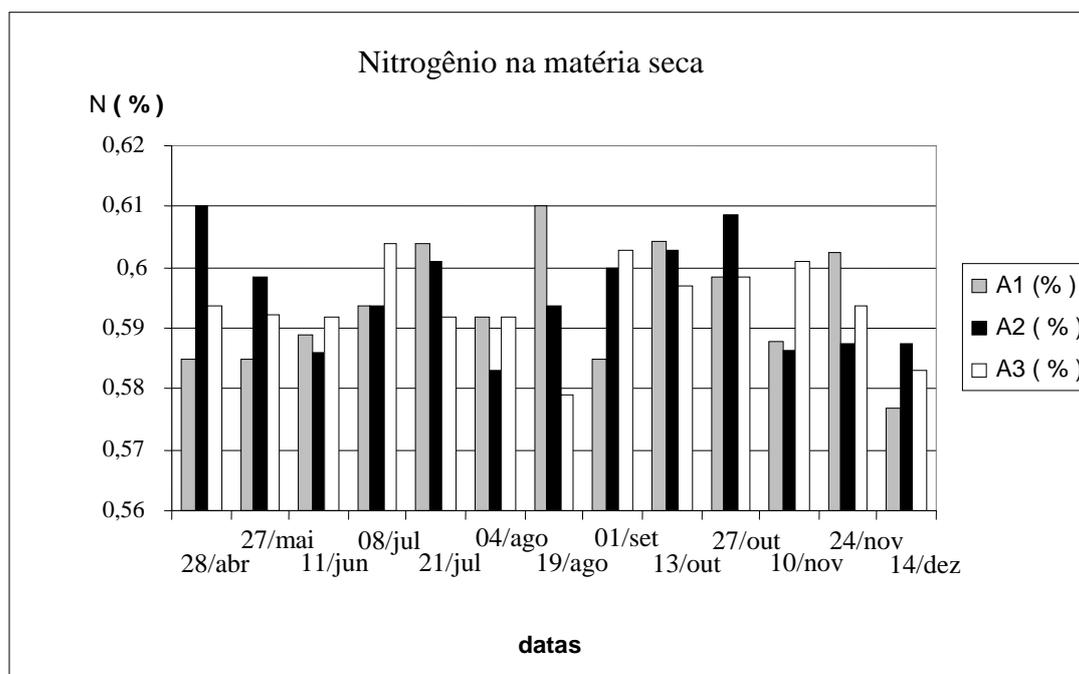


Gráfico 3.4 - Teor de N na MS das Amostras compostas na unidade *Wetland*.

3.2.5.4 Nitrogênio na Matéria Seca relacionado aos cortes.

Para avaliar a produção de forragem as coletas foram realizadas através de cortes na cultura, em média, a cada 60 dias.

Desses volumes da produção foram retiradas amostras e analisado o Teor de Nitrogênio na Matéria Seca que juntamente com as médias das Amostras A1, A2 e A3, apresentam os resultados apresentados na tabela 3.9.

Tabela 3.9 - N na MS relacionado aos períodos dos cortes.

Dia	Mês	Teor de N na MS
11	Junho	0,58898
08	Julho	0,59698
21	Julho	0,59896
04	Agosto	0,58898
19	Agosto	0,59430
01	Setembro	0,59578
13	Outubro	0,60127
27	Outubro	0,60177
10	Novembro	0,59167
24	Novembro	0,59448
14	Dezembro	0,58245

O percentual correspondente ao Teor de Nitrogênio na Matéria Seca das amostras coletadas nesses períodos de cortes da produção do capim de junho a dezembro de 2004 juntamente com as médias das amostras A1, A2 e A3, conforme mostra o gráfico 3.5 mantiveram regularidade no decorrer do processo.

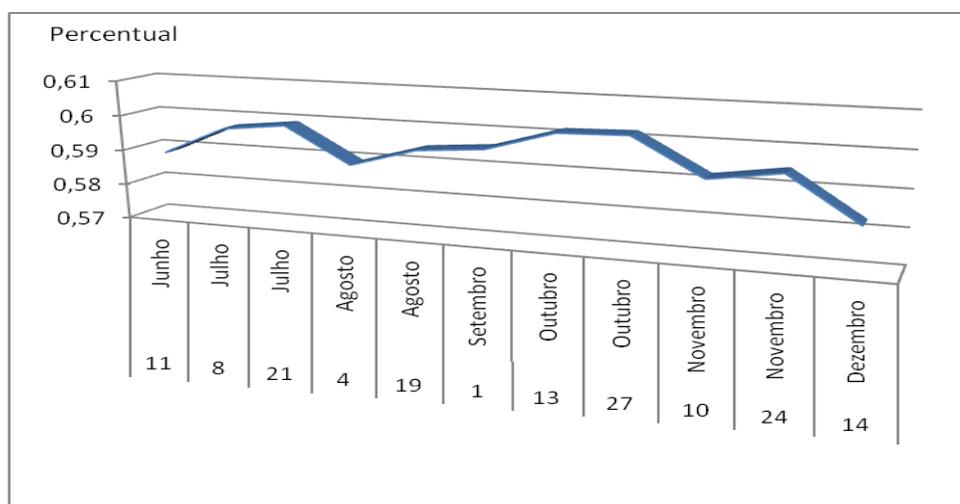


Gráfico 3.5 - N na MS por período de corte.

3.2.5.5 Produção de proteína bruta e matéria natural

A produção de proteína bruta na matéria natural é um parâmetro correlacionado ao Teor de Nitrogênio na Matéria Seca, usualmente utilizada nas relações comerciais cujas análises já foram apresentadas. Do mesmo modo como ocorreu na análise do Teor de Nitrogênio na Matéria Seca o percentual de proteína bruta se manteve regular no período.

A produtividade de Matéria Natural ou forragem foi analisada a partir das amostras coletadas na Unidade *Wetland* nos períodos de cortes com intervalos de 60 dias. Os resultados apresentados na tabela 3.10, registram a Proteína Bruta relacionada as amostras A1, A2 e A3 da unidade *Wetland* no período de junho de 2004 a fevereiro de 2005.

Tabela 3.10 - Proteína Bruta (PB) na Matéria Seca (MS)

Dia	Mês	Teor de N na MS (%)	Proteína Bruta (%)
11	Junho	0,58898	3,6811437
08	Julho	0,59698	3,7001600
21	Julho	0,59896	3,7435187
04	Agosto	0,58898	3,6811437
19	Agosto	0,59430	3,7144375
01	Setembro	0,59578	3,7236750
13	Outubro	0,60127	3,7579562
27	Outubro	0,60177	3,7610625
10	Novembro	0,59167	3,6979875
24	Novembro	0,59448	3,7155187
14	Dezembro	0,58245	3,6403625

A produção de matéria natural ou forragem, obtida nos períodos que foram realizados os cortes do capim *Andrequicé* na Unidade *Wetland*, é apresentada na tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Produção de Forragem na Unidade *Wetland* nos períodos de corte.

Datas	13 de Outubro	14 de Dezembro	16 de Fevereiro
Produção de Forragem (kg/m ²)	09	10	09

O gráfico 3.6 mostra essa produção de matéria natural no período de 13 de outubro de 2004 a 16 de fevereiro de 2005 com uma variação não muito significativa, indicando que o processo esteve uniformemente distribuído na Unidade *Wetland*.

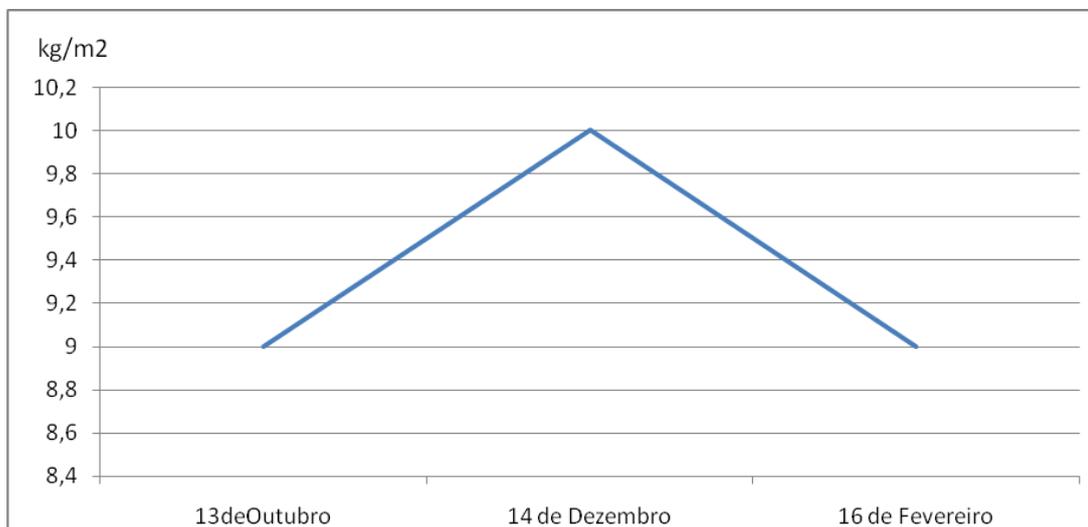


Gráfico 3.6 - Produção de Forragem nos períodos de corte da planta na Unidade *Wetland*.

A regularidade do crescimento do capim cultivado na Unidade *Wetland* foi visível na medida em que aproximadamente a cada 60 dias, nos períodos de corte, a planta se encontrava com altura média de 1,15 m e apresentava decaimento e floração abundantes.

O corte do capim, realizado em intervalos de tempo aproximados de 60 dias, apresentou valor nutricional característico da planta, dentro dos padrões, sem comprometer sua utilização na alimentação animal. No caso específico do trabalho, a forragem era disponibilizada para bovinos e caprinos criados na área vizinha a ETE.

Além disso, a coloração verde intensa assegurava a presença significativa de Nitrogênio, advinda da fotossíntese favorecida também pela intensidade solar predominante na região.

3.2.6 Considerações sobre o trabalho realizado em Parelhas

A aplicação da Tecnologia de Tratamento no Sistema *Wetland* Construído mostrou um desempenho significativo possibilitando um fluxo regular e favorável do

esgoto na Unidade *Wetland* que se traduziu no crescimento uniforme do capim, e análises do Teor de Nitrogênio da Matéria Seca.

A opção pela utilização dos resíduos de cerâmica na medida em que apresentou desempenho similar àquelas verificadas nos Sistemas *Wetland* Construídos que utilizam outros tipos de substratos se revestiu de importância na medida em que seu uso significa uma forma de mitigar o impacto negativo que ocorre com sua disposição no meio ambiente bem como reduzir os custos de implementação do Sistema.

O capim *Andrequicé* confirmou sua característica como gramínea adequada ao ambiente tendo um desenvolvimento significativo, e caracterizando a presença do Nitrogênio e o processo de fotossíntese. Uma indicação de que o pH se manteve dentro dos padrões adequados, haja vista, de acordo com Esteves (1998), a distribuição da planta ser influenciada pelo pH e concentração iônica.

Houve uma regularidade na produção de forragem em relação à área, por período de corte, significando que o efluente da lagoa disponibilizou uma quantidade considerável de Nitrogênio, permitindo a absorção necessária e suficiente para a produção da gramínea, provavelmente, em um tempo menor que o de 60 dias quando ocorreram os cortes.

As evidências são de que a gramínea se encontrava no estágio de crescimento no qual não mais necessitava de uma maior oferta do Nitrogênio. Ao atingir a sua produção de forragem, nesse tempo menor do que os 60 dias se supõe que a partir desse instante a planta deixou de absorver uma quantidade mais significativa de Nitrogênio, passando a realizar um processo de reciclagem, fazendo apenas surgir uma nova folhagem quando alguma folha fosse perdida. Provavelmente em cada um dos cortes a planta se encontrava numa curva decrescente em relação ao seu estágio de crescimento.

É de suma importância que seja observado de forma criteriosa o Teor de Nitrogênio na matéria seca considerando que a disposição da ração contendo uma taxa de Nitrogênio elevada, poderá vir a causar a morte dos animais.

Em relação ao efluente da Unidade *Wetland* verificou-se uma disponibilidade média de 59,08 mg/litro/dia de Nitrogênio, para um vazão diária, garantida, de 30.000 litros de esgoto. Mantida esta oferta obtêm-se diariamente 1,78 kg de Nitrogênio no sistema.

Segundo Hespanhol (2005) no Vale do Mesquital, no México, com uma vazão de 80 m³/s de esgoto irriga-se uma área de 600 mil hectares. Isso mostra que nessa

proporção, com a vazão disponível no efluente da Unidade *Wetland* (30 m³/dia), se consegue irrigar uma área de 2,60 hectares.

Acrescenta-se a essa disponibilidade que, em média, se consegue obter 80 litros de etanol em 1 (uma) tonelada de cana de açúcar que para ser produzida utiliza 1 m³ de água de captação, com métodos mais eficientes de irrigação (UNICA, 2010). Isto pode ser traduzido no caso específico do trabalho com o Sistema *Wetland* Construído em Parelhas, cuja vazão é 30 m³/dia, utilizar a água de reúso como insumo suficiente para produzir mais de 2.400 litros de etanol por dia.

Em relação à produção de forragem, estatisticamente configurou-se uma moda, de 9 kg por m² para cada 60 dias, o que significa uma produção estimada de 54 kg/m²/ano, ou 540.000 kg/ha/ano. Na unidade, especificamente considerando a sua área de 420 m², projeta-se uma produção de forragem de 22.680 kg/ano.

O trabalho utilizou o efluente da lagoa de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto mostrando que investir no esgotamento sanitário se reveste de importância na medida em que traduz a oportunidade de utilização do esgoto tratado na economia e em benefício do desenvolvimento local da região.

Durante o trabalho foram verificadas algumas ocorrências assim caracterizadas:

- A área da Estação de Tratamento de Esgoto aonde estava sendo realizado o trabalho por falta de uma maior vigilância facilitou a invasão de pessoas que retiraram equipamentos do local, causando prejuízos técnicos e financeiros;
- O controle de vazão e demais condições de operação do Sistema *Wetland* construído sofreram alterações advindas da manutenção inadequada, implicando na necessidade de maior diligência na operação. Como o Sistema *Wetland* Construído produzia forragem esta foi retirada para os animais por pessoas alheias ao projeto;
- Há necessidade de monitoramento em um menor espaço de tempo para o controle da vazão e de ser instalada uma unidade testemunho para que possam ser realizadas as análises comparativas;
- Deve ser utilizada outra cultura na unidade para análise da remoção de Nitrogênio, e serem realizados cortes em um tempo mais curto para avaliações nutricionais e forragens;
- Deve ser assegurado o padrão do Teor de Nitrogênio na Matéria Seca para não comprometer a saúde dos animais.

A partir de conhecidos os resultados do trabalho no SWC em Parelhas verifica-se que há um novo potencial a ser explorado na região, sendo necessário serem levantados os dados concernentes ao aproveitamento dos recursos existentes na região.

Nesse contexto, buscar a integração dos municípios por área vocacional se torna uma condicionante imperativa na medida em que as políticas públicas que se voltem para o aproveitamento da água de reúso possam atender principalmente as regiões onde a prática do uso desse recurso, juntamente com um sistema adequado de esgotamento sanitário, possibilite avanços nos setores socioeconômicos e ambientais da região.

CAPÍTULO 4 CAPACIDADE DE APROVEITAMENTO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

*“As pessoas podem ser divididas em três grupos:
Os que fazem as coisas acontecerem;
Os que olham as coisas acontecendo; e os que ficam se perguntando o que foi que aconteceu.
Nosso caráter é aquilo que fazemos quando achamos que ninguém está olhando.
Nunca deixe de ter dúvidas, quando elas param de existir é porque você parou em sua caminhada”.*
Antoine de Saint-Exupery

4 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em agosto de 2010, prevê a eliminação dos lixões contribuindo dessa forma com à saúde do ser humano e no combate aos danos da disposição inadequada dos resíduos no meio ambiente.

Os resíduos quando lançados em locais inapropriados, o que em geral ocorre nas áreas das cidades onde vive a maior parcela da população de menor poder aquisitivo, tem conformado o habitat de vetores responsáveis pela proliferação de doenças.

O investimento necessário à implementação de ações que visam tratar adequadamente os resíduos se justifica na medida em que saem beneficiado, o meio ambiente, a população, e se reduz o montante dos recursos alocados principalmente ao setor de saúde.

Outra vertente dessa questão consiste no aproveitamento econômico desse resíduo a partir da implementação de programas que compreende as etapas de disposição, coleta e o processamento do lixo em usinas de reciclagem.

A esse respeito encontram-se nos informes da Assessoria de Comunicação do Ministério do Meio Ambiente (2011):

“entre os mais graves problemas do planeta, se encontra a falta de políticas para cuidar da coleta e destinação do lixo, e no Brasil de cerca de 183 mil toneladas de lixo produzidos diariamente, deixa-se de ganhar R\$ 8 bilhões por ano por não reciclar tudo que é possível”

Nota-se, portanto, que políticas de incentivo à reciclagem tem elevado potencial de movimentação da economia, contribui para a inclusão social e reduzem a quantidade de resíduos lançados no ambiente.

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos cabe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do Sistema Nacional de Meio ambiente (SISNAMA)³⁷, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS)³⁸ e do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa)³⁹, bem como da responsabilidade pelo gerenciamento de resíduos, consoante o que estabelece o Artigo 19 da mesma Lei, que tem dentre seus objetivos incentivar à indústria de reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados (PNRS, 2010).

Seguindo a mesma diretriz do que se dispõe sobre o aproveitamento de resíduos sólidos encontra-se na problemática do saneamento básico, numa abordagem ampliada que inclui: a distribuição de água; a coleta das águas residuais; e o tratamento do esgoto, a necessidade de ações que atendam o objetivo da política ambiental no que tange a utilização da água presente nos esgotos.

³⁷ SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente. Foi instituído pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990, sendo constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, e tem a seguinte estrutura:

- Órgão Superior: O Conselho de Governo
- Órgão Consultivo e Deliberativo: O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA
- Órgão Central: O Ministério do Meio Ambiente - MMA
- Órgão Executor: O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA
- Órgãos Seccionais: os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental;
- Órgãos Locais: os órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades, nas suas respectivas jurisdições; (MMA)

³⁸ SNVS - Sistema Nacional de Vigilância Sanitária – É composto pelo Ministério da Saúde, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), o Conselho Nacional de Secretários Estaduais de Saúde (CONASS), o Conselho Nacional de Secretários Municipais de Saúde (CONASEMS), os Centros de Vigilância Sanitária Estaduais, do Distrito Federal e Municipais (VISAS), os Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACENS), o Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde (INCQS), a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), e os Conselhos Estaduais, Distrital e Municipais de Saúde, em relação às ações de vigilância sanitária

³⁹ Suasa - Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária. Regulamentado em 2006, é um sistema unificado e coordenado pela União, com participação dos municípios, estados, através de adesão.

Técnicas e tecnologias aplicadas às águas residuais permitem o seu aproveitamento tornando-se importante o levantamento da capacidade potencial de esgoto e a estimativa de quanto da matéria tratada pode ser utilizado como insumo em atividades tais como a irrigação.

Na Lei Nº 11.445 de 5 janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, encontra-se no Art. 48, que trata da Política Federal do Saneamento Básico, caber à União observar as diretrizes no que concerne a:

- i) melhorar a qualidade de vida, das condições ambientais e saúde pública, colaborar para o desenvolvimento urbano e regional;
- ii) garantir os meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares, e;
- iii) fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico com a adoção de tecnologias apropriadas e difusão dos conhecimentos gerados.

O Art. 9º, dessa mesma lei, incumbe ao titular dos serviços de saneamento básico a formulação da respectiva política pública, devendo para tanto dentre outras determinações elaborar os planos desses serviços de saneamento (Lei Nº 11.445, 2007).

Neste contexto, torna-se imperativo que na gestão dos serviços de saneamento sejam agregados aos sistemas de informações das localidades assistidas com a distribuição de água a capacidade potencial de aproveitamento das águas residuais, o que implica em fazer o levantamento da situação em que se encontra o esgotamento sanitário, incluindo neste os sistemas de tratamento de esgoto, as ETEs, e o potencial de água de reúso.

A água de reúso é um recurso que deve ser incentivado na medida em que contribuí para reduzir a pressão por água tratada bem como pelo valor econômico agregado como insumo no setor produtivo.

Diversas são as atividades que podem ser realizadas com a água de reúso bastando tão somente o conhecimento do quanto esse recurso se encontra disponível e pode ser aplicado de forma segura a partir do tratamento do esgoto que lhe deu origem.

Em 2004, antes mesmo da Política Nacional de Saneamento, o Rio Grande do Norte teve aprovada a Política Estadual de Saneamento Básico (PESB), na qual se destaca dentre seus objetivos a promoção e ampliação do sistema de esgotamento

sanitário e o reúso da água, traduzindo a necessidade de ações advindas da elaboração e execução de planos, programas e metas que visem atingir ao objetivo proposto.

Apresenta-se neste CAPÍTULO IV como se conforma a gestão institucional no Estado do Rio Grande do Norte, das ações concernentes à política de saneamento básico, os órgãos responsáveis, suas competências e procedimentos operacionais administrativos de distribuição de água, coleta e tratamento de esgotos, incluindo as formas de pagamentos pelos serviços. No Rio Grande do Norte, em maior escala, esses serviços são administrados de forma descentralizada pela CAERN através de escritórios regionais distribuídos estrategicamente nos municípios.

São mostrados ainda os volumes potenciais de esgoto existentes no estado e a oportunidade que se tem ao viabilizar o tratamento e, por conseqüência, o aproveitamento desse esgoto, a partir da utilização da água de reúso geradas nas Estações de Tratamento de Esgotos administradas pela CAERN, como forma de contribuir com a melhoria das condições ambientais e desenvolvimento da região.

Nas Estações de Tratamento de Esgotos existentes no RN podem se agregar o Sistema *Wetland* Construído como uma ferramenta que favorece o processo de geração da água de reúso em condições adequadas de uso, principalmente à irrigação de culturas para o setor industrial, como fonte de energia; e na pecuária como alimentação.

Além disso, para a realidade do Semiárido Potiguar o uso do Sistema *Wetland* Construído permite mitigar os impactos advindos dos descartes de rejeitos cerâmicos, uma vez que estes podem ser utilizados como substratos na construção das Unidades *Wetland*.

4.1 Política e Gestão do Saneamento Básico no Estado do Rio Grande do Norte

A Lei N° 8.485, de 21 de Fevereiro de 2004 que dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico (PESB), institui o Sistema Integrado de Gestão do Esgotamento Sanitário, e dentre outras providências encontra-se a oferta de serviço adequado de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

O Capítulo I, dessa lei no que se refere aos seus princípios e objetivos, institui a Política Estadual de Saneamento Básico para oferta de serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário, cuja prestação deverá atender aos princípios da universalidade, regularidade, continuidade, eficiência, atualidade e modicidade.

Destaca-se, conforme o Art. 2º da Política Estadual de Saneamento Básico, que se encontram dentre os objetivos:

- I) ampliar o sistema de esgotamento sanitário, de modo que se equipare ao abastecimento de água, este com atendimento nunca inferior a 90% (noventa por cento) da população do Estado;
- II) promover o reúso das águas nas suas múltiplas aplicações;
- III) integrar os municípios e os munícipes no acompanhamento do cumprimento das metas programadas;
- IV) estimular a regulação e o controle da prestação dos serviços; e
- V) preservar os recursos hídricos, o meio ambiente e promover a educação sanitária e ambiental da população.

A legislação estadual explicita claramente que além da previsão de ampliação dos atuais sistemas de esgotamento sanitários, deve-se assegurar que seja contemplada a reutilização da água em diversas atividades.

Com o atendimento a essas condicionantes, implicitamente, serão alcançados os objetivos no que concerne a preservação dos recursos hídricos bem como a mitigação dos impactos ambientais.

No Estado do Rio Grande do Norte cabe à Companhia de Águas e Esgotos do Estado e à Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos a elaboração do Plano estratégico referente ao saneamento básico que deve:

- I) promover campanhas educativas, visando à conscientização da população para a necessidade de fazer uso das redes de abastecimento de água e de esgotamento sanitário;
- II) viabilizar articulações intergovernamentais com os Municípios, para que esses, na sua missão de ordenar a ocupação do solo, façam-na de modo que se evitem os impactos ambientais negativos; e
- III) desenvolver ações sociais de esclarecimento à população quanto a viabilidade de uso econômico dos esgotos domésticos principalmente após tratamento adequado.

Para assegurar a disponibilidade de recursos financeiros às ações de abastecimento de água, esgotamento sanitário e reúso das águas, a Lei estabeleceu o Fundo Estadual de Saneamento Básico (FUNESAN), com arrecadações previstas:

- i) do Tesouro Estadual, em 1%, excetuadas as vinculações constitucionais ou legais, arrecadação com impostos e as receitas com destinação específica;
- ii) da receita tarifária da CAERN, em 5%, não incidindo sobre as parcelas relativas a investimento estabelecidas nos contratos de concessão;
- iii) das doações, de qualquer natureza, de pessoas físicas ou jurídicas domiciliadas no Brasil ou no exterior; e
- iv) de outras receitas ou dotações orçamentárias que lhe vierem a ser destinadas.

O Sistema Integrado de Gestão do Saneamento Básico, condutor da Política Estadual de Saneamento Básico para o Estado do Rio Grande do Norte, no que concerne à supervisão, implementação, execução, regulação das ações que objetivam a implementação da política, conta com uma estrutura que inclui:

- i) a Secretaria Estadual de Recursos Hídricos (SERHID), atual Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), órgão supervisor, a quem cabe o acompanhamento e apoio da implementação, desenvolvimento e manutenção da Política;
- ii) a CAERN, entidade executora, a quem compete realizar estudos, projetos, implantações, ampliações, melhorias, operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como à gestão auto-sustentável dos respectivos serviços públicos, na forma da Lei e das Concessões Municipais, aplicando-os, no que couber, ao reúso de águas;
- iii) os Municípios concedentes, como reguladores imediatos, no que se refere à adoção de medidas de sua competência administrativa para o atendimento dos objetivos da Política Estadual de Saneamento Básico; a Assembléia Legislativa; e
- iv) órgãos ou entidades governamentais que apresentem compromisso institucional com o meio ambiente ou saneamento básico.

4.1.1 Classes de consumo

Os usuários dos serviços prestados pela companhia de água e esgotos do estado são incluídos nas classes: Residencial Social, Residencial Popular, Residencial, Comercial, Industrial e Pública cujas tarifas são estabelecidas para uma cota básica pré-determinada, conforme o consumo.

Em 2010, mais de 43% dos usuários do sistema se encontravam nas classes, Residencial Social, e Residencial Popular, o que corresponde a aproximadamente 304.420 imóveis atendendo os critérios estabelecidos na Resolução do Conselho de Administração da CAERN.

Na classe residencial social estão incluídos os usuários de imóveis que atendam à até três dos requisitos:

- 1) estar cadastrado em um dos programas sociais do governo;
- 2) possuir uma área coberta de até 50 m²;
- 3) ter apenas um ponto de distribuição de água, excetuando-se o destinado a descargas de vaso sanitário;
- 4) não possuir caixa d'água elevada, ou
- 5) estar localizado em área de baixa renda, reconhecida, oficialmente, pela Prefeitura Municipal.

Para ser incluído como usuário na Classe residencial Popular o imóvel deverá satisfazer a até dois dos critérios de:

- 1) estar cadastrado em um dos programas sociais do governo;
- 2) ter sido adquirido em um dos programas de Governo para erradicação de favelas, desde que não haja modificação no projeto original;
- 3) possuir um só ponto de distribuição de água; ou,
- 4) estar construído em áreas reconhecidamente carentes.

O pagamento pela prestação dos serviços se baseia em tabelas tarifárias que fazem parte de Resoluções do Conselho de Administração da CAERN, com aprovação do Conselho Municipal de Saneamento Básico de Natal (COMSAB).

Tabela 4.1 – Distribuição da Classe de consumo por cotas, tarifas e consumo excedente.

Classe de Consumo (Sub-categoria)	Cota Básica (m ³)	Tarifa Mínima (R\$)	Consumo excedente (m ³)					
			11-15	16-20	21-30	31-50	51-100	>100
Residencial Social	10,0	4,58	2,53	3,00	3,38	3,89	5,02	5,71
Residencial Popular	10,0	14,44	2,53	3,00	3,38	3,89	5,02	5,71
Residencial	10,0	22,72	2,53	3,00	3,38	3,89	5,02	5,71
Comercial	10,0	34,96	4,41	4,74	5,71	5,71	5,71	5,71
Industrial	20,0	76,23	-	-	6,28	6,28	6,28	6,28
Pública	20,0	73,06	-	-	6,28	6,28	6,28	6,28

Fonte: CAERN (2010).

No que concerne aos serviços prestados pela CAERN, a distribuição de água é satisfatória na maioria dos municípios, chegando a atender integralmente alguns deles, entretanto, em relação ao esgotamento sanitário, a situação ainda é crítica e exige esforço à reestruturação e expansão que deve ocorrer concomitantemente com o crescimento das demandas.

Segundo o Plano Estadual de Saneamento, a contar do dia 21 de fevereiro de 2004, data da publicação da Lei da Política Estadual de Saneamento do Estado, foram estabelecidas como metas:

- i) abastecer de água tratada a 100% (cem por cento) do universo da população urbana dos municípios concedentes em até 05 (cinco) anos;
- ii) realizar o esgotamento sanitário a no mínimo 40% (quarenta por cento) do universo da população urbana dos municípios concedentes, em até 05 (cinco) anos;
- iii) realizar o esgotamento sanitário a no mínimo 70% (setenta por cento) do universo da população urbana dos municípios concedentes, em até 10 (dez) anos; e

- iv) proceder o esgotamento sanitário a 100% (cem por cento) do universo da população urbana dos municípios concedentes, em até 15 (quinze) anos.

Os prazos previstos no plano para cumprimento vêm sendo esgotados, o que implica na urgência de investimentos em ações que assegurem o alcance integral das metas evitando assim prejuízos socioeconômicos e ambientais.

Os valores das tarifas para os serviços de esgotamento sanitário prestados pela CAERN são vinculados ao consumo e ao tipo de coleta que podem ser: condominial,⁴⁰ ou convencional⁴¹.

As tarifas para o serviço de esgotamento sanitário são estipuladas obedecendo aos seguintes critérios:

- i) 35% do valor cobrado sobre o que for pago pelo consumo de água, nos casos em que o sistema de coleta é do tipo condominial; e,
- ii) 70% do valor cobrado sobre o que for pago pelo consumo de água, em situações onde a coleta de esgotos é do tipo convencional.

4.1.2 Abastecimento de Água, Coleta e Tratamento de Esgoto no RN

Dos 180 sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto do Estado do Rio Grande do Norte, 165 são de responsabilidade da CAERN, e se encontram distribuídos em 152 sedes de municípios e 13 localidades.

Isso inclui a operação de 40 sistemas de esgoto distribuídos em 39 municípios e uma (01) localidade (Praia de Pipa) o que traduz a envergadura do problema para atender ao que estabelece a Política Estadual de Saneamento.

Dos serviços de esgotamento sanitário prestados aos 167 municípios do estado, a CAERN detém a concessão de 146. A empresa de Serviços Autônomos de Águas e Esgotos (SAAE) administra 14 sistemas, e de forma direta 7 sistemas são de administração das prefeituras.

⁴⁰ Os sistemas de coletas condominiais têm uma tubulação que passa internamente nas áreas dos imóveis e os usuários são responsáveis pela manutenção das instalações sanitárias de suas residências

⁴¹ A coleta convencional é realizada através de uma tubulação lateral ao imóvel e conduz os dejetos á outra tubulação que é de responsabilidade da CAERN.

A distribuição de água pela CAERN alcança uma quantidade significativa de atendimento, sendo mais de 640 mil economias residenciais ativas⁴² no estado, das quais o maior número se encontra em áreas urbanas (Anexo 1).

Em várias localidades do estado registra-se a universalidade do atendimento dos serviços de distribuição de água, enquanto há uma carência significativa no atendimento do esgotamento sanitário, principalmente no interior do estado.

O tratamento de esgotos no estado é predominantemente realizado por meio de lagoas de estabilização, haja vista apresentarem, dentre outras vantagens, um custo relativamente baixo.

Segundo Grau (1991), Jordão & Pessoa (1995), Mara (1976), Silva (1982) e Von Sperling (1996) as lagoas de estabilização, têm:

- i) baixo custo de implantação e construção;
- ii) baixo custo de operação; e,
- iii) excelente eficiência de tratamento.

O gerenciamento das Estações de Tratamento de Esgotos no estado encontra-se assim distribuído:

- i) 41, pela CAERN (28%);
- ii) 7, pelos próprios municípios (100%); e
- iii) 4, pela SAAE (29%).

O início das operações dos sistemas de tratamento de esgotos com lagoas de estabilização no Rio Grande do Norte ocorreu na década de 1980 (Anexo 2), e a Estação de Tratamento Vila do Príncipe, sob gerenciamento do escritório regional Caicó, foi a primeira no estado a operar com este tipo de sistema (SILVA FILHO, 2007)

Para administrar seus sistemas de tratamento de esgoto e demais serviços, a CAERN, centralizou o gerenciamento em escritórios regionais que atendem o município no qual estão localizados e os que se encontram no seu entorno (Anexo 3).

A organização administrativa da CAERN distribui a gestão em seus escritórios:

1. Natal Sul;
2. Natal Norte;
3. Litoral Sul;

⁴² Economias residenciais ativas – Que se encontram ligadas à rede.

- ii) solos, (28%); e,
- iii) práticas de reúso inadequadas, (12%).

No que tange ao reúso da água para irrigação, encontra-se, o que considera Braga Filho e Mancuso (2003), reúso não potável para fins agrícolas, irrigação de plantas alimentícias e não alimentícias tais como pastagens e forrações.

No Estado do Rio Grande do Norte há casos presenciados nas estações de tratamento de esgotos, com os esgotos desviados ainda sem tratamento, e usados, inadequadamente, para o cultivo de culturas - em geral gramíneas - que servem de ração para os animais (ANDRADE NETO, 1997).

Isso mostra à importância da gestão da água e esgoto, que exige uma ação urgente para melhorar o desempenho das Estações de Tratamento de Esgotos, bem como sua ampliação, considerando que a prática de utilizar o esgoto sem tratamento tem elevado potencial de dano a saúde das pessoas que lidam com esse processo e também aos animais que ao ingerirem a ração com excesso de poluentes correm riscos de morte.

De acordo com Heller, *et al* (2008), o saneamento no Brasil tem como característica o atendimento prioritário nas áreas urbanas e no Rio Grande do Norte essa regra se mantém, com o abastecimento de água e o esgotamento sanitários em áreas urbanas dos municípios. Ainda se verifica que para atingir a universalização desses serviços há necessidade urgente de ações que tratem da estruturação, coleta e o tratamento do esgoto haja vista o baixo percentual de atendimento à população nesse quesito, principalmente quando se trata das áreas não urbanas (Anexo 4).

Se por um lado os serviços de distribuição de água são considerados significativos, os serviços de esgotamentos sanitários nos municípios do estado do Rio Grande do Norte registram, em média, percentuais inferiores a 37%, e desse modo corroboram com a publicação do censo 2010 do IBGE que incluí Natal entre as dez capitais brasileiras que tem menor cobertura de atendimento aos serviços referentes ao esgotamento sanitário⁴³.

⁴³ De acordo com o IBGE, as dez capitais brasileiras que apresentam menor cobertura de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário se encontram nas regiões Norte ou Nordeste:

- i) Porto Velho (2%);
- ii) Belém (6%);
- iii) Macapá (7%);
- iv) Manaus (11%);
- v) Teresina (15%);
- vi) Rio Branco (19%);
- vii) Maceió (31%);

Registram-se na CAERN que há regiões onde o atendimento aos serviços de esgotamento sanitário são inferiores aos 10%, como é o caso das localidades sob a área de abrangência dos escritórios regionais Natal Norte (9,31%) e Litoral Sul (6,81%).

Embora seja de maior relevância uma análise pontual no que tange aos serviços de águas e esgotamento sanitário, haja vista serem esses necessários à toda a população, em linhas gerais, no que concerne à distribuição de água no estado do Rio Grande do Norte, os percentuais de atendimento nas regionais registram uma média significativa.

Sobre os serviços de água e esgoto realizados pela CAERN, em 2010, conforme mostra o gráfico 4.1, ocorrem situações em que o atendimento é superior aos 92%, um percentual que precisa ser assegurado para todo os municípios do estado, atendendo o princípio da universalização dos serviços.

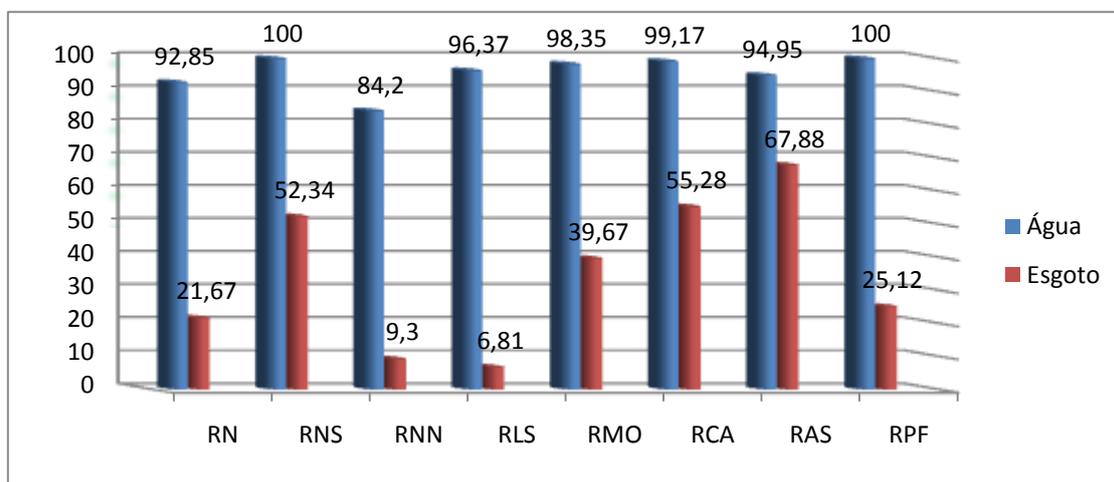


Gráfico 4.1 - Serviços de água e esgotos no RN (%)

Fonte: Elaborado a partir de dados da CAERN (2010).

4.2 Capacidade potencial de esgotos no Rio Grande do Norte.

Pode-se estimar a capacidade potencial de esgotos conhecendo-se a quantidade de água distribuída e considerar que deste volume é possível obter em média 80% de

-
- viii) Natal (31%);
 - ix) Aracajú (34%), e
 - x) Recife (37%).

esgoto⁴⁴, um volume que pode ser até superado na medida em que se consigam reduzir as perdas no sistema de distribuição e coleta dos esgotos.

Com isso aumenta-se a disponibilidade da água de reúso a partir do tratamento do esgoto, o que significa reduzir a pressão demandada dos recursos para atividades como a irrigação.

No Brasil há registros de sistemas que têm perdas de águas acima de 50%, como é o caso das cidades do Rio de Janeiro e Natal, e há também casos exitosos. Na cidade de Franca, cidade do interior de São Paulo, por exemplo, com aproximadamente 340 mil habitantes, os serviços de tratamento de água e esgoto apresentam índices que fazem a cidade ser reconhecida como a melhor cidade do País no que tange a esses serviços (BRASIL ECONÔMICO, 2009).

É imperativa a aplicação de medidas que visem combater esse desperdício, ainda mais acentuado pela demanda crescente para atendimento à população e as atividades produtivas.

As perdas podem ser consideradas aceitáveis se chegarem até 10%, e, em geral, tais perdas são físicas e advêm de:

- i) operação inadequada do sistema;
- ii) vazamentos;
- iii) rede de distribuição antigas.

O cálculo usado para determinar as perdas não contabiliza integralmente as perdas físicas, uma vez que corresponde à diferença entre a medida do volume de água que é distribuído e o volume correspondente ao que é efetivamente pago pelo usuários.

Isso mostra a importância da gestão do sistema de forma ampla, desde a efetiva mensuração do que é distribuído ao que é recebido como pagamento pelo uso.

De acordo com a CAERN (2010) entre o ano 2009 e 2010 houve um crescimento médio de 1,2% no número de ligações à rede de distribuição e do número de pessoas atendidas, conforme mostra a tabela 4.2, com o volume de água tratada aumentando 2,5% na capital e 7,5% para todo o estado.

⁴⁴ Cerca de 80% da água de abastecimento usada nas residências, nos estabelecimentos comerciais e instituições públicas em geral retornam na forma de esgoto (LEME, 2010, p.28)

Tabela 4.2 - Distribuição da rede, ligações e atendimentos da CAERN (2009 –2010).

Local	Ligações (1.000)			Água tratada (m ³ /ano)			Pessoas atendidas (Qte.)		
	2009 (Jun)	2010 (Dez)	%	2009	2010 (Dez)	%	2009 (Jun)	2010 (Dez)	%
Natal	176	178	1,2	79.977.590	82.111.351	2,5	741.928	750.956	1,2
Interior (RN)	403	413	0,1	133.222.995	148.378.783	11	1.359.495	1.381.875	1,6
RN	579	591	2,0	213.200.585	230.490.134	7,5	2.101.423	2.132.831	1,4

Fonte: CAERN (2010)

Isto para uma população em 2010 de 3.168.133 habitantes assim distribuídos:

- 803.811 em Natal; e,
- 2.364.322 no interior do estado.

Em relação à distribuição de água, o número de pessoas atendidas pela CAERN em 2010 correspondeu a:

- 750.956 pessoas das 803.811 residentes em Natal (93,43%); e
- 1.381.875 pessoas das 2.364.322 residentes no interior (58,45%).

Nesse mesmo ano, de 2010, o consumo *per capita* anual de água tratada era de:

- $(82.111.351 / 750.956) \text{ m}^3 = 109,34 \text{ m}^3$ (299,56 litros/dia) na capital; e
- $(148.378.783 / 1.381.875) \text{ m}^3 = 107,36 \text{ m}^3$ (294,14 litros/dia) no interior.

Traduz-se, desse modo, a possibilidade de obter - sem perdas no sistema de distribuição - o volume de esgoto doméstico anual (80% da água distribuída) de:

- $65.689.080 \text{ m}^3$ na capital que corresponde a 80% de $82.111.351 \text{ m}^3$; e
- $118.703.026 \text{ m}^3$ no interior ou seja, 80% de $148.378.783 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Como existem perdas em diversas fases do processo, inclusive no tratamento, ao se considerar que estas sejam de 10%, o volume de esgoto por ano seria de:

- $59.120.172 \text{ m}^3$ na capital que corresponde a 90% de $65.689.080 \text{ m}^3$; e
- $106.832.723,4 \text{ m}^3$ no interior ou seja, 90% de $118.703.026 \text{ m}^3$.

Estes valores refletem a capacidade potencial de esgoto existente, a partir da distribuição de água à população na capital e interior do estado, bem como a oportunidade de extrair a água presente no esgoto bruto⁴⁵, e utilizar em diversas atividades quando fossem submetidos ao tratamento com esse objetivo.

De acordo com Leme (2010) sabe-se que 99,53% dos esgotos domésticos correspondem a água. Isto significa a oportunidade de obter água de reúso nos percentuais de 99,53% do esgoto após considerar as perdas no sistema.

Neste contexto, do esgoto gerado no estado do Rio Grande do Norte em 2010, houve a oportunidade de extrair água de reúso em quantidades da ordem de:

- 58.842.307,19 m³ na capital que equivale a 99,53% de 59.120.172 m³); e
- 106.330.609,60 m³ no interior ou seja, 99,53% de 106.832.723,4 m³.

4.2.1 Oportunidades estimadas

Atualmente, neste ano de 2011, o reúso de água já é um negócio, um segmento crescente no mercado de abastecimento e que desperta a atenção e o interesse de outros setores da economia e de toda a sociedade (REVISTA DAE, 2009).

O trabalho que é realizado para obter água de reúso se considera relevante na medida em que assegura:

- proteção à saúde pública;
- manutenção da integridade dos ecossistemas, e
- o uso sustentado da água.

Além disso, traduz a oportunidade da exploração econômica do recurso hídrico que nesta década, 2010, apresenta-se como uma tendência em diversos fóruns que debatem o tema.

⁴⁵ Dependendo de sua concentração o esgoto doméstico bruto contém de 99,53% a 99,87% de água, e, apenas, 0,13% a 0,47% de constituintes suspensos e dissolvidos em sua massa líquida (sólidos totais, DBO, DQO, COT, compostos químicos e outros). Essa fração tão pequena de constituintes presentes no esgoto doméstico é responsável pela poluição e contaminação dos cursos de água, resultando na necessidade de tratamento (LEME, 2010, p.29)

A SABESP, desde a década de 1980, utiliza água de reúso em suas instalações para limpeza de equipamentos, manutenção de suas áreas e outras atividades, economizando 325 litros de água potável por segundo, o que é suficiente para abastecer cerca de 60.000 residências com 468 litros diariamente (REVISTA DAE, 2009).

Em 1997 esta empresa iniciou a comercialização de água de reúso, firmando contrato com a Linhas Corrente para distribuir 50.000 m³/mês (aprox. 20 litros/seg) através de uma tubulação de 900 m de comprimento e diâmetros, variando entre 150 a 200 mm. Desde 1997, a SABESP tem agregado à sua receita os rendimentos obtidos da negociação da água de reúso para empresas públicas e privadas do estado de São Paulo.

De acordo com Sampaio (2005) água de reúso distribuída em carros-pipas pela SABESP em 2005 se diferenciavam com as tarifas de cobrança, de 1 m³, em média:

- i) R\$ 0,38 para as prefeituras, e
- ii) R\$ 0,63 para os setores da indústria e particulares.

Considerando-se essas mesmas tarifas como base de cálculo para aplicar a 1 m³ da água de reúso, em 2010 no sistema da CAERN, a oportunidade estimada é de que fosse obtida uma receita da ordem de:

- R\$ 22.360.076,73 ou seja 58.842.307,19 m³ x R\$ 0,38, com a água de reúso da capital vendida às prefeituras, somente;
- R\$ 37.070.653,53, ou seja 58.842.307,19 m³ x R\$ 0,63, com água de reúso da capital vendida à indústria ou particulares;
- R\$ 40.405.631,65 ou 106.330.609,60 m³ x R\$ 0,38, com água de reúso do interior, vendida às prefeituras;
- R\$ 66.988.284,05 ou seja 106.330.609,60 m³ x R\$ 0,63, com água de reúso do interior, vendida à indústria ou particulares.

Nesse padrão a estimativa seria de se obter uma receita mínima de R\$ 62.765.708,38, e máxima de R\$ 104.058.937,58.

Isso significa no mínimo agregar valor ao recurso que ora se encontra sendo desperdiçado e causando danos ao meio ambiente.

4.3 Capacidade Potencial de Água de Reúso Localizada (2010)

4.3.1 Capacidade potencial em Parelhas

De acordo com o IBGE no Estado do Rio Grande, os municípios são distribuídos em 19 microrregiões, a saber: Agreste Potiguar; Angicos; Baixa Verde; Borborema Potiguar; Chapada do Apodí; Litoral Nordeste; Litoral Sul; Macau; Macaíba; Médio Oeste; Mossoró; Natal; Pau dos Ferros; Seridó Oriental, Seridó Ocidental; Serra de Santana; Serra de São Miguel; Umarizal e Vale do Assú.

Em cada uma dessas microrregiões encontram-se municípios e localidades que nessa configuração, assemelham-se nas questões políticas e geográficas de tal modo que os setores socioeconômicos e ambientais são afetados por decisões políticas e econômicas direcionadas à microrregião.

No que concerne ao saneamento básico e ambiental, visando o aproveitamento dos recursos provenientes dos resíduos sólidos e líquidos (hídricos) com os quais se possam contar nas ações em benefício da região, é imperativa uma tomada de decisão pautada em conhecimentos específicos das localidades.

A água de reúso surge como um desses recursos essenciais às atividades do setor comercial, agropecuário, industrial e doméstico, considerando a homogeneidade das condições socioeconômicas e ambientais existentes entre os municípios que conformam as ações políticas necessárias ao crescimento da economia e do desenvolvimento da região.

É significativo que seja considerado o trabalho realizado em Parelhas, um dos municípios do Seridó, na perspectiva de sua replicação nas demais localidades da região.

Conforme apresentado no Capítulo III a utilização da tecnologia de tratamento de esgotos com a implementação do SWC possibilita a geração de água de reúso em condições seguras para aplicação em sistemas de irrigação, principalmente, considerando que os nutrientes - presentes na água de reúso - favorecem o desenvolvimento das culturas e traz como vantagem ao empreendimento a redução dos custos de aquisição de fertilizantes, tais como o Nitrogênio e o Fósforo.

Além disso, o resultado obtido no trabalho mostrou que a forma articulada entre o SWC e a Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) além do baixo custo de instalação gera outras oportunidades:

- i) água de reúso para a irrigação, podendo ser ampliada para outras atividades;
- ii) o uso de resíduos de cerâmicas na construção das unidades, e
- iii) a produção de alimentos na Unidade *Wetland*, que foram disponibilizadas como ração para bovinos, podendo ser distribuída para outros animais.

4.3.1.1 Estação de tratamento B123

Essa estação de tratamento de esgoto está localizada no setor urbano da cidade de Parelhas e tem como características:

- i) área equivalente a 9.696,76 m²; vértices (nas coordenadas geográficas UTM): 1) (758292,25 mE/9260789,39 mS); 2) (758324,24 mE/9260771,61); 3) (758324,85 mE/9660847,91 mS); 4) (758356,64 mE/9260829,95 mS); e,
- ii) uma lagoa facultativa, com 65 m de comprimento por 35 m de largura e 1,20 m de profundidade.

O projeto elaborado para a Estação de Tratamento foi configurado com:

- i) vazão de, aproximadamente, 140,83 m³/dia;
- ii) atendimento de 1.280 contribuintes, e
- iii) carga de DBO de 455,1 mg/litro/dia.

Estudos realizados pela CAERN, em 2010, indicam a necessidade de uma reconfiguração da ETE B123, uma vez que a vazão média registrada atualmente de 67,88 m³/h (1.629,12 m³/dia), conforme mostram o gráfico 4.2 e a tabela 4.3, é muito superior à vazão projetada para a Lagoa.

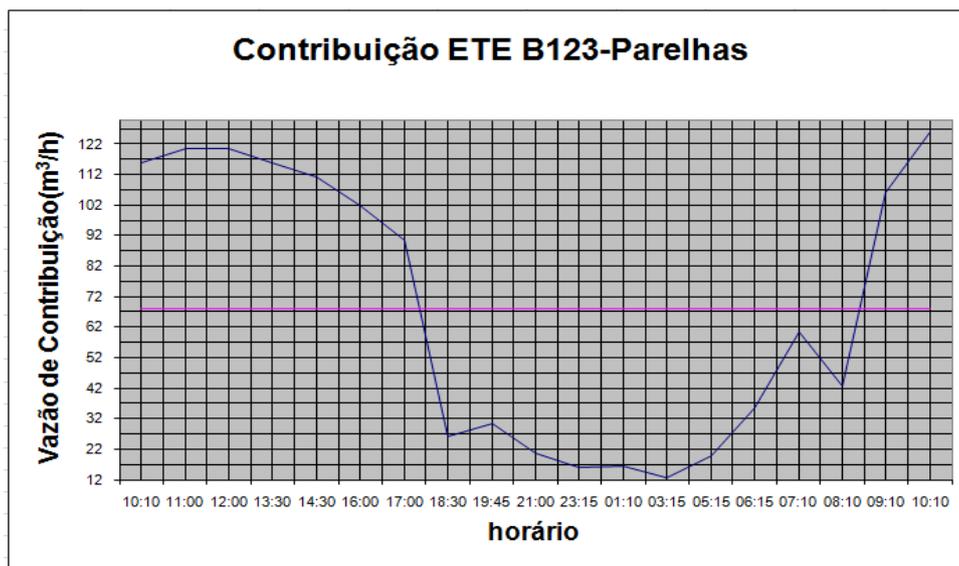


Gráfico 4.2 - Perfil de contribuição diário da ETE B123.
Fonte: CAERN (2011)

Tabela 4.3 Dados de vazão coletados para o perfil diário no afluente da lagoa.

Horário	Vazão (m³/h)	Vazão média (m³/h)
10h 10min	115,83	67,88
11h	120,67	67,88
12h	120,67	67,88
13h 30min	115,84	67,88
14h 30min	111,22	67,88
16h	101,85	67,88
17h	90,66	67,88
18h 30min	26,28	67,88
19h 45min	30,47	67,88
21h	20,87	67,88
23h 15min	15,94	67,88
1h 10min	16,33	67,88
3h 15min	12,74	67,88
5h 15min	19,75	67,88
6h 15min	35,6	67,88
7h 10min	60,34	67,88
8h 10min	42,46	67,88
9h 10min	106,17	67,88
10h 10min	126,07	67,88

Fonte: CAERN (2011).

Isso significa que as condições de funcionamento do sistema para realizar o tratamento não permitem um bom desempenho, trazendo como conseqüências o impacto ambiental negativo, principalmente, no leito do rio Seridó. Na figura 4.3 tem-se o esquema geral da disposição dos componentes da ETE B123, inclusive a indicação do local onde o efluente da lagoa de estabilização é lançado.

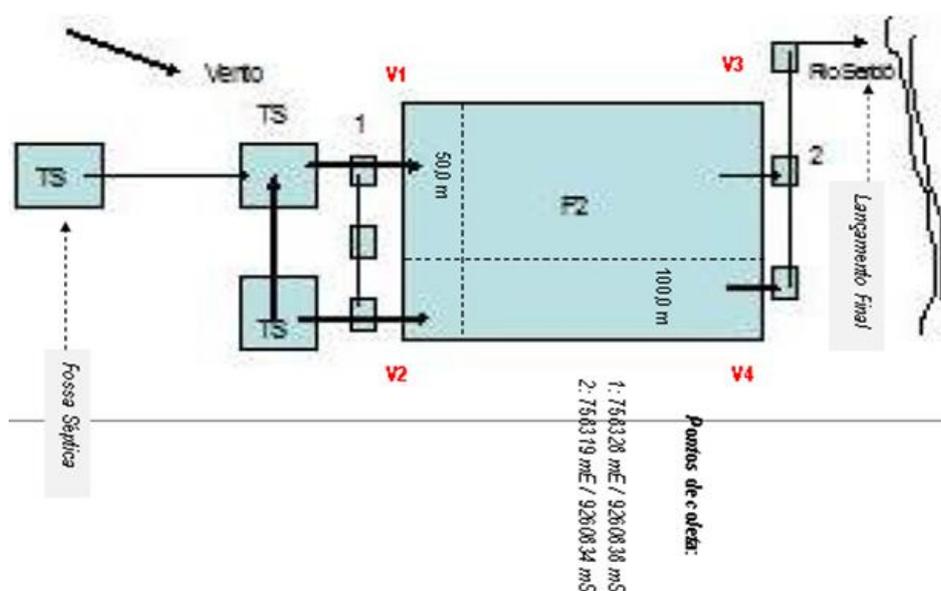


Figura 4.3 – Esquema de instalação da ETE B123 (1).

Fonte: CAERN (2011).

4.3.1.2 Estação de tratamento B4

A ETE B4 está localizada no setor urbano da cidade e, no período compreendido entre 2004 e 2005, foi objeto de aplicação da tecnologia de tratamento com o SWC. Esta ETE apresenta como características:

- i) uma área equivalente a 41.302,32 m²;
- ii) vértices (nas coordenadas geográficas UTM): 1) (758790,72 mE/9260730,48mS); 2) (7588838,01 mE/9260710,893mS); 3) (758752,33 mE/9260636,67 mS); 4) (758799,65 mE/9260617,30 mS);
- iii) lagoa facultativa com 100 m de comprimento por 50 m de largura e 1,20 m de profundidade; e,

- iv) unidade de tratamento *Wetland* com 15m de largura, 30 m de comprimento e 0,60 m de altura.

O projeto elaborado para a ETE B4 foi configurado admitindo-se:

- i) vazão de, aproximadamente, 1.234,65 m³/dia;
 ii) atendimento de 11.238 contribuintes; e
 iv) carga de DBO de 455,1 mg/litro/dia.

Estudos realizados pela CAERN, em 2010, indicam uma vazão média de 11,85 m³/h (284,40 m³/dia), conforme apresentam o gráfico 4.3 e a tabela 4.4.

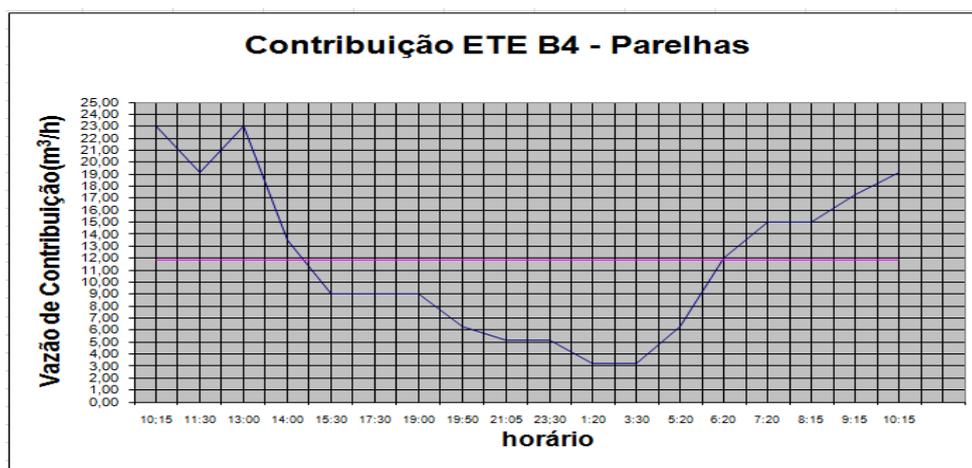


Gráfico 4.3 – Perfil de contribuição diário da ETE B4.

Fonte: CAERN (2011).

Tabela 4.4 Dados de vazão coletados para o perfil diário no afluente da lagoa.

Horário	Vazão	Vazão média
10h 15min	22,98	11,85
11h 30 min	19,15	11,85
13h	22,98	11,85
14h	13,50	11,85
15h 30min	8,99	11,85
17h 30 min	8,99	11,85
19h	8,99	11,85
19h 50min	6,30	11,85
21h 05min	5,15	11,85
23h 30 min	5,15	11,85
1h 20min	3,20	11,85
3h 30min	3,20	11,85
5h 20min	6,30	11,85
6h 20min	12,00	11,85
7h 20min	15,00	11,85
8h 15min	15,00	11,85
9h 15min	17,30	11,85
10h 15min	19,15	11,85

Fonte: CAERN (2011).

Nas figuras 4.4 e 4.5, encontram-se o esquema geral da instalação da ETE B4 com seus componentes e o local onde o efluente da lagoa é descartado.

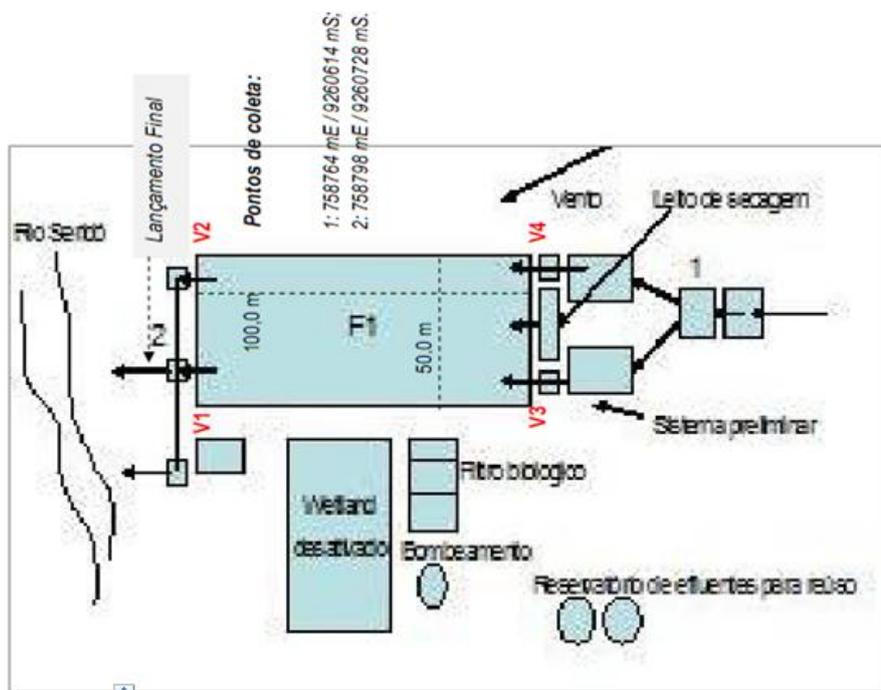


Figura 4.4 - Esquema de instalação da ETE B4.

Fonte: CAERN (2011).



Figura 4.5 - Imagem da situação da ETE B4 e da Unidade *Wetland* (2).

Fonte: CAERN (2011).

4.3.1.3 Estação de tratamento B56

A estação de tratamento de esgoto B56 está localizada no setor urbano da cidade, e tem como características:

- i) área equivalente a 6.029,42 m²;
- ii) vértices (nas coordenadas geográficas UTM): 1) (758908,87 mE/ 9260607,65 mS); 2) (758946,26 mE/ 9260590,47 mS); 3) (758886,36 mE/ 9260551,16 mS); e, 4) (758923,75 mE/ 9260533,30 mS);
- iii) uma lagoa facultativa com 60 m de comprimento por 40 m de largura e 1,20 m de profundidade.

O projeto elaborado para essa Estação de Tratamento foi configurado para:

- i) vazão de, aproximadamente, 198,72 m³/dia;
- ii) atendimento de 1.809 contribuintes;
- iii) carga de DBO de 455,1 mg/litro/dia.

Estudos realizados em 2010 indicam que a vazão média é de 7,89 m³/h (189,36 m³/dia, conforme mostram o gráfico 4.4 e a tabela 4.5.

Tabela 4.5 Dados de vazão coletados para o perfil diário no afluente da lagoa.

Horário	Vazão (m ³ /h)	Vazão média
9h	8,74	7,89
10h	9,35	7,89
11h 15 min	13,51	7,89
12h 30min	11,94	7,89
13h 30min	13,51	7,89
15h	9,35	7,89
16h 30min	7,70	7,89
18h	7,26	7,89
19h 30min	7,10	7,89
20h 50 min	7,26	7,89
23h	4,42	7,89
1h	1,99	7,89
3h	1,99	7,89
5h	2,40	7,89
6h	6,45	7,89
7h	10,16	7,89
8h	10,16	7,89
9h	8,74	7,89

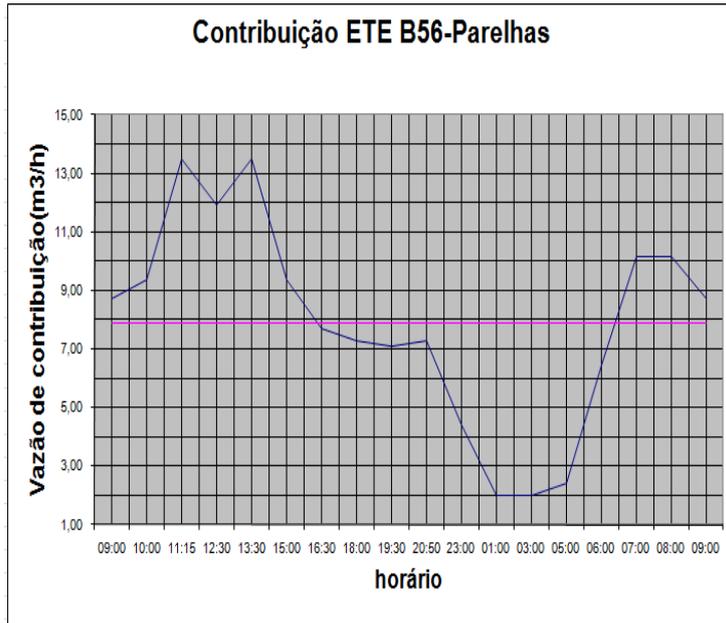
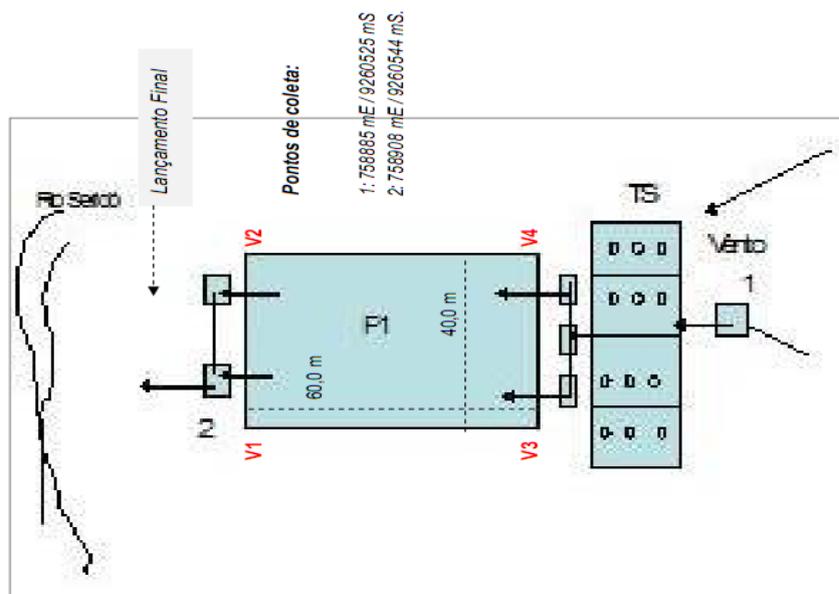


Gráfico 4.4 - Perfil de contribuição de esgoto da ETE B56
 Fonte: CAERN (2011)

O funcionamento do sistema encontra condições de realizar o tratamento de modo eficiente e o efluente da lagoa de estabilização é descartado no leito do rio Seridó que se encontra a uma distância de 240 m. A figura 4.6 mostra o esquema geral de instalação da ETE, e a imagem com a disposição de seus componentes.



(1)



(2)

Figura 4.6 - Esquema de instalação da ETE (1); e Imagem da situação da ETE (2)

Fonte: CAERN (2011).

Comparando-se esses dados com as análises das contribuições de esgoto nas ETEs do município, localizadas na área urbana, tem-se 67,88 m³/h na ETE B123 + 11,85 m³/h na ETE B4 + 7,89 m³/h na ETE B56. No total são 87,62 m³/hora (2.102,88 m³/dia).

Verifica-se ainda uma superação do número de contribuições de 14.327 habitantes para as ETEs, na medida em que segundo a CAERN, a coleta de esgoto em Parelhas atende a 95,37% de 17.084 habitantes, que corresponde a população urbana.

Portanto, o volume *per capita* diário de 123,10 litros (2.102,88 m³/17.084 habitantes), é a capacidade de esgoto que submetido a tratamento adequado pode ser utilizado em diversas atividades, principalmente à agricultura.

Isto pode ser obtido a partir de uma ação política que considere a inserção do Sistema *Wetland* Construído no processo de gestão.

4.3.1.4 Capacidade de geração de água de reúso em Parelhas

Fazendo-se as mesmas considerações anteriores sobre os percentuais de composição de água no esgoto, e das perdas, é possível inferir que Parelhas registra uma capacidade potencial de produção de água de reúso diariamente de aproximadamente 89,57% de 2.102.880 litros de esgotos. (Considerando-se perdas de 10% no sistema de tratamento).

Isso significa que diariamente 1.883.549,62 litros de água de reúso podem ser agregados ao sistema, reduzindo nesta quantidade a pressão por água potável, que vem sendo disponibilizada para usos em atividades que podem ser atendidas com a água de reúso.

Em termos de contribuição de água de reúso *per capita* ao dia têm-se 110,25 litros (1.883.549,62 litros/17.084 habitantes), uma oportunidade que deve ser ressaltada uma vez que em Parelhas os esgotos têm sido descartados no leito do rio Seridó sem tratamento adequado.

Com uma ação que objetive a produção da água de reúso além do benefício social e ambiental obtido com o tratamento seguro de esgoto, verifica-se que existe a oportunidade de otimizar o sistema de distribuição da água.

4.3.2 Capacidade potencial de esgoto no Estado e Território Cidadania Seridó

Potencial no Estado

Parte da capacidade potencial de produzir água de reúso, já é conhecida quando das coletas de esgoto que são realizados pela CAERN.

Existe um processo de ampliação no atendimento dos serviços de esgotamento sanitário que de acordo com os percentuais apresentados carecem de aceleração em ampliar e reestruturar também os já existentes, o que se verifica a partir dos números que mostram, além de um baixo percentual de atendimento, o esgoto ser apenas coletado e não submetido a tratamento.

Como mostra a tabela 4.6, existe um volume de esgoto coletado através das redes condominiais que se configuram como uma real capacidade de aproveitamento

para produzir água de reúso, sendo necessária a implementação de uma ação com esse objetivo.

Tabela 4.6 Sistema de Esgotamento Sanitário da CAERN (2009 – 2010)

Local	Esgoto coletado (m ³ /ano)		Esgoto tratado (m ³ /ano)		Ligações de esgoto ativas (Nº)		Coletas de esgoto (Nº de pessoas)	
	2009	2010	2009	2010	2010 (Jun)	2010 (Dez)	2010 (Jun)	2010 (Dez)
Natal	10.815.401	11.799.088	5.145.968	5.614.006	52.534	55.446	267.550	277.175
Interior	7.507.176	7.549.736	7.507.176	7.549.736	64.713	66.286	254.653	259.454
RN	18.322.577	19.348.824	12.653.144	13.707.943	117.247	121.732	522.203	536.629

No caso dos serviços de esgotamento sanitário da CAERN, o número de pessoas beneficiadas com a coleta de esgotos é de:

- 277.175 entre 803.811 que residem na capital (34,48 %); e
- 259.454 entre 2.364.322 que residem no interior do estado (10,97%).

Verifica-se o baixo percentual da população beneficiada com a coleta de esgoto e que dessa coleta são tratados anualmente:

- 5.614.006 m³ de 11.799.088 m³ na capital (47,58%); e
- 7.549.736 m³ no interior do estado (100%).

De acordo com os dados da CAERN o esgoto coletado anual *per capita* corresponde a:

- 42,57 m³ (116,60 litros/dia) na capital; e
- 29,10 m³ (79,73 litros/dia) no interior.

Seguindo-se os valores *per capita* anual de esgoto coletado no Rio Grande do Norte, e ampliando-se para a população da capital e do interior do estado tem-se anualmente um potencial de esgoto, mesmo considerando-se as perdas, assim distribuído:

- (42,57 m³/hab) x (803.811 hab) correspondente a 34.218.234,27 m³ na capital; e

- $(29,10 \text{ m}^3/\text{hab}) \times (2.364.322 \text{ hab})$ que corresponde a $68.801.770,2 \text{ m}^3$ no interior.

Com a tendência do atendimento universal de disposição de água tratada, coleta e tratamento de esgoto, no estado do Rio Grande do Norte, a contribuição de esgotos tratados para diversos usos aumentará de forma significativa e poderá ser uma alternativa para a companhia de água e esgoto, incentivar o uso da água de reúso em diversas atividades bem como obter receita com a comercialização do esgoto tratado.

Isso se apresenta como atrativo e incentivo ao tratamento do esgoto uma vez que mesmo ao se considerar as perdas do sistema, ao se tratar integralmente o esgoto coletado de toda a população do estado e utilizar os mesmos critérios anteriores (extração de 89,57% do esgoto e tarifas de água de reúso de R\$ 0,38 (trinta e oito centavos de real) para as prefeituras e R\$ 0,63 (sessenta e três centavos de real) para a indústria ou particulares) teriam sido obtidas receitas anuais da ordem de:

- $89,57\% \text{ de } 19.348.824 \text{ m}^3/\text{ano} \times \text{R\$ } 0,38/\text{m}^3 = \text{R\$ } 6.585.681,83/\text{ano}$ (vendida integralmente às prefeituras), ou,
- $89,57\% \text{ de } 19.348.824 \text{ m}^3/\text{ano} \times \text{R\$ } 0,63/\text{m}^3 = \text{R\$ } 10.918.367,24/\text{ano}$ (vendida integralmente à indústria e particulares).

Deve ainda ser considerado que, neste caso, com o aproveitamento do volume total de água de reúso, $17.330.741,66 \text{ m}^3/\text{ano}$ (557,19 litros/seg), seria possível economizar uma quantia de água potável que atenderia a 102.865 residências.

Esses dados refletem a necessidade de investimentos para consolidar o atendimento de distribuição de água, em particular nos municípios do interior do estado, como também os serviços de esgotamento sanitário que se apresentam bastante deficitários.

Potencial no Território Cidadania Seridó

De acordo com o planejamento estratégico institucional do Governo Federal para aplicação do Programa Territórios da Cidadania⁴⁶, lançado em 2008, foi considerado o Território Cidadania Seridó no âmbito do estado do Rio Grande do Norte.

⁴⁶ Programa Território Cidadania é um programa do Governo Federal de incentivo ao desenvolvimento e o crescimento econômico de municípios agrupados em territórios de regiões do país.

O Território Cidadania Seridó (Figura 4.7) corresponde a uma área do RN formada pelos municípios das microrregiões Serra de Santana, Seridó Oriental e Ocidental, além do município de Jucurutu da microrregião Mossoró.

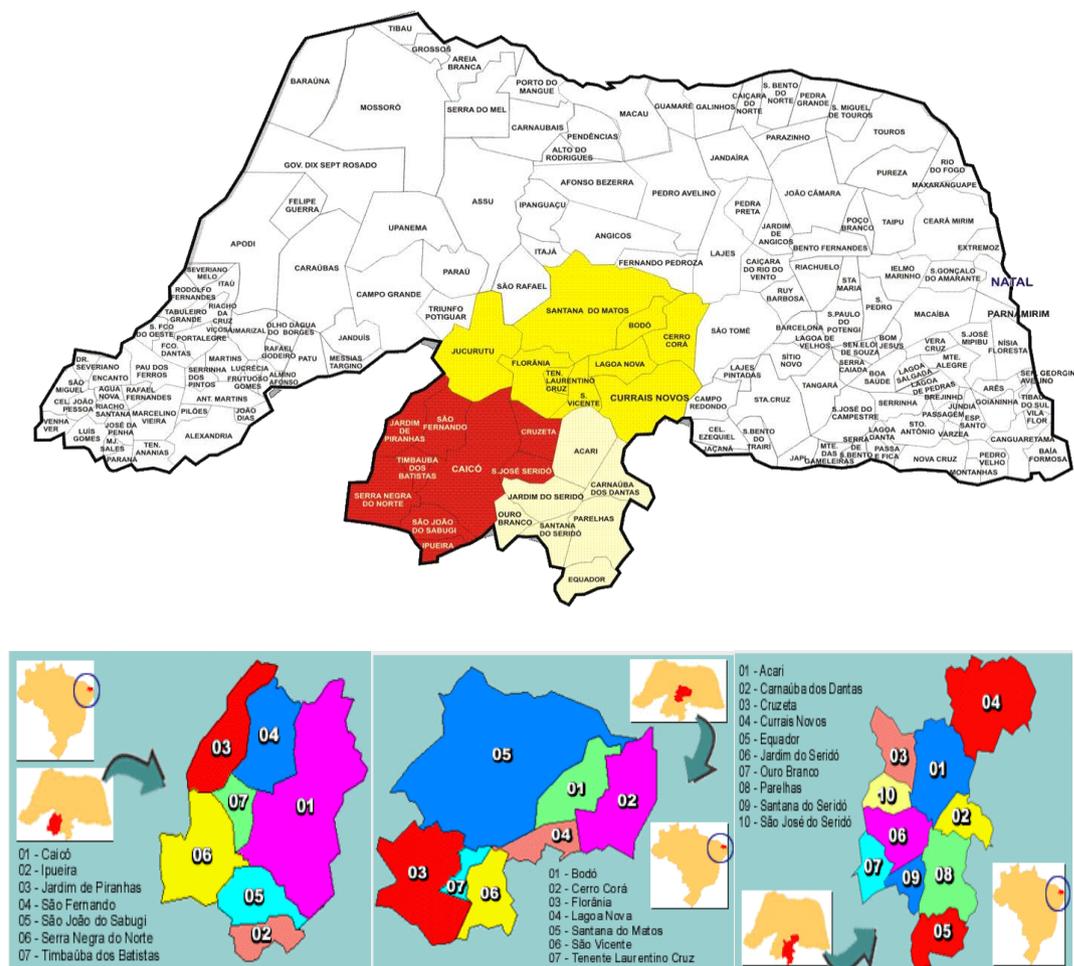


Figura 4.7 - Localização dos Municípios do Território Cidadania Seridó - RN.

Fonte: Elaboração a partir do MDA e IBGE (2010).

Para que possam ser atendidos os objetivos desse programa é de fundamental importância que na construção das estratégias ocorra a participação social e a integração entre Governo Federal, estados e municípios. A produção da água de reúso com o SWC mostra-se como uma das ações que pode contribuir para atingir o objetivo do programa, especialmente se á irrigação e produção de forragem. Neste contexto, a utilização da água de reúso é uma alternativa viável, conforme mostrou o SWC em Parelhas que produziu água de reúso merecendo o crédito de ponto de partida e referência das ações para os demais municípios da região.

Na tabela 4.7 apresentam-se os municípios inseridos no Programa Território Cidadania Seridó com indicadores tais como Índice de Gini, Densidade demográfica, área, PIB per capita, população urbana, rural. Dentre os municípios que têm mais de 10 mil habitantes estão Caicó, Currais Novos, Cerro Corá, Jardim de Piranhas e Parelhas.

Tabela 4.7 – Municípios do Território Cidadania Seridó (RN).

Município	População (hab.)		PIB <i>per capita</i> 2008 (R\$)	Área (Km ²)	D.dem. (hab/km ²)	Índice de Gini
	Urbana	Rural				
Acarí	8.902	2.133	4.758,71	608,57	18	0,41
Bodó	2.495	1.393	4.971,71	253,52	15	0,36
Caicó	57.461	5.248	6.355,07	1.228,57	30	0,47
Carnaúba Dantas	6.028	1.401	4.195,61	245,65	30	0,40
Cerro Corá	10.916	4.742	3.754,73	393,57	39	0,41
Cruzeta	6.521	1.446	5.272,54	295,83	26	0,44
Currais Novos	37.777	4.875	5.615,38	864,34	49	0,44
Equador	4.810	1.012	4.528,53	264,98	21	0,44
Florânia	8.959	6.857	4.134,21	504,93	31	0,41
Ipueira	1.889	188	2.288,75	127,35	16	0,34
Jardim de Piranhas	10.596	2.910	4.178,51	330,53	40	0,38
Jardim do Seridó	9.835	2.278	4.744,08	368,64	32	0,38
Jucurutú	8.869	8.823	4.481,71	933,72	18	0,40
Lagoa Nova	6.801	7.182	3.423,64	176,30	79	0,39
Ouro Branco	3.258	1.441	4.793,36	253,30	18	0,37
Parelhas	17.084	3.270	4.674,84	513,05	39	0,39
Santana do Matos	6.895	6.914	3.707,81	1.419,40	9	0,39
Santana do Seridó	1.653	873	4.665,55	188,40	13	0,41
São Fernando	2.297	1.104	8.009,39	404,42	8	0,37
S. João do Sabugí	4.756	1.166	4.450,81	277,01	21	0,37
S. José do Seridó	3.302	929	6.590,30	174,50	24	0,38
São Vicente	3.765	2.263	3.829,21	197,82	30	0,39
S. Negra do Norte	4.997	2.773	4.412,36	562,39	13	0,39
Ten. Laurentino Cruz	1.152	4.254	3.954,83	74,37	72	0,39
Timbaúba dos Batistas	1.728	567	4.784,76	135,45	16	0,38

Fonte: Elaboração a partir dos dados do IBGE (2010).

Na tabela 4.8 têm-se os registros da contribuição de esgotos e da geração de água de reúso que pode ser produzida em cada um dos municípios.

Tabela 4.8 – Contribuição de Esgoto e Geração de Água de Reúso dos municípios do Território Cidadania Seridó.

Município	População (hab.)		ETE	Contribuição do Esgoto Urbano (litros/dia)	Geração de Água de Reúso (litros/dia)
	Urbana	Rural		(Pop. urbana x 123,10 litros/dia)	(89,57% da Cont.do Esgoto Urbano)
Acarí	8.902	2.133	Acari	1.095.836,20	981.540,48
Bodó	2.495	1.393	-	307.134,50	275.100,37
Caicó	57.461	5.248	V. do Castelo	7.073.449,10	6.335.668,36
Carnaúba Dantas	6.028	1.401	-	742.046,80	664.651,32
Cerro Corá	10.916	4.742	-	1.343.759,60	1.203.605,47
Cruzeta	6.521	1.446	-	802.735,10	719.009,83
Currais Novos	37.777	4.875	Caça e Pesca	4.650.348,70	4.165.317,33
			Agrícola		
			Mané Mago		
			Belota		
Equador	4.810	1.012	-	592.111,00	530.353,82
Florânia	8.959	6.857	Açude do Café	1.102.852,90	987.825,34
Ipueira	1.889	188	-	232.535,90	208.282,40
Jardim de Piranhas	10.596	2.910	-	1.267.437,60	1.135.243,86
Jardim do Seridó	9.835	2.278	-	1.210.688,50	1.084.413,69
Jucurutú	8.869	8.823	Jucurutú BI, II e III	1.091.773,90	977.901,88
Lagoa Nova	6.801	7.182	Jesus Menino	837.203,10	749.882,82
Ouro Branco	3.258	1.441	-	401.059,80	359.229,26
Parelhas	17.084	3.270	Ivan Bezerra (B123); B4 e Dinarte Mariz (B56)	2.103.040,40	1.883.693,29
Santana do Matos	6.895	6.914	-	848.774,50	760.247,32
Santana do Seridó	1.653	873	Cemitério	203.484,30	182.260,89
			Rio São Bento		
São Fernando	2.297	1.104	-	282.760,70	253.268,76
S. João do Sabugí	4.756	1.166	-	585.463,60	524.399,75
S. José do Seridó	3.302	929	S. J. do Seridó	406.476,20	364.080,73
São Vicente	3.765	2.263	-	463.471,50	415.131,42
S. Negra do Norte	4.997	2.773	Aécio Batista	615.130,70	550.972,57
Ten. Laurentino	1.152	4.254	-	141.811,20	127.020,29
T. dos Batistas	1.728	567	-	212.716,80	190.530,44
TOTAL	232.746	76.042	-	21.540.653,49	19.293.963,33

Fonte: elaboração a partir do IBGE (2010)

4.4 O SWC e as oportunidades socioeconômicas e ambientais

Ao implementar a tecnologia de tratamento com o SWC em todo os municípios do Território Cidadania Seridó obtém-se água de reúso, os nutrientes essenciais ao cultivo, a forragem bem como a redução dos impactos ambientais negativos advindos de: lançamentos de efluentes sem tratamento adequado; e, resíduos de olarias e cerâmica - que têm aproveitamento assegurado como componente do SWC.

Conforme mostra a tabela 4.9, em cada município, do Território Cidadania Seridó, configuram-se oportunidades estimadas de produção de água de reúso.

Tabela 4.9 Oportunidades estimadas com a implementação do SWC nos municípios do Território Cidadania Seridó.

Município	Água de Reúso (litros/dia)	Nitrogênio (kg/dia)	Forragem (kg/m ² /dia)	Res. Cerâmicos (m ³)
Acarí	981.540	58,24	5,07	321,94
Bodó	275.100	16,32	1,42	90,23
Carnaúba Dantas	664.651	39,43	3,43	218,01
Cerro Corá	1.203.605	71,41	6,22	394,78
Cruzeta	719.009	42,66	3,71	285,83
Currais Novos	4.165.317	246,14	20,52	1.366,22
Equador	530.353	31,47	2,74	173,96
Florânia	987.825	58,61	5,10	324,01
Ipueira	208.282	12,36	1,08	68,32
JardimdePiranhas	1.135.243	67,36	5,36	372,36
Jardim do Seridó	1.084.413	64,34	5,10	355,69
Jucurutú	977.901	58,02	5,05	320,75
Lagoa Nova	749.882	43,49	3,87	245,96
Ouro Branco	359.229	21,31	1,86	117,83
Parelhas	1.883.693	110,76	9,23	617,85
Santana do Matos	760.247	45,11	3,13	249,36
Santana do Seridó	182.260	10,81	6,07	59,78
São Fernando	253.268	15,03	1,31	83,07
S. João do Sabugí	524.399	31,11	2,71	172,00
S. José do Seridó	364.080	21,60	1,88	119,42
São Vicente	415.131	24,63	2,14	136,16
S. Negra do Norte	550.972	32,69	2,04	180,72
Ten. L. Cruz	127.020	7,54	0,66	41,66
Timbaúba dos Batistas	190.530	14,30	0,98	62,49
TOTAL	19.293.963	1.144,74	99,68	6.378,42

Fonte: Elaboração a partir dos dados do IBGE (2011).

Ao considerar a capacidade de contribuição de esgoto *per capita* da população residente na área urbana de Parelhas, de 123,10 litros/dia utilizando-a como parâmetro ao Território Cidadania Seridó tem-se a capacidade potencial dos municípios.

Isso caracteriza a implementação de uma prática que agrega valor e traz benefício socioeconômico e ambiental para a região.

Com a possibilidade de implementação do SWC, gera-se a oportunidade de empregos, diretos na construção e operação dos Sistemas bem como de forma indireta haja vista os insumos gerados no processo de tratamento.

Além disso, surgem, a água de reúso e os nutrientes, como insumos, que podem ser utilizados para recompor a mata nativa que vem sendo utilizada de forma intensiva para queima, principalmente na indústria de cerâmica, e que respondem pelo processo de desmatamento na região.

Várias são as famílias que têm seu sustento da produção de carvão e comercialização de lenha. Uma prática que precisa ser reestruturada e desenvolvida na perspectiva de se evitar a exaustão da matéria prima bem como promover o equilíbrio do ecossistema.

Credita-se à implementação de uma política pública de aproveitamento do esgoto, tratando-o e produzindo água de reuso, o alcance dos objetivos em mitigar os impactos advindos do lançamento de efluentes sem tratamento adequado, bem como beneficiar socialmente, economicamente e ambientalmente a região analisada.

4.4.1 Produção de nitrogênio.

O Nitrogênio é um nutriente essencial ao desenvolvimento das culturas, sendo um dos fatores limitantes à implementação de práticas agrárias devido ao seu custo de aquisição que é agregado ao processo de produção.

Dentre aqueles nutrientes presentes no efluente dos SWC encontram-se o Nitrogênio e o Fósforo, considerando que o tratamento terciário do esgoto realizado pelo SWC consiste em estabelecer níveis para esses nutrientes se tornem adequados para uso como fertilizantes nos sistemas de irrigação e cultivo de diversas culturas.

Com a prática do cultivo utilizando os efluentes do SWC, se consegue reduzir os custos da produção de ração para o rebanho bem como contribuir para a mitigação do aquecimento do planeta.

No SWC em Parelhas a obtenção de Nitrogênio foi de aproximadamente 59,08 mg/litro/dia, que para a vazão garantida de 30.000 litros/dia significa obter no sistema, em Parelhas, a quantidade de 1,78 kg de Nitrogênio/dia.

Com este valor verifica-se que o SWC se aplicado a todos os municípios do Território Cidadania Seridó disponibilizaria 1.144,74 kg/dia de Nitrogênio.

4.4.2 Produção de forragem

A forragem extraída na Unidade *Wetland* em Parelhas apresentou rendimento equivalente à 0,155kg/m²/dia, considerando-se a vazão de 30 m³/dia.

Utilizando esse referencial e aplicando-o aos municípios analisados, conclui-se que no total há oportunidade de geração de forragem de cerca de 99,68 kg/m²/dia.

Incentivar à proposta de instalação dos SWC é proporcionar a oportunidade de beneficiar a implementação da agropecuária, considerando que essa atividade requer o recurso hídrico que o sistema pode disponibilizar com o tratamento de esgoto.

4.4.3 Resíduos de cerâmicas na construção

Em Parelhas, conforme foi mostrado no Capítulo III, houve a oportunidade de utilizar no SWC os resíduos de cerâmica que advém das olarias e cerâmicas presentes em número significativo na região.

O trabalho registrou que para atender, satisfatoriamente, as condições apresentadas no experimento em Parelhas, a unidade de tratamento foi construída com dimensões de 30 m de comprimento x 15 m de largura x 0,60 m de profundidade, aonde são colocados 9,84 m³ de substratos. Ou seja, para uma unidade *Wetland* que ocupa uma área de 450 m², cerca de 10 m³ de resíduos da indústria cerâmica podem ser aproveitados considerando que os resultados do trabalho mostraram que esses resíduos das olarias e cerâmicas atenderam ao objetivo do SWC em tratar o esgoto.

Além disso, verifica-se que para produzir água de reúso com o aproveitamento potencial dos recursos dos municípios pertencentes ao Território Cidadania Seridó, podem ser utilizados 6.328 m³ dos resíduos produzidos nas cerâmicas e olarias. Este volume de resíduos a ser aproveitado se reveste de importância na medida em que em grande parte são dispostos no solo causando impacto ambiental negativo.

4.4.4 Água de reúso

A partir de uma ação política de aproveitamento do recurso existente nos municípios, no caso o esgoto doméstico verifica-se que o uso da tecnologia de tratamento do esgoto com o SWC, se aplicado integralmente à região gera um abastecimento diário de aproximadamente 19.293.963 litros de água de reúso. Isto em uma região que registra escassez de água mostra que o potencial que existe para ser explorado significa além de reduzir a pressão por água potável, fazer uso da água de reúso para atividades como irrigação, proporcionando benefícios tais como:

- i) incluir o ser humano em atividades de desenvolvimento na agropecuária;
- ii) recompor a caatinga, e
- iii) reduzir a emissão de CO₂, um dos gases que contribui para o efeito estufa e o aquecimento do planeta.

Predomina na região um solo com fertilidade baixa, um regime de chuvas irregularmente distribuídas, com uma produção na agricultura diversificada (Anexo 5), podendo ser utilizada a água de reúso como insumo importante, ao se agregar a tecnologia de tratamento utilizada no Sistema *Wetland* Construído aos serviços do esgotamento sanitário na região do Semiárido do Estado do Rio Grande do Norte ampliando e promovendo a disseminação do trabalho desenvolvido em Parelhas.

CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conta certa lenda, que estavam duas crianças patinando num lago congelado. Era uma tarde nublada e fria, e as crianças brincavam despreocupadas.

De repente, o gelo quebrou e uma delas caiu, ficando presa na fenda que se formou.

A outra, vendo seu amiguinho preso, e se congelando, tirou um dos patins e começou a golpear o gelo com todas as suas forças, conseguindo por fim, quebrá-lo e libertar o amigo.

Quando os bombeiros chegaram e viram o que havia acontecido, perguntaram ao menino:

- Como você conseguiu fazer isso? É impossível que tenha conseguido quebrar o gelo, sendo tão pequeno e com mãos tão frágeis!

Nesse instante, um ancião que passava pelo local, comentou:

- Eu sei como ele conseguiu.

Todos perguntaram:

- Pode nos dizer como?

- É simples: - respondeu o velho.

- Não havia ninguém ao seu redor para lhe dizer que não seria capaz.

Albert Einstein.

No Estado do Rio Grande do Norte, da mesma forma como nos demais estados brasileiros, é imperativa a necessidade de políticas públicas de distribuição de água em condições seguras que não comprometam a saúde, o meio ambiente e a economia. Além disso, também se tornam importantes e urgentes as ações de combate aos danos que vêm sendo causados, principalmente nas bacias hidrográficas do estado, com a disposição inadequada das águas residuais. Para isso, deve ser posto em prática o que explicita o saneamento básico em sua abrangência plena, ou seja, além do atendimento à demanda por água, que sejam pautados os serviços de coleta de resíduos sólidos e esgotos bem como seu tratamento.

No que concerne ao tratamento de esgoto, a problemática no estado também não difere muito das demais regiões do País na medida em que é significativa a ausência

desses serviços que agravam ainda mais os corpos hídricos e dificultam o acesso à água de qualidade.

As águas residuais têm sido motivo de preocupação pelas externalidades negativas advindas de seu escoamento sem tratamento, embora possam se configurar como um recurso que pode ser aproveitado em benefício do meio ambiente e da economia, principalmente. A partir de uma política de utilização da água presente no esgoto geram-se oportunidades tais como reduzir a pressão da demanda por água potável para ser utilizada em atividades que a água de reúso tem condições de atender de forma segura. Para isso basta recorrer a técnicas e tecnologias que se conformam como relevantes para o processo considerando sua viabilidade econômica.

Nesse contexto a região do semiárido Potiguar, onde a escassez de água é uma das características marcantes, a realização de uma ação que oportunize a utilização da água servida se coaduna com as políticas socioeconômicas e ambientais na medida em que pode ser utilizada como uma ferramenta de combate à pobreza e aos demais empecilhos ao desenvolvimento.

Ao se propor a urgência no atendimento da melhoria dos serviços de tratamento de esgoto e de sua ampliação, além de se configurar uma ação de redução das doenças advindas do meio contaminado tem-se a oportunidade de fazer o aproveitamento da água de reúso em benefício de atividades econômicas como a irrigação para produção de culturas com diversas finalidades.

A prática do reúso de água se mostra viável em diversas situações e aplicada no semiárido nordestino permitirá que se consiga:

1. reduzir a disponibilidade de água nobre para a irrigação, atualmente, responsável por, cerca de 70% do uso da água;
2. fazer o uso de água nos “cinturões verdes” e hortas periféricas; nas áreas urbanas e rurais;
3. garantir no mínimo o tratamento primário de esgotos domésticos, que segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS já é suficiente para torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto;
4. promover a melhoria da produtividade das culturas na medida em que os nutrientes e a matéria orgânica dos esgotos favorecem o cultivo e a fertilização do solo, e

5. utilizar o recurso na indústria, em sistemas de refrigeração, geração de vapor bem como em regas de locais públicos, limpezas de ruas, descargas de vasos sanitários, dentre outros.

Considerando a existência de técnicas e tecnologias que permitem o reaproveitamento de águas uma vez utilizadas, dentro dos padrões de qualidade a que estas se destinam, oportuniza-se a redução do uso da água no seu estado nobre (BRITO, 2005, p.27).

Dentre as diversas tecnologias que permitem o tratamento da água em condições de reúso, o processo realizado nos Sistemas *Wetland* Construídos, tem garantido a reutilização da água em padrões adequados e a um menor custo. Além disso, ao se articular o SWC ao tratamento que é realizado nas Estações de Tratamento de Esgotos que trabalham com o sistema de lagoas de estabilização (como é o caso da maioria das ETES no estado) se reveste de importância considerando que essas além de serem a opção mais simples apresentam excelente eficiência (JORDÃO & PESSOA, 2005).

Dependendo do tipo de lagoa, ou da série de lagoas empregadas, a remoção de organismos patogênicos é de até 99,99% (ABUJAMRA, 2003)

O trabalho avaliou e quantificou o potencial de utilização do Sistema *Wetland* Construído no Estado do Rio Grande do Norte, incluindo a região do Território Cidadania Seridó a partir do experimento realizado no município de Parelhas.

Foram abordadas as principais condicionantes necessárias a implementação e disseminação do SWC no semiárido do Rio Grande do Norte, com o objetivo de fazer o aproveitamento da água de reúso obtida a partir do tratamento dos esgotos domésticos, em particular nas ETES operadas pela CAERN na região do Seridó e seu entorno.

O SWC participa desse estudo como elemento motivador da obtenção do recurso (água de reúso) para uso em diversas atividades, principalmente em irrigação de culturas que tragam benefícios sociais, econômicos e ambientais.

A implementação dos SWC e o aproveitamento da água de reúso se configura como uma medida eficaz de atendimento ao saneamento, principalmente nos municípios mais pobres, a exemplo daqueles localizados na região Seridó Potiguar, considerando-se o potencial de irradiação solar, condição esta que facilita o processo de fotossíntese.

A pesquisa registrou a significativa parcela de resíduos cerâmicos de olarias na região dispostos irregularmente no ambiente natural que podem dar sua contribuição ao ser utilizada no SWC se configurando como uma ação mitigadora. Este tipo de resíduo

foi utilizado como substrato do SWC e mostrou-se eficaz em sua função, trazendo ao projeto a vantagem de serem reduzidos os custos do investimento.

Para atender as demandas sociais utilizando-se a implementação do SWC deve ser garantido que esse recurso será distribuído em quantidade e qualidade, que se traduz por estabelecer normas legais e a garantia de um uso racional. Destaca-se também a necessária inserção do tema nas práticas educacionais e na mídia, além da ampliação de pesquisas que busquem inovações e promovam a eficiência.

Comprovou-se que a eficiência do SWC permite propô-lo como uma alternativa de política pública voltada ao aproveitamento de esgotos doméstico. Verificou-se que há um potencial a ser explorado no estado do Rio Grande do Norte a partir do tratamento do esgoto doméstico que é gerado após o uso da água distribuída e que vem sendo desperdiçado e motivo de agressões ao ambiente.

O trabalho também indica que a replicação do SWC na ETE de Parelhas em regiões como o Território Cidadania Seridó permite o aproveitamento do esgoto doméstico cuja capacidade potencial é apresentada para a região como um todo, e também por município, traduzindo-se como oportunidades de se obter:

1. uma produção de mais de 1.000 kg/dia de nitrogênio;
2. a geração de aproximadamente 100 kg/m²/dia de forragem;
3. o aproveitamento e a possibilidade de mitigar o impacto causado por um volume de mais de 6.000 m³ de resíduos produzidos nas cerâmicas e olarias;
4. aproximadamente 20.000 m³/dia de água de reúso;
5. a inserção do ser humano em atividades de desenvolvimento na agropecuária;
6. a redução das emissões de CO₂, um dos gases que contribui para o efeito estufa e o aquecimento do planeta.

O trabalho desenvolvido em Parelhas com a disposição do efluente tratado no SWC mostra que sua expansão em outras localidades da região se conforma como uma significativa contribuição à política de saneamento ambiental que agregada à política de desenvolvimento e da economia possibilita, com o uso do efluente gerado no SWC, mitigar os impactos decorrentes da retirada da mata nativa da caatinga, com o replantio de árvores. Neste contexto o Sistema *Wetland* Construído se insere como facilitador das

ações em prol do desenvolvimento da região considerando as alternativas viabilizadas pelo recurso que o sistema é capaz de gerar.

Uma solução em curto prazo indica a necessidade da participação do Estado em promover programas que permitam a adoção de tecnologias mais adequadas às atividades que vem sendo considerada a principal responsável pelo processo de desertificação, bem como da disposição inadequada dos esgotos.

Os resultados já vistos com o SWC mostram que há possibilidade de mitigar os impactos ambientais decorrentes da disposição de esgotos domésticos e dos resíduos cerâmicos, bem como contribuir no combate à desertificação da região o que traduz a importância de sua adoção pelos poderes públicos.

Foi revelado no trabalho que há necessidade de se analisar os eventos que traduzem práticas sociais, econômicas e ambientais que tenham como objetivo uma convivência interativa entre o ser humano e o meio ambiente sem que este seja degradado ou que apresente dificuldade de acesso.

Conforme se percebe existe a oportunidade de serem desenvolvidos projetos que produzam efeitos favoráveis à região sobre diversos aspectos, sendo necessária a vontade política de atendimento às demandas que internalizam a água de reúso no processo de produção e o aproveitamento em média de contribuição de 160 litros/hab.dia de água que pode ser extraída dos 200 litros de esgotos que cada pessoa gera diariamente (SANTOS, 2007).

No decorrer do estudo se verificou ainda a necessidade de um levantamento mais minucioso das reais condições de operação dos sistemas de água e esgotamento sanitário nas regiões, com o objetivo de serem propostas ações que contribuam nas decisões que visem melhorar o desempenho das Estações de Tratamento e eliminar as causas das perdas existentes no sistema.

Nesta perspectiva, descreve-se neste trabalho a eficiência da Unidade *Wetland*, cujo sistema poderá ser utilizado enquanto alternativa provável para minimizar o atual quadro relacionado ao uso desordenado da água e do tratamento do esgoto no Estado do Rio Grande do Norte.

Em decorrência das dificuldades de atendimento às diversas demandas que requerem a água para diferentes atendimentos, tanto para uso humano, como para a agricultura, se deve investir no atendimento às necessidades básicas, o que exige uma política de desenvolvimento da região onde se utilize o esgoto doméstico, principalmente na irrigação.

De acordo com Silva *et al* (2003) um importante incentivo por parte das agências de desenvolvimento, governos em todos os níveis e empresas privadas para combinar tratamento a baixo custo com irrigação poderia conduzir à solução do problema triplo de poluição, escassez e saúde, que atormentam grande parte do mundo.

Para tanto se faz necessário avançar nesse estudo quanto às implicações ambientais, sociais e econômicas, com a disposição da água de reúso através de escoamento superficial, no leito do rio, na infiltração no solo, na disponibilidade de biomassa para alimento do rebanho, na irrigação para produção de alimentos, na mitigação dos impactos advindos dos resíduos cerâmicos, e na contribuição como fonte alternativa de energia.

Espera-se com o trabalho contribuir através do estudo da utilização do SWC para o equacionamento das questões vinculadas ao problema do pós-tratamento de resíduos oriundos dos sistemas de esgotos principalmente das cidades do semiárido potiguar.

A insuficiência, a falta de atualização e de sistematização de informações sobre as estações de tratamento de esgotos no estado representam um empecilho para se conhecer a real situação desses serviços de forma a permitir a proposição de políticas públicas para o setor, bem como ao direcionamento de ações de entidades governamentais ou privadas as quais lidam com a questão.

No Brasil, a tecnologia *Wetland*, de elevado potencial de desenvolvimento principalmente, em regiões em que se encontrem áreas e geografia favoráveis, com a sua divulgação, encontrará apoio à implementação, haja vista a relação custo benefício, que poderá ser atrativa do ponto de vista não somente econômico, mas principalmente nos aspectos ambiental e social. Com isso, é de suma importância dar forma a um racional ambiente político-institucional de suporte à tecnologia.

A prática que deve ser incentivada e implementada exige a participação da sociedade em fóruns políticos e a reivindicação aos gestores públicos de ações concretas no que concerne a esses serviços, os quais encontram respaldo legal em diversos artigos da legislação brasileiras no tocante as questões ambientais.

Recomenda-se uma ampliação do estudo agregando ao mesmo informações que contribuam para que seja exigida uma política pública abrangente onde esteja inserido o SWC que ainda possibilita:

1. o emprego de pessoal na construção dos sistemas e nas fases subseqüentes que englobam o monitoramento e uso dos produtos obtidos com a utilização da água de reúso;
2. reduzir o número de pessoas atendidas com problemas de saúde advindos do manejo, uso e consumo de águas poluídas;
3. implementar projeto de uso de culturas como fonte de energia renováveis tais como a produção de lenha para indústrias de cerâmica e o cultivo de oleaginosas como fontes energéticas alternativas; e,
4. outras atividades que permitam a utilização da água de reúso.

Com os dados levantados neste trabalho verifica-se que a implementação do SWC se configura como uma oportunidade de alavancar o desenvolvimento da região do semiárido nordestino, a partir da utilização da água de reúso. Para isso, é necessário que o SWC seja agregado à política do estado no que concerne ao saneamento ambiental.

Considerando ainda os benefícios socioeconômicos e ambientais que podem ser obtidos com uma ação concreta de aproveitamento da água presente no esgoto, torna-se imperativo que a sociedade seja motivada a participar desse processo de construção das políticas públicas em prol do desenvolvimento do estado do Rio Grande do Norte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUJAMRA, Renata Carolina Pifer. **Avaliação da eficiência na remoção de nitrogênio do sistema de tratamento de esgotos de Ponta Negra**. Natal, 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

ADESE - Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó. **Diagnóstico do uso da lenha nas atividades agroindustriais do território do Seridó**. ADESE, RN. 2008.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for Examination of Water and wastewater**. 19^a ed. Washington: APHA, 1995. 1155 p.

ARISTON JÚNIOR, *et al.* **Remoção de fósforo total em sistemas de alagados para tratamento de água residuária**. In: 6^o SLUSBA. Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos de Língua oficial portuguesa, Cabo Verde. novembro, 2003

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução do original inglês: *Water quality for agriculture*. FAO, Roma. 1985. Tradução: Departamento de Engenharia Agrícola, UFPB. 1991.

BARBOSA, Francisco. **Diferentes visões da água**. - In: BARBOSA, Francisco (Coordenador). *Ângulos da Água: Desafios da Integração*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

BARLOW, Maude. **Água, Pacto azul. A Crise Global da Água e a Batalha pelo controle da Água Potável no Mundo**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2009.

BARROS, Aldre Jorge Morais. **Caracterização físico-química e sanitária das águas superficiais usadas na irrigação de hortaliças (ALFACES, *Lactuca sativa* L.) e dos solos irrigados nos municípios de Lagoa Seca e Sapé**. Campina Grande, 1997. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande.

BRAGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso de água**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Org.). *Reúso de água*. São Paulo: Manole, 2003. p. 21- 36.

BRASIL, **Constituição Federal** (1988).

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Investimentos federais em saneamento: relatório de aplicações entre 01 de janeiro de 2003 e 30 de setembro de 2006**. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Política de Desenvolvimento Regional. **Nova delimitação do Semiárido Brasileiro/** Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Política de Desenvolvimento Regional. - Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e Controle da Água para Consumo Humano/** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério de Desenvolvimento Agrário.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos.

BRITO, Luiz Pereira. **Reutilización de agua residual depurada. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental–** ABES. Natal. 209 p. 1998.

BRITO, Luiz Pereira. **Investigacion sobre reutilizacion de águas residuales pra fines urbanos (recreativos y limpiezas viaria) com vistas a justificar uma proposta de normativa.** Madrid. Univ. Olitecnica de Madrid. Tesis doctoral, 321 p. 1997.

CAERN – Companhia de Água e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte. Consulta documental da Assessoria de Gestão Empresarial. 2010- 2011.

CARVALHO, Andréia Matos *et al.*. **Presença de macrófitas aquáticas medicinais nas baías Negra e Salobra, rio Paraguai, Cáceres, Pantanal Norte, Mato Grosso do Sul, Brasil.** In: IV Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal, SIMPAN 2004 – Sustentabilidade regional, Corumbá, MS.

CASTRO, Carlos Ferreira de Abreu, SCARIOT, Aldicir. **A Água e os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio.** In: Douwbor, Ladislaw (Organizador). Administrando a água como se fosse importante. Gestão Ambiental e Sustentabilidade. - São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

CEBALLOS, Beatriz Souza. **Utilização de Indicadores Microbiológicos na tipologia de Ecossistema Aquáticos de Trópico Semiárido.** São Paulo. Instituto de Ciências Biomédicas. Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, p.192.

CEBALLOS, Beatriz Souza, OLIVEIRA, H; MEIRA, C.M.B.S. *River Quality improvement by Natural and constructed Wetland Systemm in the Tropic Semi-arid Region of Northeas Brazil. 7th Interntional conference on Wetland System for Water Pollution control.* – Lake Buena Vista – Florida, 2000.

CENED, Centro Nacional de Educação. **Curso Gerenciamento e Reúso da Água.** Porto Alegre, RS. 2010.

CINI, Elisa Rubini. **Aula de Biologia sobre sistemas, organismos e ecologia.** Disponível em: <http://www.algosobre.com.br/videos/viewvideo/2/biologia/aula-de-biologia-organizacao-celular/pagua-1.html>. Acesso em 20 de junho de 2010.

CLARKE, Robin T., KING, Jannet. **O Atlas da Água**. Trad. Ana Maria Quirino. São Paulo: Publifolha, 2005.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em: <http://www.daescs.sp.gov.br/index.php?area=c7lkw2>. 1996. Acesso em 12 de mar. 2005

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17.05.2005. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília, DF. 2005.

COSTA, Luciana Luna; CEBALLOS, Beatriz S. O.; MEIRA, Celeide M. B. S.; CAVALCANTI, Mário Luiz Farias. **Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colídeos e bacteriológicos**. Revista de Biologia e Ciências da Terra. n. 1, 1º semestre. 2003

COSTA, Regina Helena Pacca. **Água: Matéria-Prima Primordial à Vida**. - In: TELLES, Dirceu D'Alkimin, COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães (Org.) Reúso da Água: Conceitos, Teorias e Práticas. – 1ª ed – São Paulo: Editora Blucher, 2007.

DAE REVISTA. **3º Workshop de Uso e Reúso Águas Residuárias**. São Paulo: Revista Especial da SABESP, Agosto de 2009.

DENNY, P. **Implementation of Constructed Wetland in Developing Counties**. Water science Technology. London, v.35, nº 5, 1997.

DOWBOR, Ladislaw. **Administrando a água como se fosse importante. Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005

EMBRAPA. **Arroz e Feijão. Sistemas de Produção**, Nº 4. ISSN 1679-8869. Versão eletrônica. Dez/2004

E & P, ENGENHARIA E PROJETOS. Projetos e Consultoria de Engenharia Civil e Ambiental Disponível em: http://www.enge.com.br/reuso_agua.htm. Acesso em: 10.12.2010.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, 601 p.

EVANGELISTA, Antônio R.; ROCHA, Gudesteu Porto. **Forragicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000, 134 p.

FNS. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3ª Ed. rev.- Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006, 402 p.

FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcellos de. **Curso Gestão e Regulação de Águas**. Notas de aulas. UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

FERREIRA, E. S. **Cinética Química e Fundamentos dos Processos de Nitrificação e Desnitrificação Biológica**. In: XXVII congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental. Anais. Porto Alegre: ABES, 2000, p. 01-25.

FREITAS, K. R. **Caracterização e reúso de efluentes do processo de beneficiamento da indústria têxtil**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GRAU, M. D. M. *Depuración por Lagunaje de águas residuales*. Manual de Operadores. Madrid: dirección General de Medio Ambiente. MOPT, 1991. 169 p.

GUIANET – Guia Internet do Brasil. 2000. Disponível em: <http://www.guianet.com.br/rn/maparn.htm> Acesso em: 03 de mar. 2005

HELLER, Léo, REZENDE, Sonaly Cristina e HELLER, Pedro Gasparin. **Saneamento Básico: Os Desafios da Universalização do Saneamento Básico no Brasil**. In: BARBOSA, Francisco (Coordenador). Ângulos da Água: Desafios da Integração. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. p. 65-94.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reuso água no Brasil – agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. Disponível em: <http://www.aguabolivia.org/situacionaX/IIIencAguas/contento/trabjos-verde/TC-58.htm>. Acesso em: 21 fev. 2005.

HESPANHOL, Ivanildo. **A urgência do reúso**. Disponível em: http://www.usp.br/cirra/leia_mais_noticia.php?passa_id_noticia=14. Acesso em 21 fev. 2005.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. 2000. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> > . Acesso em: 20 dez.2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de Amostra de domicílios (PNAD)**. Rio de Janeiro, 2009

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Síntese de indicadores sociais. Uma análise das condições de vida da população brasileira. Rio de Janeiro, 2010.

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente. Disponível em: http://www.rn.gov.br/secretarias/idema/perfil_p.asp. 2000. Acesso em 20 abr. 2010.

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente. Consulta documental em 2010.

IEAv, Instituto de Estudos Avançados. Disponível em: http://www.ieav.cta.br/enu/yuji/agua_doce.php Acesso em 10 de dezembro de 2010.

IPCC, Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. **Mudança do Clima 2007: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade, Contribuição do Grupo de Trabalho II ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do**

Clima. Disponível em <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar4-wg2-spm.pdf>. Acesso: 20 de dezembro de 2009.

JORDÃO, Eduardo Pacheco & PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005. 932 p.

LAUTENSCHLAGER, Sandro Rogério. **Modelagem do desempenho de Wetlands construídas**. São Paulo, 2001. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

LEI Nº 11.445. **Diretrizes nacionais para o Saneamento Básico**. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm). Acesso em 10 de dezembro de 2010.

LEME, Eduardo José de Arruda. **Manual Prático de Tratamento de Águas Residuárias**. São Carlos: EdUFSCar, 2010, 595 p.

LUCAS FILHO, Manoel *et al.* **Projeto de Pesquisa: Reutilização de Água residuária em Irrigação no Semi-árido Nordeste**. Natal: Depto. Eng. Civil, Depto. De Agropecuária, Depto. De Eng. Química, depto. De Microbiologia e Parasitologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003.

MACEDO, J. A. B. **Águas e Águas**. 8ª ed. São Paulo: Ática, 2000.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1987, 496 p.

MALVEZZI, Roberto. **Bendita Água**. Brasília: Comissão Pastoral da Terra, 2003.

MARA, D. D. *Sewage treatment in hot climates*. Chichester: John Wiley e Sons Ltd., 1976. 168 p.

MARQUES, David Motta. **Terras Úmidas Construídas de Fluxo Subsuperficial**. In: CAMPOS, José Roberto (Coordenador). **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro, 2003.

MARX, K.; ENGELS, F. **A Ideologia Alemã**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

MATOS, Antônio Teixeira *et al.* **Qualidade das águas superficiais e subterrâneas em área alagada usada para tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos de cafeeiro**. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 2004. Poços de Caldas, MG. Resumos expandidos. Brasília, D.F.: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490 p.), p. 949-952.

MEDEIROS, Henrique Rocha de. **Composição química e degradabilidade do Capim-de-caho (*Sorghum halepense*, (L.) Pers) e do Capim Andrequicé (*Echinochloa crus-galli*, (L.) Beauv.)**. Recife, 1999. 83 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição). Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

MENEZES, Maria Amélia S., *et al.* **O Centro de Pesquisa Sobre Tratamento de Esgotos e Reúso de Águas**. In: Reúso de Águas em Irrigação e Piscicultura/organizado por Suetônio Mota, Marisete Dantas Aquino e André Bezerra Santos. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará/Centro de Tecnologia, 2007.

METCALF E EDDY, INC. **Ingenieria de Aguas Residuales – Tratamento, Vertido e Reutilizacion**. Tradução da 3ª ed. em Inglês “*Wastewater engineering – treatment, disposal reuse*”. 3ª ed. Madrid. McGraw-Hill, Interamericana de Espana, S.A.U 1.485 p. 1997.

NOGUEIRA, Paulo Ferraz. **Educação Ambiental**. Vol 5,: 2ª ed.Embrapa, 2009, 280 p.

NBR 7.229. Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto, construção e Operação de sistemas de Tanques Sépticos**. Rio de Janeiro, 1993.

OLIVEIRA, Ana Cleide Arrais. **Eficiência de Terras Úmidas cultivadas com arroz (*Oryza sativa*) e *Typha spp* em substratos de areia e brita no tratamento de águas contaminadas com esgoto domésticos**, Paraíba, Brasil. Campina Grande, 2004. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande.

ONU BRASIL , Organização das Nações Unidas no Brasil. **A ONU e o meio ambiente**. Disponível em: <http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-e-o-meio-ambiente/>. Acesso: em 12 de outubro de 2010.

ONU, Organizacion das Naciones Unidas. **Resolucion Aprobada por La asamblea General 64/292. El derecho humano al agua e el saneamiento**. Disponível em: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml. Acesso: em 15 de novembro de 2010.

PASSETO, Wilson. **XX Encontro Técnico AESABEP FENASAN**. Revista SANEAS. Ano XX. Nº34. Julho-Agosto-Setembro. 2009.

PES, João Hélio Ferreira. **O Mercosul e as águas: a harmonização, via Mercosul, das normas de proteção às águas transfronteiriças do Brasil e Argentina**. – Santa Maria: Ed. da UFSM, 2005.

PNRS. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei 12.305 de 2/08/2010. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em 2 de dezembro de 2010.

PNUD. Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento. Disponível em <http://www.pnud.org.br/idh/>. Acesso em 25.01.2011

POSTEL, Postel. ***Who Will Export Tomorrow's Virtual Water?. in the Truth About Water Wars***. Seed Magazine; May 14, 2009.

PUPO, Nelson Ignácio Hadler. **Manual de pastagens e forrageira: formação, conservação, utilização.** Campinas, São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979, 343 p.

RAMOS, Pedro. **Desenvolvimento, Excedente, Desperdício e Desigualdade: a Insustentabilidade de Nosso Modo de Vida.** In: Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais/organizado por Rodrigo Constante Martina e Norma Felicidade Lopes da Silva Valencio – São Carlos: RiMa, 2003.

RIBAS, Rodrigo Pacheco. **Estratégias de Empresas de Petróleo no Cenário de Mudanças Climáticas Globais.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético).- Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro: COPPE, 2008, 158 p.

ROCHA, Gerônimo Albuquerque. **Um copo d'água.** São Leopoldo, Rio Grande do Sul: Editora Unisinos, 2003, 108 p.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

SACHS, Ignacy. **O Desenvolvimento sustentável: do conceito à ação. De Estocolmo a Johannesburgo.**- In: Dowbor, Ladislaw (Org.). Administrando a água como se fosse importante. Gestão Ambiental e Sustentabilidade. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005

SADER, Emir. **Águadebebe.** Disponível em: <http://www.institutocarbonobrasil.org.br/artigos/noticia=113550>. Acesso em 20.09.2010.

SALATTI FILHO, E. **Wetland projects developed in Brazil.** Water Sci. Tech., Vol. 40, nº 3, p. 19-25, 1999.

SAMPAIO, Américo de Oliveira. **Experiência da Sabesp na Venda de Água de Reúso.** I Oficina de Trabalho de Reúso de Água Não Potável. SABESP. São Paulo. 2005.

SAMPAIO, Marceley da Silva *et al.* **Uso de Sistema de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Köppen-Geiger e de Thornthwaite.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.8857

SANTANA, José Augusto da Silva *et al.* **Balço hídrico e classificação climática de thornthwaite da Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte-RN.** Brasil Florestal Nº 80. Agosto de 2004.

SANTOS, André Bezerra. **Avaliação Técnica de Sistemas de Tratamento de Esgotos.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007.

SANTOS, Josildo Lourenço. **Avaliação de Tecnologias de pós-tratamento de Efluente de lagoa facultativa primária objetivando o reúso na irrigação agrícola.** – Natal. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Universidade Federal do Rio grande do Norte: Centro de Tecnologia, 2004, 81 p.

SENRA, João Bosco. **Água, o desafio do terceiro milênio**. In: VIANA, G. O desafio da sustentabilidade. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2001, p. 133 - 144.

SETTI, Arnaldo Augusto *et al.* **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrográfica, 2000. 207 p.; 23 cm.

SILVA, Ana Karla. FLORES, Liliane Cristina. GALDEANO, Marcos. **Reúso de Água e Suas Implicações Jurídicas**. São Paulo: MF Navegar Editora, 2003, 116 p.

SILVA, Dirceu Jorge Silva; QUEIROZ, Augusto César. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002, 235 p.

SILVA FILHO, Pedro Alves. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. Natal, RN, 2007. 169 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Rio grande do Norte. Programa Regional de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária.

SILVA, Manoel Osvaldo Senra Alves. **Análise físico-químicas para controle de estações de tratamento de esgotos**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1977, 226 p.

SILVA, S. A. *On the treatment of domestic Sewage in Waste Stabilization Ponds Northeast Brazil*. PhD Thesis. University Of Dundee. U. K., 1982. 249 p.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de direito ambiental**. – 8. Ed. re., atual. e ampl. – São Paulo: Saraiva, 2010.

SOUZA, J. T. de. VAN HAANDEL, A. C. GUIMARÃES, A. V. A. **Pós-tratamento de Efluente Anaeróbio Através de Sistemas Wetland Construídos**. In: Chernicharo, C. A. L. (Coordenador). Pós-tratamento de Efluentes de reatores Anaeróbios. Coletânea de Trabalhos Técnicos, Belho Horizonte: ABES, 2000, p. 25-32.

TOMAZ, Plínio. **Economia de Água para Empresas e Residências: Um estudo atualizado sobre o Uso Racional da Água**. 2ª ed - São Paulo: Navegar Editora, 2001.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001 – 2003, 156 p.

TUNDISI, José Galizia. **Conservação e uso sustentável de recursos hídricos. O desafio urgente**. In: Barbosa, Francisco (Organizador). Ângulos da Água: desafios da integração. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

VAN HAANDEL, Adrianus; MARAIS, Gerrit. **O comportamento do sistema de lodo ativado**. Campina Grande: Epgraf, 1999, 488 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**; Vol. 1, 2ª Edição revisada; Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. DESA.UFMG. 243 p. 1996.

WESTCOT, Dennis W; AYERS, Robert S. **Crterios de Calidad Del Agua de Riego**. In: PETTYGROVE, G. Stuart; ASANO, Takashi. *Manual Practico de Riego com Água Residual Regenerada*. Barcelona: Califórnia, Califórnia State Water Resources Control Board, in Report nº 84 – 1 wr, 1990, p. 35 – 67. Tradução do original inglês “Irrigation with Reclameid Municipal Wastewater – A Guidance Manual”. Tradutor: MUJERIEGO, Rafael. Barcelona. 1991.

WMO. *World Meteorological Organization. Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*. Genebra. 1997.

WWAP. *World Water Assessment Programme*. Disponível em: <http://www.biodiversityreporting.org/article.sub?docId=23826&c=Brazil%20Print&cRef=Brazil%20Print&year=2007&date=October%202006>. Acesso em: 20. 10.2008.

ANEXOS

ANEXO 1 - Distribuição de água no Estado por Escritório Regional e suas Unidades.

Localidades	Água				
	Economias	Taxa	População		
	residenciais ativas	hab/residência	Atendida	Urbana	Atendimento
RN	640.221	3,65	2.336.807	2.516.669	92,85
Interior - Água	428.106	3,63	1.372.875	1.408.713	97,46
CAERN + Rural	640.221	3,62	2.225.736	2.225.736	100
CAERN	640.221	3,62	2.123.831	2.211.099	96,05
RNS	144.999	3,57	511.352	497.691	100
URZS	41.120	3,57	146.798	162.746	90,20
Esc D. C. Macio	25.112	-	-	-	-
Esc D. Planalto	16.008	-	-	-	-
URZL	35.006	3,57	118.677	118.677	100
Esc D. Ribeira	18.387	-	-	-	-
Esc D. Alecrim	16.619	-	-	-	-
URZO	36.961	3,57	131.951	216.268	61,01
Esc D. B. Pastor	19.313	-	-	-	-
Esc D. F.Camarão	17.648	-	-	-	-
URCE	31.912	3,57	113.926	-	100
RNN	110.024	3,69	376.867	447.575	84,20
URCT ZN	67.116	3,57	239.604	304.695	78,64
Esc D. Central	25.768	-	-	-	-
Esc D. Pajuçara	23.293	-	-	-	-
Esc D. N. S ^a Aparentação	18.055	-	-	-	-
URMB	26.819	3,68	85.306	89.250	95,58
Macaíba	10.181	3,67	37.364	41.993	88,98
Lajes	2.487	3,73	8.501	8.501	100
Pedra Preta	302	3,71	1.030	1.030	100
Riachuelo	1.104	3,87	4.272	4.480	95,38
C. Rio dos Ventos	1.019	3,67	2.166	2.166	100
Ielmo Marinho	468	3,62	1.578	1.578	100
S. J. Potengi – L.Riacho	321	4,21	667	667	100

Santa Maria	910	3,60	3.276	3.415	95,94
S. P. Potengí	4.333	3,57	11.663	11.663	100
São Pedro	1.194	3,68	3.766	3.766	100
São Tomé	2.169	3,43	6.314	6.314	100
Barcelona	1.059	3,42	1.571	1.571	100
Lagoa de Velhos	704	3,76	1.769	1.769	100
Rui Barbosa	568	3,56	1.367	1.367	100
URJC	16.089	3,83	51.957	53.630	96,88
João Câmara	6.157	3,82	21.362	21.362	100
Jandaíra	867	3,77	3.269	3.639	89,83
Poço Branco	2.526	4,33	6.987	6.987	100
Pureza	799	3,83	3.024	3.024	100
Taipú	1.866	3,95	4.159	4.159	100
Bento Fernandes	696	3,61	1.904	1.904	100
Jardim de Angicos	367	3,62	458	458	100
Caiçara do Norte	1.131	3,92	4.434	6.686	66,31
Parazinho	656	4,13	2.709	3.024	90
Pedra Grande	266	3,55	944	1.204	78,41
S. B. Norte	394	3,61	1.183	1.183	100
Com. R. S. M. do Gestoso	276	4,19	1.156	5.338	21,66
Com. R de Touros	88	4,18	368	22.181	1,66
Natal	212.115	3,57	750.956	802.386	93,59
RMO	98.856	3,60	332.804	338.396	98,35
UR Mossoró	62.703	3,67	221.082	221.082	100
Esc D. Central	13.566	-	-	-	-
Esc D. Leste	18.423	-	-	-	-
Esc D. Oeste	13.829	-	-	-	-
Esc D. Sul	16.885	-	-	-	-
URMN	16.051	3,59	51.933	53.323	97,39
Areia Branca	6.176	3,61	20.294	20.294	100
Baraúna	3.859	3,66	14.124	15.514	91,04
Upanema	2.189	3,51	6.315	6.315	100
Grossos	2.162	3,49	7.491	7.491	100
Tibau	1.665	3,70	3.710	3.710	100
URCR	20.102	3,53	59.789	63.990	93,43

Caraúbas	4.548	3,46	13.360	13.360	100
G.Dix-Sep Rosado	1.521	3,73	5.673	6.782	83,65
Apodi	6.172	3,53	17.034	17.034	100
Felipe Guerra	1.008	3,45	3.478	3.961	87,79
Campo Grande	1.444	3,48	4.687	4.687	100
Janduís	1.221	3,55	3.794	3.794	100
Triunfo Potiguar	1.260	3,50	1.854	1.854	100
Patú	2.378	3,29	7.824	9.193	85,11
Messias Targino	550	3,79	2.085	3.324	62,71
RCA	69.948	3,50	210.552	212.313	99,17
URCA	39.533	3,52	124.596	125.326	99,42
Caicó	18.406	3,50	56.969	56.969	100
Jardim do Seridó	3.410	3,28	9.700	9.700	100
Ouro Branco	1.080	3,55	3.481	3.481	100
Parelhas	4.970	3,54	17.011	17.011	100
Cruzeta	2.224	3,34	5.910	5.910	100
S.José do Seridó	987	3,61	3.060	3.060	100
Equador	1.349	3,54	4.775	4.913	97,21
Santana do Seridó	501	3,60	1.717	1.717	100
J. de Piranhas	2.877	3,74	10.760	11.353	94,78
São Fernando	822	3,43	2.527	2.527	100
T. dos Batistas	618	3,73	2.011	2.011	100
S.João do Sabugi	1.630	3,37	4.777	4.777	100
Ipueira	659	3,49	1.897	1.897	100
URCN	30.415	3,48	85.956	86.987	98,81
Currais Novos	10.286	3,63	37.338	38.181	97,79
Jucurutú	3.935	3,39	10.563	10.563	100
Acarí	3.206	3,51	8.438	8.438	100
C. dos Dantas	1.579	3,36	5.305	5.494	96,57
Cerro Corá	2.249	3,54	5.112	5.112	100
Bodó	497	3,51	1.472	1.472	100
Florânia	2.133	3,50	6.326	6.326	100
T. Laurentino Cruz	1.622	3,39	1.297	1.297	100
São Vicente	1.526	3,15	3.761	3.761	100
Lagoa Nova	3.382	3,78	6.343	6.343	100

RLS	133.007	3,64	431.283	447.527	96,37
URSM	30.164	3,91	102.935	104.707	98,31
S.J.de Mipibú	4.700	3,85	18.095	19.113	94,67
Baia Formosa	1.730	3,98	6.885	7.228	95,26
Goianinha	3.722	4,20	15.273	15.273	100
Monte Alegre	3.827	3,78	8.686	8.686	100
Arês	2.075	3,96	7.652	7.652	100
Carnaúba - Localidade	530	4,01	2.125	2.502	84,94
Sen. G.Avelino	358	4,01	1.436	1.603	89,56
Canguaretama	3.260	4,21	13.725	20.169	68,05
B. Cunhaú - Localidade	416	4,33	1.801	1.886	95,51
Piquirí - Localidade	904	4,33	3.914	4.194	93,33
Vila Flor	565	4,35	2.458	2.618	93,86
Lagoa Salgada	1.824	3,64	5.585	5.585	100
Lagoa de Pedra	1.161	3,63	2.381	2.381	100
Nízia Floresta	2.596	3,70	5.751	5.751	100
B. Tabatinga - Localidade	235	3,70	870	1.471	59,11
C. Santana - Localidade	454	3,79	1.494	1.494	100
Pipa - Localidade	1.221	3,46	2.777	2.777	100
Tibau do Sul	586	3,46	2.028	7.276	27,87
URPN	52.859	3,57	180.638	212.507	85,00
Parnamirim	52.029	3,43	178.459	210.328	84,85
Esc. D. Central	17.940	-	-	-	-
Esc D. Nova Parnamirim	19.200	-	-	-	-
Pirangí do Sul - Localidade	830	3,70	2.179	2.179	100
Esc D. R. dosventos	14.889	-	-	-	-
URNC	28.520	3,70	83.601	69.919	100
Nova Cruz	8.184	3,71	25.024	25.024	100
Montanhas	2.814	3,91	9.853	9.853	100
Espírito Santo	1.723	3,60	4.861	4.861	100
Jundiá	358	3,63	866	866	100
Passagem	563	3,45	1.238	1.238	100
Várzea	1.301	3,50	3.947	3.947	100
Passa e Fica	2.295	3,71	6.795	6.795	100
Lagoa D'anta	1.437	3,89	3.868	3.868	100

M. das Gameleiras	499	3,55	1.393	1.393	100
S. de São Bento	1.007	3,67	3.188	3.188	100
Pedro Velho	3.037	3,89	6.268	6.268	100
Cuité - Localidade	348	4,03	584	584	100
Santo Antônio	3.876	3,53	13.682	13.947	98,10
Serrinha	1.078	3,59	2.033	2.033	100
URTN	21.464	3,38	64.108	60.394	100
São J. Campestre	2.850	3,67	9.801	9.801	100
Tangará	3.782	3,54	9.194	9.194	100
Japi	656	3,73	2.447	4.133	59,20
S. Bento do Trairí	606	3,78	2.003	2.003	100
Sítio Novo	826	3,56	2.462	2.462	100
Bom Jesus	2.638	3,65	6.508	6.508	100
Cobé - Localidade	591	3,94	2.329	2.964	78,56
Vera Cruz	1.582	4,09	5.578	5.578	100
Campo Redondo	1.363	3,65	4.975	5.760	86,37
Cel. Ezequiel	739	3,36	2.294	2.294	100
Lajes Pintada	668	3,58	2.352	2.352	100
Jaçana	746	3,49	2.604	5.447	47,80
Serra Caiada	1.666	3,83	5.531	5.531	100
Boa Saúde	1.598	3,49	3.278	3.278	100
Sen. Eloi de Sousa	1.153	3,55	2.752	2.752	100
Santa Cruz	-	-	-	-	-
RPF	43.990	3,59	135.359	135.307	100
URPF	26.949	3,64	82.737	81.424	100
Pau dos Ferros	8.657	3,61	25.010	25.010	100
Tenente Ananias	1.925	3,86	6.585	6.585	100
Encanto	770	3,56	2.276	2.276	100
Dr. Severiano	1.152	3,73	2.821	2.821	100
Luis Gomes	1.732	3,82	6.616	6.844	96,68
Caiçara - Localidade	432	3,91	1.237	1.237	100
José da Penha	1.091	3,30	3.425	3.425	100
Paraná	302	3,71	641	641	100
Riacho de Santana	641	3,38	1.842	1.842	100
Marcelino Vieira	1.579	3,59	4.724	4.724	100

Pilões	830	3,71	2.578	2.578	100
Rafael Fernandes	632	3,53	2.231	2.816	79,23
Água Nova	595	3,79	1.902	1.902	100
Francisco Dantas	476	3,48	1.656	1.682	98,47
S.Francisco Oeste	1.058	3,32	2.798	2.798	100
São Miguel	4.427	3,62	13.902	13.902	100
Cel. João Pessoa	385	3,71	1.428	1.831	78,03
Venha Ver	265	4,01	1.063	1.087	97,73
URUM	17.041	3,54	52.621	53.883	97,66
Umarizal	2.670	3,55	8.431	8.431	100
Olho D'água dos Borges	888	3,45	3.064	3.300	92,85
Almino Afonso	988	3,60	3.368	3.368	100
Lucrecia	666	3,60	2.267	2.267	100
Rafael Godeiro	565	3,37	1.904	1.991	95,64
Itaú	1.241	3,55	4.406	5.145	85,62
Taboleiro Grande	404	3,55	1.434	2.124	67,52
Frutuoso Gomes	905	3,31	2.799	2.799	100
Antônio Martins	984	3,46	3.405	3.889	87,55
João Dias	333	3,71	1.235	1.349	91,57
Martins	1.796	3,47	4.411	4.411	100
S. dos Pintos	1.025	3,30	2.016	2.016	100
Portalegre	1.212	3,46	3.576	3.576	100
Riacho da Cruz	544	3,48	1.893	2.801	67,59
Viçosa	450	3,77	1.697	1.823	93,07
R. Fernandes	1.136	3,69	3.868	3.868	100
Severiano Melo	1.004	3,70	1.998	1.998	100
V. S. Antônio – Localidade	230	3,69	849	850	99,85
RAS	39.397	3,59	125.615	132.291	94,95
URAS	17.910	3,59	61.421	71.134	86,35
Assu	9.798	3,77	36.938	39.942	92,48
Paraú	1.025	3,55	3.029	3.029	100
Alto do Rodrigues	2.599	3,59	7.940	7.940	100
Carnaubais	776	3,62	2.809	6.319	44,46
Porto do Mangue	437	3,47	1.516	3.083	49,19
São Rafael	2.255	3,40	5.363	5.363	100

Ipanguaçu	1.020	3,75	3.825	5.459	70,07
URAG	21.487	3,58	64.194	61.157	100
Macau	6.959	3,46	22.099	22.099	100
Santana do Matos	2.061	3,45	6.357	6.357	100
Angicos	3.431	3,69	9.642	9.642	100
Fernando Pedrosa	750	3,65	2.531	2.531	100
Afonso Bezerra	1.493	3,67	5.479	5.494	99,74
Pedro Avelino	1.333	3,61	4.011	4.011	100
Guamaré	2.774	3,71	4.536	4.536	100
Pendências	2.405	3,65	8.778	10.263	85,53
Mulungu – Localidade	281	3,46	761	761	100

Fonte: CAERN (2010).

ANEXO 2 – Cobertura de esgotamento sanitário nas Regionais da CAERN/RN (2010).

Item	Caracterização da área	Regionais						
		ASSU	CAICÓ	N. NORTE	L. SUL	MOSSORÓ	NATAL SUL	P. FERROS
1	Municípios atendidos (Nº)	18	24	29	43	13	02	38
2	Quantidade ETÉs/Lagoas de estabilização	09/08	17/10	10/09	20/13	03/01	11/02	08/08
3	Clima	Muito quente e semiárido: BSw'h'(Koppen)	Muito quente e semiárido: BSw'h'(Koppen)	Sub-úmido seco/tropical chuvoso BSw'h'e s'(Koppen)	Úmido a sub-úmido: As'(Koppen)	Sub-úmido seco: BSw'h'(Koppen)	Sub-úmido: BSw'h'(Koppen)	Sub-úmido: BSw'h'(Koppen)
4	Pluviometria (mm)	[500;600]	[500;600]	[600; 800]	[800; 1500]	[600; 800]	[800; 1200]	[800; 1200]
5	T(°C):mín., média e máxima	22; 28 e 34	22; 28 e 36	22; 26 e 34	20; 26 e 34	24; 28 e 36	22; 26 e 34	22; 28 e 36
6	Umidade relativa do ar (%)	[60; 70]	60	[70; 80]	[70; 80]	[60; 70]	[70; 80]	[60; 70]
7	Topográfica	Depressão sertaneja e relêvo tabular	Depressão sertaneja/Planalto da Borborema	Tabuleiros costeiros/chapadas da serra verde.	Tabuleiros costeiros e planície costeira	Chapada do Apodí	Planície costeira	Depressão sertaneja /Planalto da Borborema
8	Características dos ventos	Nulos a médios	Nulos a médio	Nulos a médios.	Nulos a médios	Nulo a moderados	Nulos a médios	Nulos a médios
9	Evapotranspiração(mm/ano)	[1600; 1800]	[1600; 1800]	[1400; 1600]	[1200; 1400]	[1800; 2000]	[1400; 1600]	[1600; 1800]
10	Cresc. Pop. anual (%)	1,99 A 5,99	1,99 a 5,99	1,99 a 7,99	1,99% a 9,99%	1,99 a 3,99	Até 1,99	1,99 a 3,99

Fonte: SILVA FILHO (2007).

ANEXO 3 – Sistemas de Lagoas de Estabilização/RN, em 2010.

Item	Regional	ETE	Configuração	ZONA	LONGITUDE	LATITUDE	Município	Operação	Gerenciamento
01	ASSU	São Rafael	1F1+1M1+1M2	24	733607	9357905	São Rafael	1989	CAERN
02	ASSU	Afonso Bezerra	1F1+1M1	24	776119	9392213	Afonso Bezerra	1996	CAERN
03	ASSU	Pedro Avelino	1F1+1M1	24	788684	9389772	Pedro Avelino	1997	CAERN
04	ASSU	Santana do Matos	1F1	24	758945	9340402	S. do Matos	2002	MUNICÍPIO
05	ASSU	Alto do Rodrigues	1F1+1M1	24	748331	9414341	A . Rodrigues	1998	CAERN
06	ASSU	Alagado	1F1+1M1+1M2	24	740505	9409240	Carnaubais	2004	CAERN
07	ASSU	Alto da Alegria	1F1+1F1	24	765236	9374126	Angicos	1991	MUNICÍPIO
08	ASSU	Ilha de Santana	1F1+1M1+1M2	24	762153	9433319	Macau	1996	CAERN
09	ASSU	Macauzinho/COAB	1F1	24	769981	9430339	Macau	1995	CAERN
10	CAICÓ	Jucurutu	1F1+1M1+1M2	24	719878	9332520	Jucurutu	1996	CAERN
11	CAICÓ	Açude do Café	1F1+1M1+1M2	24	740982	9321823	Florânia	1987	CAERN
12	CAICÓ	Jesus Menino	1F1+1M1	24	780547	9325122	Lagoa Nova	1998	CAERN
13	CAICÓ	Aécio Batista	1F1+1M1+1M2	24	677508	9263309	Serra N. Norte	1994	MUNICÍPIO
14	CAICÓ	Castelo Branco	1F1	24	712342	9283619	Caicó	1985	CAERN
15	CAICÓ	Vila do Príncipe	1F1+1M1	24	710211	9286445	Caicó	1982	CAERN
16	CAICÓ	Cemitério	1F1+1M1+1M2	24	750750	9249706	S. do Seridó	2002	CAERN
17	CAICÓ	Sítio Santana	1F1+1M1+1M2	24	749895	9250982	S. do Seridó	2002	CAERN
18	CAICÓ	Dinarte Mariz	1F1	24	758765	9260612	Parelhas	1995	CAERN
19	CAICÓ	Bacia 2	1TS + 1F2	24	758887	9260540	Parelhas	1987	CAERN
20	CAICÓ	Bacia 3	1TS + 1F2	24	758329	9260835	Parelhas	1986	CAERN
21	CAICÓ	São José do Seridó	1TS + 1F2	24	734758	9286274	São J. do Seridó	1988	CAERN
22	CAICÓ	Bulhões	1F1+1M1	24	760453	9285792	Acari	2003	CAERN
23	CAICÓ	Agrícola	1TS + 1F2	24	773534	9308303	Currais Novos	1983	CAERN
24	CAICÓ	Belota	1TS + 1F2	24	773618	9307777	Currais Novos	1985	CAERN
25	CAICÓ	Agenor Maria	1F1	24	775032	9305671	Currais Novos	1986	CAERN
26	CAICÓ	Mane Mago	1F1	24	775072	9305652	Currais Novos	1998	CAERN
27	N.NORTE	Lajes	1F1+1M1	24	805819	9370247	Lajes	2005	CAERN
28	N.NORTE	São Tomé	1F1	24	824421	9338871	São Tomé	2003	CAERN

29	N.NORTE	Parazinho	1F1+1M1+1M2	25	185543	9422347	Parazinho	2001	CAERN
30	N.NORTE	Riachuelo	1F1+1M1+1M2	25	187091	9355954	Riachuelo	1996	CAERN
31	N.NORTE	Caiçara	1F1+1M1+1M2	25	168205	9362661	C. Rio Ventos	2002	CAERN
32	N.NORTE	Jurema	1F1+1M1+1M2	25	193978	9349213	S. Paulo Potengi	2002	CAERN
33	N.NORTE	Touros	1F1+1M1+1M2	25	227593	9424306	Touros	2000	SAAE
34	N.NORTE	Jaçanã	1F1+1M1+1M2	25	233405	9375998	Ceará-Mirim	1999	SAAE
35	N.NORTE	Ielmo Marinho	1F1+1M1+1M2	25	217231	9355916	Ielmo Marinho	2006	MUNICÍPIO
36	N.NORTE	Do Aterro	1LD+1A+1F2+1F3	25	235856	9368325	Ceará-Mirim	2004	MUNICÍPIO
37	L.SUL	Santo Antonio	1F1+1M1+1M2	25	226224	9301577	Santo Antônio	2004	CAERN
38	L.SUL	São Miguel	1F1+1F2+1M1	24	830415	9309047	Santa Cruz	2005	SAAE
39	L.SUL	Boa Saúde	1F1+1M1	25	212331	9318664	Boa Saúde	1990	MUNICÍPIO
40	L.SUL	Novo Horizonte	1F1+1M1	25	241237	9328755	Monte Alegre	1995	CAERN
41	L.SUL	Lages Pintadas	1F1+1M1	24	819350	9319104	Lajes Pintadas	2000	CAERN
42	L.SUL	Campo I	1F1	24	812045	9309806	Campo Redondo	1987	CAERN
43	L.SUL	Campo II	1F1	24	811939	9309591	Campo Redondo	1989	CAERN
44	L.SUL	Campestre	1F1+1M1+1M2	25	199990	9300321	S. J. Campestre	2001	CAERN
45	L.SUL	Passa e Fica	1F1+1M1+1M2	25	206661	9289532	Passa e Fica	2002	CAERN
46	L.SUL	Mipibu	1F1+1M1	25	252499	9327238	S. J. de Mipibu	2000	CAERN
47	L.SUL	Pipa	1F1+1M1+1M2	25	271298	9310097	Tibau do Sul	2003	CAERN
48	L.SUL	Roça	1F1+1M1+1M2	25	254902	9287088	Pedro Velho	2005	CAERN
49	L.SUL	Cidade	1F1+1M1+1M2	25	253900	9287716	Pedro Velho	2002	MUNICÍPIO
50	L.SUL	Capim	1F1+1M1	25	190041	9313242	Tangará	1997	MUNICÍPIO
51	L.SUL	Estrada Campestre	1F1+1M1+1M2	25	190428	9313385	Tangará	1998	MUNICÍPIO
52	L.SUL	Morro	1F1+1M1+1M2	25	190428	9313385	Tangará	2005	MUNICÍPIO
53	L.SUL	Antiga	1F1+1M1+1M2	25	190517	9313976	Tangará	1990	MUNICÍPIO
54	L.SUL	Catolé I	1F1+1M1+1M2	25	194181	9319510	Tangará	2006	MUNICÍPIO
55	L.SUL	Catolé II	1F1+1M1+1M2	25	193475	9319633	Tangará	2005	MUNICÍPIO
56	L.SUL	São Bento Traíri	1F1+1M1+1M2	25	844035	9349086	São Bento Traíri	2001	SAAE
57	MOSSORÓ	Malvinas	1TS + 1F2 + 1M2	24	686184	9421796	Mossoró	1997	CAERN
58	MOSSORÓ	Cajazeiras	2F1+2M1	24	686174	9429623	Mossoró	1995	CAERN

59	MOSSORÓ	Vix-Sept Rosado	1F1+1M1	24	686972	9425102	Mossoró	1999	CAERN
60	N. SUL	Ponta Negra	1F1+1M1+1M2	25	255332	9358978	Natal	2001	CAERN
61	N. SUL	Quintas I	1F1	25	252645	9358823	Natal	1998	CAERN
62	N. SUL	Quintas II	1F1	25	253187	9358936	Natal	1999	CAERN
63	N. SUL	Aerada Km 6	1Faer	25	251552	9357559	Natal	1999	CAERN
64	N. SUL	Jardim Lola I	1F1+1M1+1M2	25	250330	9360587	Natal	1998	CAERN
65	N. SUL	Jardim Lola II	1F1+1M1+1M2	25	249628	9360679	Natal	1998	CAERN
66	N. SUL	Beira Rio (Igapó)	1F1+1M1+1M2	25	251042	9361066	Natal	1995	CAERN
67	N. SUL	Distrito Industrial	1Faer+1Faer2+1M1	25	246924	9364273	Natal	2006	CAERN
68	N. SUL	Bairro Nordeste	1F1+1M1	25	252530	9358068	Natal	1997	CAERN
69	N. SUL	Felipe Camarão	1A1+1A2+1F2+M1	25	253044	9358068	Natal	1998	CAERN
70	N. SUL	Guarapes	1A1+1F2 + M1	25	252024	9358068	Natal	2001	CAERN
71	P.FERROS	Severiano	1F1+1M1+1M2	24	569302	9325975	Dr. Severiano	2005	CAERN
72	P.FERROS	Rafael Fernandes	1F1+1M1+1M2	24	585613	9314100	R. Fernandes	2006	CAERN
73	P.FERROS	P. Oeste	1F1	24	591462	9319987	Pau dos Ferros	1998	CAERN
74	P.FERROS	Riacho da Cruz	1F1+1M1+1M2	24	616732	9344359	Riacho da Cruz	2003	CAERN
75	P.FERROS	Antônio Martins	1F1+1M1+1M2	24	622741	9313082	Antônio Martins	2006	CAERN
76	P.FERROS	Zé da Penha	1F1+1M1	24	570847	9302337	José da Penha	2000	CAERN
77	P.FERROS	Lucrecia	1A+1F2+1M1	24	631479	9324058	Lucrecia	1993	CAERN
78	P.FERROS	Severiano Melo	1F1+1M1+1M2	24	625752	9346559	Severiano Melo	2006	CAERN

Fonte: SILVA FILHO (2007).

Legenda: F1= Lagoa facultativa primária; F1+M1= (Lagoa facultativa primária seguida por uma lagoa de maturação); F1+M1+M2 = (Lagoa facultativa primária, seguida por duas lagoas de maturação, sendo uma primária e outra secundária); LA +F2+M1 = (Lagoa anaeróbia, seguida por uma lagoa facultativa secundária e uma maturação primária); Ts+F2 = (Tanque séptico seguido por uma lagoa facultativa secundária); 1Faer 1+1Faer2+1M2 = (Lagoa facultativa aerada primária, seguida por uma facultativa aerada secundária e uma maturação primária); 1A1+1A 2 +1F2 + M1 = (Lagoa anaeróbia primária, seguida por três lagoas, sendo uma anaeróbia secundária, uma facultativa secundária e uma maturação primária); 1LD+1A+1F2+1F3 = (Lagoa de decantação, seguida por uma lagoa anaeróbia e duas lagoas facultativa uma secundária e outra terciária); 1Faer = (Lagoa facultativa aerada).

ANEXO 4 Esgotamento Sanitário por Regionais (Unidades e Escritórios Distritais) em 2010

Localidades	Esgoto			
	Economias	População		Atendimento %
	Ativas	Atendida	Urbana	
RN	149.416	545.368	2.516.669	21,67
Interior - Água	71.776	259.454	1.408.713	18,42
Interior - Esgoto	71.776	120.633	835.075	14,45
CAERN + Rural (Água)	149.416	536.629	2.211.099	24,27
CAERN	149.416	536.629	1.637.461	32,77
RNS	72.965	260.485	497.691	52,34
URZS	5.795	20.688	162.746	12,71
Esc D. C. Macio	5.795	-	-	-
URZL	32.855	117.292	118.677	98,83
Esc D. Ribeira	17.573	-	-	-
Esc D. Alecrim	15.282	-	-	-
URZO	15.394	54.957	216.268	25,41
Esc D. B. Pastor	12.989	-	-	-
Esc D. F. Camarão	2.405	-	-	-
URCE	18.921	67.548		100
RNN	9.737	35.316	379.812	9,30
URCT ZN	4.675	16.690	304.695	5,48
Esc D. Central	4.659	-	-	-
Esc D. N S ^a Apresentação	16	-	-	-
URMB	5.062	18.626	75.117	24,80
Macaíba	322	1.182	41.993	2,81

Lajes	1.843	6.874	8.501	80,87
Riachuelo	1.098	4.249	4.480	94,86
C. R. Dos Ventos	248	910	2.166	42,01
S. P. do Potengi	650	2.321	11.663	19,90
S. Tomé	901	3.090	6.314	48,94
Natal	77.640	277.175	802.386	34,54
RMO	23.896	87.698	221.082	39,67
UR Mossoró	23.896	87.698	221.082	39,67
Esc D. Central	10.331	-	-	-
Esc D. Leste	4.295	-	-	-
Esc D. Oeste	3.184	-	-	-
Esc D. Sul	6.086	-	-	-
RCA	22.975	82.149	148.608	55,28
URCA	7.165	25.395	78.758	32,24
Caicó	1.320	4.620	56.969	8,11
Parelhas	4.583	16.224	17.011	95,37
S.J.do Seridó	774	2.794	3.060	91,30
S. do Seridó	488	1.757	1.717	100,00
URCN	15.810	56.754	69.851	81,25
Currais Novos	9.073	32.935	38.181	86,26
Jucurutu	1.080	3.661	10.563	34,66
Acarí	2.583	9.066	8.438	100
Florânia	1.886	6.601	6.326	100
Lagoa Nova	1.188	4.491	6.343	70,80
RLS	5.351	19.845	291.368	6,81

URSM	1.612	6.194	45.849	13,51
S. J. Mipibú	69	266	19.113	1,39
Goianinha	641	2.692	15.273	17,63
Monte Alegre	359	1.357	8.686	15,62
Pipa - Localidade	543	1.879	2.777	67,66
URPN	430	1.475	210.328	0,70
Parnamirim	430	1.475	210.328	0,70
Esc D. Central	35	-	-	-
Esc.D. Nova Parnamirim	395	-	-	-
URNC	1.913	7.038	25.076	28,07
Espírito Santo	501	1.804	4.861	37,11
Pedro Velho	695	2.704	6.268	43,13
Santo Antônio	717	2.531	13.947	18,15
URTN	1.396	5.139	10.116	50,80
S. B.do Trairí	581	2.196	2.003	100
Campo Redondo	353	1.288	5.760	22,37
Lajes Pintada	462	1.654	2.352	70,32
RPF	2.623	9.399	37.413	25,12
URPF	1.432	5.178	31.257	16,57
Pau dos Ferros	963	3.476	25.010	13,90
Dr. Severiano	358	1.335	2.821	47,33
José da Penha	111	366	3.425	10,69
URUM	1.191	4.221	6.156	68,57
Lucrecia	715	2.574	2.267	100
Antônio Martins	476	1.647	3.889	42,35

RAS	11.869	41.736	61.487	67,88
URAS	2.005	6.963	19.621	35,49
Alto do Rodrigues	61	219	7.940	2,76
Carnaubais	612	2.215	6.319	35,06
São Rafael	1.332	4.529	5.363	84,45
URAG	9.864	34.773	41.866	83,06
Macau	6.413	22.189	22.099	100
Afonso Bezerra	1.323	4.855	5.494	88,38
Pedro Avelino	966	3.487	4.011	86,94
Pendências	1.162	4.241	10.263	41,33

Fonte: CAERN (2010).

ANEXO 5 – Produção de culturas nos municípios do Território cidadania Seridó no RN

Município	Área (km ²)	População (hab.)		Produção (2008)											
				Milho			Mandioca			Cana de Açúcar			Batata doce		
		Total	Rural	Área (ha)	Qte (t)	Preço (R\$)	Área (ha)	Qte (t)	Preço (R\$)	Área (ha)	Qte (t)	Preço (R\$)	Área (ha)	Qte (t)	Preço (R\$)
Estado	52.810	3.168.027	703.036	78.496	51.647	22.028	48.692	521.581	52.802	-	-	-	2.197	18.753	7.469
Acarí	608	11035	2.133	50	30	12	-	-	-	-	-	-	5	30	15
Bodó	253	3888	1.393	860	560	224	1200	11400	1140	-	-	-	6	30	15
Caicó	1.228	62709	5.248	100	70	28	1	20	12	25	1.750	105	35	280	140
Carn. Dantas	245	7429	1.401	405	284	114	-	-	-	-	-	-	15	90	45
Cerro Corá	393	15658	4.742	500	300	150	1260	11970	1197	-	-	-	10	40	20
Cruzeta	295	7967	1.446	200	90	36	-	-	-	-	-	-	8	40	20
Currais Novos	864	42652	4.875	700	420	168	-	-	-	-	-	-	30	180	90
Equador	264	5822	1.012	65	23	9	13	110	11	-	-	-	-	-	-
Florânia	505	15816	6.857	480	288	115	130	1235	124	-	-	-	-	-	-
Ipueira	127	2077	188	95	33	13	-	-	-	4	116	7	5	30	15
J. de Piranhas	330	13506	2.910	131	104	42	-	-	-	8	640	38	60	720	360
J. do Seridó	369	12113	2.278	150	60	24	-	-	-	1	29	2	8	24	10
Jucurutú	934	17692	8.823	150	90	36	-	-	-	-	-	-	20	200	96

Lagoa Nova	176	13983	7.182	350	210	80	2000	19200	1728	-	-	-	-	-	-
Ouro Branco	253	4699	1.441	270	134	67	-	-	-	-	-	-	6	72	35
Parelhas	513	20354	3.270	240	84	34	-	-	-	-	-	-	15	150	75
Sant. do Matos	1.419	13809	6.914	600	210	84	250	2.500	375	-	-	-	60	480	144
Sant. do Seridó	188	2526	873	56	20	9	-	-	-	-	-	-	2	22	10
São Fernando	404	3401	1.104	40	24	10	-	-	-	-	-	-	36	432	302
S. J. do Sabugí	277	5922	1.166	180	63	25	-	-	-	-	-	-	20	160	80
S. J. do Seridó	174	4231	929	150	150	60	-	-	-	-	-	-	30	300	150
São Vicente	197	6028	2.263	220	132	53	136	1292	129	-	-	-	10	60	30
S. N. do Norte	562	7770	2.773	150	240	96	-	-	-	10	290	17	15	120	60
Ten.L.Cruz	74	5406	4.254	550	330	125	900	9.000	900	-	-	-	-	-	-
Timb. Batistas	135	1.728	567	20	8	3	-	-	-	6	174	10	5	60	30
TOTAL		232.746	76.042												