



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS**

TESE DE DOUTORADO

**DIRETRIZES PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO NA AGRICULTURA:
ESTUDO DE CENÁRIOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

VALMIR CRISTIANO MARQUES DE ARRUDA



**RECIFE
2011**

VALMIR CRISTIANO MARQUES DE ARRUDA

**DIRETRIZES PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO NA AGRICULTURA:
ESTUDO DE CENÁRIOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: José Almir Cirilo, Dr.

Co-Orientador: Vicente de Paula Silva, Dr.

Recife

2012

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

A779d Arruda, Valmir Cristiano Marques de.
Diretrizes para utilização de água de reuso na agricultura: estudo de cenários no semiárido pernambucano / Valmir Cristiano Marques de Arruda. - Recife: O Autor, 2011.
173 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. José Almir Cirilo.
Co-Orientador: Prof. Dr. Vicente de Paula Silva.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2011.
Inclui Referências Bibliográficas, Apêndice e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Águas residuárias. 3. Reúso agrícola. 4. Estação de tratamento de esgoto. 5. Semiárido. I. Cirilo, José Almir. (Orientador). II. Silva, Vicente de Paula. (Orientador.). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2012-069



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado

**DIRETRIZES PARA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO NA AGRICULTURA:
ESTUDO DE CENÁRIOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

defendida por

Valmir Cristiano Marques de Arruda

Considera o candidato APROVADO

Recife, 29 de abril de 2011

José Almir Cirilo – UFPE
(orientador)

Vicente de Paula Silva – UFRPE
(co-orientador)

Vera Lúcia Antunes de Lima – UFCG
(examinador externo)

Ronaldo Faustino da Silva – IFPE
(examinador externo)

Suzana Maria Gico Lima Montenegro - UFPE
(examinador interno)

Maria do Carmo Martins Sobral – UFPE
(examinador interno)

*O Senhor é a minha rocha, a minha
cidadela, o meu libertador; o meu Deus,
o meu rochedo em que me refugio; o
meu escudo, a força da minha salvação
o meu baluarte.*

(Salmos 18:2)

DEDICATÓRIA

DEDICO à minha esposa Rosângela G. Tavares (Rosinha), aos meus filhos Bruno e Marinna pela paciência, apoio e carinho constante e à minha querida irmã Vânia Cristina M. Marcondes, luz sempre presente em minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Em todo processo de Doutorado tive a grata satisfação de conviver e ser ajudado por diversas pessoas, ao qual serei eternamente grato, no entanto necessito destacar alguns agradecimentos.

Primeiramente a DEUS pela proteção, conforto, inspiração em todos os momentos, assim como as oportunidades que me foram concedidas.

À minha mãe Maria do Socorro pelo exemplo de luta e ao meu Pai Albertino pela simplicidade de viver.

À minha querida esposa “Rosinha” que esteve presente me incentivando em todos os momentos desta tese.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Almir Cirilo, por ter aceitado me orientar em um momento delicado de minha vida, com a mudança de pesquisa, e pela cativante bondade e sabedoria desprendida ao qual me condicionou a uma admiração eterna.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Vicente de Paula pela amizade, incentivo e constante ajuda.

A todos os amigos da SRHE e APAC, em especial André Cantanhede, Antônio Ferreira, Carolina Maciel, Murilo Pontes e Terezinha Uchôa, Fernanda Dourado.

Aos amigos Audrey Oliveira, Adriana Damasceno, Ludmilla Calado e Norma Santos pela ajuda e amizade.

Ao amigo Engenheiro Leonardo Henrique da Compesa e SRHE, pela constante atenção e desprendimento para disponibilização de informações.

Ao amigo Eugênio Santiago, por sua ampla experiência profissional disponibilizada com muita boa vontade.

A COMPESA pela disponibilidade de dados e informações importantes para o desenvolvimento dos trabalhos.

A ARPE pelas informações concedidas, em especial as amigas Ana Paula Araújo, Ester Oliveira e Crisleide Nascimento.

Aos amigos Ronaldo Faustino, Giovane Perazzo, Marília Lyra, Maria Clara Mendonça e em especial André Felipe Sales, pelo companheirismo, amizade e os gratificantes dias de convivência.

A todos os professores da Área de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, pela transmissão de conhecimentos, apoio e amizade durante todo o curso.

À secretária da Pós-Graduação Andréa Negromonte, pela gentileza e amizade em todos os momentos.

Ao coordenador administrativo do curso de Engenharia Ambiental da UFCG – Campus Pombal, Prof. Helber Almeida, pela flexibilidade dos meus horários permitindo a conclusão deste trabalho.

Aos amigos da UFCG, Prof. Ph.D. Camilo Allyson, Prof. Dr. José Cleidimário, Prof. Ms. Renilton Correia, Profa. Dr. Andréa Brandão e o Técnico Luiz Fernando pela importante ajuda e palavras de incentivo, assim como a bibliotecária Jacqueline Rimá pelas informações compartilhadas.

Aos meus alunos do curso de Engenharia Ambiental – UFCG em especial Wellington Formiga de Araújo, Érica Bento Sarmento, Elisângela Maria da Silva e Tatiane Carolyne Carneiro pela importante ajuda em algumas etapas da pesquisa.

Às Prefeituras de Iatí, Carnaubeira da Penha, Jatobá, Pesqueira e Vertente do Lério, pela disponibilidade de informações.

Aos agentes de saúde do distrito de Mutuca no Município de Pesqueira, em especial “Nida”.

Ao Agrônomo José de Castro Menezes pela atenção e informações disponibilizadas.

Às bibliotecárias Suely Manzi (UFRPE) e Mércia Ramos (Unicap) pela ajuda concedida.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram com desenvolvimento de todo trabalho, permitindo que essa pesquisa fosse viabilizada.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico, que proporcionou uma bolsa de estudos durante parte do tempo da pesquisa.

E finalmente, a todos que acreditaram e colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA	1
1.2 HIPÓTESE	3
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Geral	3
1.3.2 Específicos	3
1.4 ESTRUTURA DA TESE	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1 ASPECTOS GERAIS	5
2.2 REÚSO AGRÍCOLA NO MUNDO	6
2.3 REÚSO AGRÍCOLA NO BRASIL	12
2.4 FORMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS PARA IRRIGAÇÃO	15
2.4.1 Lagoas de Estabilização	15
2.4.2 Escoamento Superficial e Leito de Macrófitas (Wetlands)	16
2.4.3 Sistemas Anaeróbios	18
2.5 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA RESIDUÁRIA PARA IRRIGAÇÃO	19
2.6 ASPECTOS IMPORTANTES PARA O REÚSO DE ÁGUA	22
2.6.1 Aspectos Legais	24
2.6.2 Reúso Agrícola e Saúde Pública	25
2.6.3 Reúso Agrícola e o Solo	30
2.6.4 Riscos Associados ao Reúso	31
2.6.5 Perspectivas para o Reúso	32
2.7 EFEITO DO EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO NA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS	33
2.8 ACEITAÇÃO DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS IRRIGADOS COM ÁGUAS DE REÚSO	35
2.9 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	36
2.9.1 O Semiárido	40
2.9.2 Recursos Hídricos	43
2.9.3 Saneamento: água e esgoto	46
2.9.3.1 Sistema de Abastecimento de Água	46
2.9.3.2 Sistema de Esgotamento Sanitário	61
2.9.3.2.1 Sistema Arcoverde	64
2.9.3.2.2 Sistema Caruaru	65
2.9.3.2.3 Sistema Carnaubeira da Penha	66
2.9.3.2.4 Sistema Garanhuns	66
2.9.3.2.5 Sistema Iatí	67
2.9.3.2.6 Sistema Jatobá	67
2.9.3.2.7 Sistema Petrolândia	68
2.9.3.2.8 Sistema Petrolina	68
2.9.3.2.9 Sistema Vertente do Lério	69
2.9.3.3 Monitoramento dos Sistemas	72
2.9.4 Solo	72

2.9.5	Produção Agrícola	75
--------------	--------------------------	-----------

3 METODOLOGIA

3.1	ASPECTOS GERAIS	77
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	77
3.3	IDENTIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS	79
3.4	IDENTIFICAÇÃO DOS SOLOS	79
3.5	ANÁLISE DO POTENCIAL DE REÚSO AGRÍCOLA	80
3.5.1	Estudo de Caso 1: Município de Petrolina	82
3.5.2	Estudo de Caso 2: Município de Pesqueira	83
3.5.2.1	Pesquisa sobre Aceitabilidade	87
3.5.3	Estudo de Caso 3: Município de Salgueiro	87
3.5.3.1	Estimativa de Custo do Reúso Agrícola	91
3.6	PROPOSTA DE DIRETRIZES	93

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.	POTENCIAL DE REÚSO AGRÍCOLA DO SEMIÁRIDO	95
4.1.1	Estudo de Caso 1: Município de Petrolina	106
4.1.2	Estudo de Caso 2: Município de Pesqueira	110
4.1.2.1	Conhecimento sobre o Reúso	113
4.1.3	Estudo de Caso 3: Município de Salgueiro	116
4.1.3.1	Avaliação de Custos para o Reúso	119
4.2	DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DE PROJETOS DE REÚSO	121

5 CONCLUSÕES

5.1	POTENCIAL DE REÚSO AGRÍCOLA DO SEMIÁRIDO	125
5.1.1	Estudo de caso 1: Município de Petrolina	125
5.1.2	Estudo de Caso 2: Município de Pesqueira	126
5.1.3	Estudo de Caso 3: Município de Salgueiro	126
5.2	DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DE PROJETOS DE REÚSO	127
5.3	RECOMENDAÇÕES	128

REFERÊNCIAS	129
APÊNDICE A	147
ANEXO A	150
ANEXO B	153
ANEXO C	157
ANEXO D	161
ANEXO E	164
ANEXO F	167
ANEXO G	169
ANEXO H	171

LISTAS DE FIGURAS

	Página	
Figura 2.1	Fluxograma do sistema de reúso agrícola de Negev em Israel.	10
Figura 2.2	Área do vale do Mezquital, no México, antes (a) e depois (b, c) da utilização de esgoto para irrigação de culturas.	11
Figura 2.3	Número de identificações de reúso de água por área de aplicação em sete regiões do mundo.	12
Figura 2.4	Localização do Estado de Pernambuco.	37
Figura 2.5	Representação geográfica das Regiões de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco.	38
Figura 2.6	Abrangência da região do semiárido do Brasil.	41
Figura 2.7	Abrangência da região do semiárido no Estado de Pernambuco.	43
Figura 2.8	Bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco.	45
Figura 2.9	Configuração esquemática das adutoras das Regiões de Desenvolvimento do Sertão de São Francisco e Araripe.	49
Figura 2.10	Configuração esquemática das adutoras das Regiões de Desenvolvimento Sertão Central e Pajeú.	50
Figura 2.11	Configuração esquemática das adutoras das Regiões de Desenvolvimento Sertão do Moxotó, Agrestes Central, Meridional e Setentrional.	51
Figura 2.12	Configuração esquemática das adutoras das regiões de Desenvolvimento Agreste Central e Meridional.	52
Figura 2.13	Configuração esquemática das adutoras das regiões de Desenvolvimento Agreste Setentrional e Central.	53
Figura 2.14	Consumo de água mensal medido (a) e volume mensal produzido (b) nas regiões de desenvolvimento pertencentes ao semiárido.	55
Figura 2.15	Índice de perdas físicas nas regiões de desenvolvimento pertencentes ao semiárido, em comparação com os índices do nordeste e nacional.	56
Figura 2.16	Média do índice de atendimento de abastecimento de água (a), número de ligações nas regiões de desenvolvimento pertencentes ao semiárido.	57
Figura 2.17	Comparação dos valores médios do consumo per capita nas regiões de desenvolvimento pertencentes ao semiárido.	58
Figura 2.18	Valores médios do consumo per capita nas regiões de desenvolvimento (a), e percentuais dos municípios com ações previstas e população urbana atendida (b), considerando o SNIS e as ações previstas.	58
Figura 2.19	Municípios com ações previstas de abastecimento de água no semiárido.	60
Figura 2.20	Municípios do semiárido que possuem sistema de tratamento de esgoto.	63
Figura 2.21	Estação de tratamento de esgoto COHAB I (a) e COHAB II (b) pertencentes ao sistema Arcoverde.	65
Figura 2.22	Estação de tratamento de esgoto do município de Caruaru, composto de reator UASB (a) e lagoa de polimento (b).	65
Figura 2.23	Localização da estação de tratamento de esgoto do município de Carnaubeira da Penha.	66
Figura 2.24	Estação de tratamento de esgoto do município de Garanhuns.	66

Figura 2.25	Localização da estação de tratamento de esgoto do município de Iatí.	67
Figura 2.26	Localização da estação de tratamento de esgoto do município de Jatobá.	67
Figura 2.27	Localização da estação de tratamento de esgoto do município de Petrolândia.	68
Figura 2.28	Principais estações de tratamento de esgoto do sistema Petrolina.	69
Figura 2.29	Municípios com ações previstas de esgotamento sanitário no semiárido.	71
Figura 2.30	Comparação dos índices de municípios e população atendidos pelos projetos de implantação de rede coletora e estação de tratamento de esgoto por Região de Desenvolvimento.	72
Figura 2.31	Solos predominantes no Estado de Pernambuco.	74
Figura 2.32	Produção dos principais produtos do semiárido de acordo com o IBGE.	76
Figura 3.1	Fluxograma das etapas para estimar a produção de esgoto dos municípios estudados.	81
Figura 3.2	Localização do município de Petrolina.	82
Figura 3.3	Localização do distrito de Mutuca em Pesqueira.	84
Figura 3.4	Sistema de Tratamento de Esgoto da unidade experimental (a) e configuração da área da unidade experimental (b), no distrito de Mutuca em Pesqueira.	85
Figura 3.5	Bacia de contribuição da rede coletora de esgoto do distrito de Mutuca em Pesqueira.	85
Figura 3.6	Fluxograma dos cenários para estimar a área de reúso agrícola em Mutuca.	86
Figura 3.7	Aplicação do questionário (a). Orientação da agente de saúde na identificação das residências ligadas a rede coletora de esgoto.	87
Figura 3.8	Localização do município de Salgueiro.	88
Figura 3.9	Configuração do sistema de esgotamento sanitário do município de Salgueiro.	89
Figura 3.10	Localização da área proposta para o projeto de reúso em Salgueiro.	90
Figura 3.11	Fluxograma dos cenários para estimar a área de reúso agrícola em Salgueiro.	91
Figura 3.12	Esquema das etapas para estimar o custo para implantação de projeto de reúso agrícola em Salgueiro.	93
Figura 4.1	Estimativa de produção de esgoto nas Regiões de Desenvolvimento.	96
Figura 4.2	Comparação entre a estimativa da produção de esgoto pela população atendida por rede coletora e a população urbana total em 2010 e 2025.	97
Figura 4.3	Projeção da demanda de área para reúso agrícola nos cenários propostos nas Regiões de Desenvolvimento pertencentes ao semiárido.	98
Figura 4.4	Projeção do potencial de reúso agrícola das Regiões de Desenvolvimento, para a produção de esgoto atualmente coletado, 60% e 100% de atendimento.	99

Figura 4.5	Projeção da demanda de área para reúso agrícola nos cenários propostos para os municípios dotados de sistema de esgotamento sanitário.	100
Figura 4.6	Esgoto bruto desviado para o açude de Mutuca (a); açude de Mutuca tomado por vegetação aquática (b).	111
Figura 4.7.	Conhecimento dos entrevistados em relação ao saneamento básico (a); e ao acesso dos serviços relacionados (b).	114
Figura 4.8	Conhecimento dos entrevistados em relação ao destino do esgoto.	114
Figura 4.9	Conhecimento dos entrevistados em relação ao tratamento do esgoto (a); e responsabilidade pelo serviço (b).	115
Figura 4.10	Opinião dos entrevistados em relação ao não consumo de produtos provenientes de reúso agrícola.	116

LISTA DE TABELAS

	Página	
Tabela 2.1	Eficiências típicas de remoção dos principais poluentes de interesse nos esgotos domésticos.	19
Tabela 2.2	Principais características dos esgotos domésticos.	21
Tabela 2.3	Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação, com base em uma percentagem de lixiviação entre 15 e 20%.	22
Tabela 2.4	Cronologia da legislação abrangente ao reúso.	25
Tabela 2.5	Diretrizes da USEPA para irrigação agrícola de esgotos sanitários.	27
Tabela 2.6	Diretrizes da OMS para irrigação agrícola de esgotos sanitários.	28
Tabela 2.7	Concentração máxima tolerável de contaminantes em solos (C_{solo}) irrigados com águas residuárias (mg/kg solo).	29
Tabela 2.8	Diretrizes do PROSAB para a prática de reúso agrícola.	30
Tabela 2.9	Principais características das Regiões de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco.	39
Tabela 2.10	Consumo mensal de água de abastecimento e o volume mensal produzido por região de desenvolvimento.	54
Tabela 2.11	Consumo per capita médio por Região de Desenvolvimento considerando informações do SNIS e Compesa.	57
Tabela 2.12	Municípios do semiárido atendidos com rede coletora de esgoto com seus respectivos índices de atendimento.	62
Tabela 2.13	Estações de tratamento de esgoto existentes na região de estudo.	64
Tabela 2.14	Principal produção agrícola na região do semiárido.	75
Tabela 2.15	Principais perímetros irrigados no semiárido de Pernambuco.	76
Tabela 3.1	Regiões de Desenvolvimento pertencentes ao semiárido.	78
Tabela 3.2	Valores de referência para avaliar o potencial de reúso agrícola no Distrito de Mutuca, considerando as culturas do milho, feijão e algodão.	86
Tabela 3.3	Principais parâmetros de projeto para o sistema de tratamento de esgoto do município de Salgueiro.	89
Tabela 3.4	Parâmetros para estimar área de cultivo no reúso agrícola do município de Salgueiro, considerando as culturas do algodão, milho e manga.	91
Tabela 3.5	Estimativa dos custos envolvidos para implantação do sistema de pós-tratamento.	93
Tabela 4.1	Volumes estimados de esgoto nas Regiões de Desenvolvimento.	95
Tabela 4.2	Esgoto produzido pelos municípios atendidos com rede coletora de esgoto, considerando a população atendida e a população urbana total em 2010 e 2025.	96
Tabela 4.3	Potencial de reúso agrícola das Regiões de Desenvolvimento, considerando o esgoto atualmente coletado e a projeção para 2025.	99
Tabela 4.4	Potencial de reúso agrícola dos municípios pertencentes à região do semiárido que possuem sistema de esgotamento sanitário.	100

Tabela 4.5	Potencial de reúso agrícola dos municípios pertencentes à região do semiárido que não possuem sistema de esgotamento sanitário.	102
Tabela 4.6	Alternativa para os municípios com restrição de solo para possíveis projetos de reúso agrícola.	106
Tabela 4.7	Concentrações dos parâmetros monitorados dos efluentes das ETEs de Petrolina.	107
Tabela 4.8	Valores médios de carga orgânica e eficiência de remoção de DBO das ETEs de Petrolina.	110
Tabela 4.9	Potencial de reúso agrícola do distrito de Mutuca, utilizando as culturas do milho, feijão e algodão como referência.	111
Tabela 4.10	Potencial de reúso agrícola no município de Salgueiro.	116
Tabela 4.11	Resumo do dimensionamento do sistema de desinfecção proposto.	119
Tabela 4.12	Estimativa dos custos envolvidos em um projeto de esgotamento sanitário e reúso agrícola.	119
Tabela 4.13	Plano de ação para projetos de reúso agrícola.	122

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACE	Agreste Central
ANA	Agência Nacional de Águas
AME	Agreste Maridional
ARPE	Agência de Regulação de Pernambuco
ASE	Agreste Setentrional
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação
FINEP	Financiadora de Estudos E Projetos
FS	Fossa Séptica
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPA	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária
LF	Lagoa Facultativa
LM	Lagoa de Maturação
LP	Lagoa de Polimento
MI	Ministério da Integração Nacional
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
RAS	Razão de Adsorção de Sódio
RD	Região de Desenvolvimento
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAR	Sertão do Araripe
SARA-PE	Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária - Pernambuco
SCE	Sertão Central
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário

SIP	Sistema de Informações Operacionais – Compesa
SIT	Sertão de Itaparica
SMO	Sertão do Moxotó
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SPA	Sertão do Pajeú
SSF	Sertão do São Francisco
SRHE-PE	Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos – Pernambuco
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UASB	Upflow anaerobic sludge blanket
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNICAP	Universidade Católica de Pernambuco
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization
ZAPE	Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco

RESUMO

DIRETRIZES PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO NA AGRICULTURA: ESTUDO DE CENÁRIOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.

Existe no mundo uma crescente competição, entre os diversos setores da sociedade, pelo uso da água onde a agricultura se apresenta como uma grande consumidora dos recursos hídricos disponíveis. Nesse contexto, é essencial a racionalização do uso desses recursos, de modo a favorecer a demanda de outros setores, principalmente o abastecimento público. Desde que realizada de forma controlada, a irrigação com efluentes de estação de tratamento de esgoto - ETE é uma prática muito atrativa, pois possibilita uma maior oferta de água para fins mais nobres, além de fornecer água e nutrientes essenciais aos cultivos agrícolas.

Esse trabalho teve como objetivo geral fazer uma avaliação da produção de esgoto dos 122 municípios inseridos no semiárido pernambucano, como forma de viabilizar o planejamento estratégico na gestão dos recursos hídricos do Estado, com vistas ao reúso agrícola. Foram avaliados, principalmente, os municípios atendidos por serviços de esgotamento sanitário, destacando aqueles que contemplam o tratamento de esgoto, além das demais cidades não atendidas por esses serviços, em cenários populacionais e considerando os municípios de Petrolina, Pesqueira e Salgueiro como estudos de caso. A avaliação e proposição de formas de reúso agrícola, adaptadas às condições locais, foram subsidiadas através de dados secundários de consumo per capita de água e monitoramento de qualidade dos efluentes das ETEs existentes. Também foi observada, por meio de pesquisa de campo, o conhecimento de uma comunidade rural, quanto à prática do reúso agrícola; e a avaliação dos principais custos envolvidos na implantação de esgotamento sanitário, tratamento de esgoto e projeto de reúso agrícola. Os resultados mostraram que apenas 13 municípios apresentavam esgotamento sanitário, dos quais nove desses possuíam, além do sistema de coleta, o sistema de tratamento de parte dos esgotos produzidos. O custo para a instalação de um projeto de reúso agrícola foi de aproximadamente R\$ 130,00 por habitante, que representou em torno de 17,5% do total investido em todo projeto de saneamento e reúso. O potencial de reúso agrícola do semiárido pernambucano poderá ser de 6.767 hectares irrigados com água residuárias, principalmente nos municípios do agreste pernambucano, possibilitando o aumento na produção de culturas como milho, feijão e algodão. A percepção da população rural avaliada mostrou uma aceitação para o cultivo e consumo de produtos através de reúso agrícola, sobretudo, com informações seguras da qualidade apropriada dos efluentes utilizados.

Palavras-chave: águas residuárias, reúso agrícola, estação de tratamento de esgoto, semiárido.

ABSTRACT

GUIDELINES FOR USE OF WATER REUSE IN AGRICULTURE: SCENERY STUDY IN THE SEMI-ARID OF PERNAMBUCO STATE.

In the world there is an increasing competition, among the sectors of the society, for water usage, which has the agriculture as a huge consumer of the available water resources. In this context, it is essential the rational use of these resources, in order to promote other sectors' demands, especially public supply. As long as it is performed in a controlled manner, irrigation with effluents from sewage treatment plant – ETE – is a very attractive technique as it enables a greater water offer to nobler purposes, as well as providing water and essential nutrients to agricultural crops.

This study aimed to evaluate the sewage production of 122 municipalities in the semi-arid region of Pernambuco State - Brazil, as a manner of making feasible the strategic planning in the water resources management of the State with focus in the agricultural reuse. It were evaluated, mainly, the municipalities served by sanitary sewage services, highlighting those with sewage treatment, as well as the one without these services, in population scenarios and considering the municipalities of Petrolina, Pesqueira and Salgueiro as case studies. The evaluation and proposal of agricultural reuse manners, adapted to local conditions, were subsidized through secondary data of per capita water consumption and monitoring the quality of the effluents of the existing ETEs. It was also observed, through field research, the knowledge of a rural community as to agricultural reuse practice; and the evaluation of the main costs involved in the implementation of sanitary sewage system, sewage treatment and agricultural reuse project. The results have shown that only 13 municipalities presented sanitary sewage system, from which nine had, besides the collection system, treatment systems to part of the sewage produced. The installation cost of a agricultural reuse project was approximately R\$ 130,00 per habitant, which represented around 17,5% of the amount invested in the whole sewage and reuse project. The agricultural reuse potential of the semi-arid region of Pernambuco may be around 6767 irrigated hectares with wastewater particularly on the municipalities of Agreste region, enabling the increasing on the production of crops such as maize, bean and cotton. The perception of the rural population evaluated has shown an acceptance towards the cultivation and consumption of products grown on agricultural reuse, especially, with reliable information of the appropriate quality of the effluents.

Keywords: wastewater, agricultural reuse, sewage treatment plant, semi-arid.

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A crescente demanda por água potável, em virtude do aumento da população mundial, tem se intensificado em nível global. Em consequência disso, conflitos e disputas entre os diversos segmentos da sociedade tendem a surgir de forma significativa pelo acesso a esse recurso natural. Nas regiões áridas e semiáridas, a escassez de água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Mesmo áreas com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender às demandas elevadas, experimentam conflitos de uso e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida (HESPANHOL, 2003).

Diante desse cenário, existe a necessidade do controle de demanda, objetivando a redução da pressão sobre os recursos hídricos, e de busca de recursos complementares. A gestão de recursos hídricos, contudo, torna-se um grande desafio para a manutenção do equilíbrio entre a necessidade dos usuários e a disponibilidade de água.

Para Pompeo (2007), o reúso da água em atividades como agricultura, indústria, limpeza pública, aquicultura, entre outras, é uma forma de minimizar o problema da escassez desse recurso natural. O reúso da água, para fins não potáveis, foi intensificado em todo mundo nas últimas décadas, em função da crescente dificuldade de atendimento a essa demanda, para os centros urbanos e algumas localidades no meio rural, pela escassez cada vez maior de mananciais próximos aos pontos de consumo e/ou de qualidade adequada para abastecimento após tratamento convencional (MUFFAREG, 2003). Contudo, o reúso de água surge atuando nos dois aspectos, sendo um instrumento para redução do consumo de água (controle de demanda) e, a água de reúso pode ser considerada como um recurso hídrico complementar, a ser utilizado em algumas aplicações, possibilitando a disponibilização das águas de melhor qualidade, para os fins mais nobres.

A utilização de esgoto doméstico tratado no solo com a finalidade de fornecer nutrientes para a agricultura, por exemplo, é uma prática muito utilizada no Brasil, sobretudo de forma não planejada, porém, muito antiga em muitos países do sudeste asiático, oriente médio e continente africano. As primeiras cidades

européias a adotarem esta prática foram Bunzlau na Alemanha em 1531 e Edinburgo na Escócia em 1650 (TRENTIN, 2005; BARBOSA, 2008).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a agricultura brasileira consome 69% da água dos mananciais, seguindo-se o abastecimento doméstico (21%) e a atividade industrial (10%), sendo com isso, importante se adotar medidas voltadas a aplicação de práticas planejadas ao reúso agrícola (BRASIL, 2006).

Em termos de planejamento de bacias hidrográficas, o reúso deve estar presente na pauta dos gestores de recursos hídricos, configurando-se como uma importante ferramenta no controle da qualidade dos corpos hídricos (MANCUSO, 1992; LEITE, 2003).

Segundo a última atualização da área do semiárido realizada em 10 de março de 2005, pela Portaria Interministerial N° 6, o Estado de Pernambuco possui 122 municípios inseridos no semiárido, totalizando 86.184 km², que representa 88,20% do território Estadual possuindo, segundo último censo 2010, uma população de 3.656.169 habitantes. As características climáticas do semiárido se associam com grande parte dos solos degradados e os recursos hídricos caminhando para a insuficiência e com elevados níveis de poluição.

A Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) é responsável pelo abastecimento de água em 119 municípios do semiárido pernambucano, onde o índice de abastecimento de água representa mais da metade da população urbana da referida área (65,5%) e apenas 5,9% da população rural, possuindo ainda três municípios que administram esse serviço. Em relação ao esgotamento sanitário, essa mesma região apresenta um índice de atendimento inferior a 10% de toda sua população (BRASIL, 2009; COMPESA, 2010b).

As instituições governamentais, no âmbito Federal e Estadual, tem se mobilizado com intervenções no intuito de aumentar esses índices, em busca da universalização do saneamento. Atualmente no semiárido pernambucano, 63 municípios contam com ações para ampliação da produção e normalização do abastecimento de água e 35 municípios em processo para implantação de sistemas de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto. O projeto de interligação do rio São Francisco, por exemplo, proporcionará um acréscimo diário de mais de 580 m³ de água de abastecimento na região do semiárido, o que corresponderá a um volume estimado de geração de esgoto de 470 m³ diariamente sendo lançado, mesmo haja tratamento, nos corpos receptores (BRASIL, 2000; CIRILO, 2008).

Em consideração à potencialidade supracitada, torna-se fundamental a implementação de políticas públicas voltadas ao reúso agrícola, como uma importante ferramenta no planejamento estratégico para a utilização dos recursos hídricos locais.

1.2 HIPÓTESE

A prática do reúso agrícola poderá se constituir em uma das principais diretrizes de gerenciamento dos recursos hídricos e ser uma importante alternativa na produção de alimentos e racionalização do uso da água em municípios inseridos na região do semiárido pernambucano.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Este estudo objetiva realizar uma avaliação para o planejamento na utilização de esgoto doméstico tratado para irrigação, em áreas localizadas no semiárido do estado de Pernambuco.

1.3.2 Específicos

- Avaliar o potencial de reúso agrícola dos municípios inseridos na região do semiárido pernambucano, considerando os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário;
- Avaliar três estudos de caso considerando aspectos distintos relacionados à população e a existência de rede coletora e tratamento de esgoto;
- Avaliar o conhecimento de uma comunidade rural em relação ao saneamento básico e ao reúso agrícola;
- Identificar os principais custos envolvidos para o reúso agrícola;
- Propor diretrizes para o procedimento de gerenciamento e licenciamento de projetos de reúso.

1.4 ESTRUTURA DA TESE

O desenvolvimento do trabalho foi organizado considerando oito capítulos:

No Capítulo 2, apresenta-se uma revisão bibliográfica relacionada com o reúso agrícola no mundo e no Brasil, uma abordagem sobre as principais formas de tratamento de esgoto doméstico, condicionando-o ao reúso através de suas características. O Capítulo também aborda os aspectos legais, de saúde pública e influenciam no solo, assim como o efeito na produtividade e a aceitabilidade da prática do reúso e seus produtos. As principais características da área de estudo também são descritas.

O Capítulo 3 descreve toda a metodologia utilizada nessa pesquisa.

No Capítulo 4, são apresentados e discutidos os resultados sobre o potencial de reúso agrícola da área em estudo. No capítulo 5 apresentam-se as conclusões da tese, assim com sugestões para o desenvolvimento de projetos de reúso agrícola e pesquisas futuras.

Na sequência encontram-se listadas as referências presentes nesta tese e ainda têm-se apêndice e os anexos com informações complementares utilizadas na pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS GERAIS

A escassez dos recursos hídricos se apresenta de forma notória em todo planeta, seja ela em termos quantitativos, sobretudo em regiões áridas e semiáridas, ou de forma qualitativa, tendo em vista o avanço contínuo dos aglomerados urbanos, atrelado ao crescimento populacional que presencia o lançamento diário de esgotos sanitários, sem tratamento, nas coleções hídricas, em diversas regiões do Brasil (CAIXETA, 2010).

Em função da relação entre escassez de água e os alimentos, conforme relatório do International Food Policy Research Institute e International Water Management Institute (IFPRI e IWMI 2002), projeta-se que em 2025 o déficit hídrico causará perdas anuais globais de 350 milhões de toneladas da produção de alimento; ligeiramente maior que a produção de grãos, anual, completa, dos Estados Unidos (BERNARDI, 2003).

Em países onde a falta de água é um fator limitante de crescimento, percebe-se a dependência externa de produtos agrícolas que requerem alta necessidade hídrica. Portanto, o problema de escassez de água é também um problema de escassez de alimentos (CAIXETA, 2010).

A prática do reúso de água, nas atividades em que não se exija água potável, mostra-se como uma tendência necessária, como garantia de manutenção da qualidade dos corpos hídricos, com a diminuição do lançamento de esgoto, além de possibilitar a preservação de maior quantidade de água para fins mais nobres. Os principais benefícios dessa prática são: baixo custo sanitário da disposição dos resíduos líquidos municipais; conservação da água; redução da poluição dos rios, canais e outras águas superficiais; conservação dos nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes; aumento da produtividade dos cultivos e a garantia da oferta de água. Entretanto, alguns cuidados devem ser observados, devido aos riscos potenciais aos irrigantes e consumidores, assim como, a possível contaminação de águas subterrâneas (GUIDOLIN, 2000; LEITE, 2003; POMPEO, 2007; BOUWER e CHANEY, 1974 apud CAIXETA, 2010).

A gestão dos recursos hídricos deve considerar, em sua pauta de atividades, a implantação de projetos de reúso de água planejado; com vistas à mitigação dos impactos ambientais em mananciais de abastecimento público, ao aumento da disponibilidade de água de qualidade e à melhoria da saúde da população (HESPANHOL, 2003a).

2.2 REÚSO AGRÍCOLA NO MUNDO

Os chineses, cinco séculos antes da era cristã, já dominavam técnicas de gestão da água, realizando obras para aumentar a sua disponibilidade. Segundo Landes (1999), as fazendas na China praticavam o reúso agrícola utilizando seus rios poluídos com esgoto doméstico para irrigação dos campos de arroz.

Ao final do século XIX, muitas cidades na Europa e Estados Unidos estabeleceram sistemas de coleta de esgotos. Os rejeitos eram comumente conduzidos até as chamadas “fazendas de esgotos”, onde eram dispostos no solo.

A utilização de águas residuárias para irrigação, como meio de reduzir a poluição dos rios e de fertilizar o solo, se popularizou em diversos países, a partir de 1865, especialmente nas grandes cidades (SHUVAL et al., 1997; CROOK 1993; MARECOS DO MONTE, 1995).

Na França de 1872, Paris já possuía uma área irrigada de 900 ha em Gennevillier, passando a 5.300 ha, no ano de 1904, em Achères, onde, até hoje, são tratadas as águas residuárias da capital francesa, embora o tratamento no solo constitua apenas uma pequena parte do processo de tratamento. O maior sistema de reúso para irrigação agrícola localiza-se na cidade de Clermont-Ferrand, realizando a irrigação de 600 ha de cultivo alimentício de culturas que serão processadas industrialmente, reutilizando 10.000 m³/dia de efluentes tratados pelo processo de lodos ativados (FABY et al., 1999).

Na Alemanha, a precipitação natural atende às necessidades de água de mais de 90% da área agrícola do país. O complemento requerido vem, principalmente, de mananciais superficiais, seguindo-se as águas subterrâneas e os esgotos tratados. Cerca de 3% dos esgotos sanitários gerados na Alemanha são utilizados para irrigação. Berlim iniciou a prática de aplicação das suas águas

residuárias em 1876, ocupando uma área de 17.200 ha em 1910 (FEIGIN et al., 1991; MUFFAREG, 2003).

De acordo com Benetti (2006), na Índia a irrigação é o principal método de disposição de esgotos no país, tendo a primeira “fazenda de esgotos” se estabelecido em 1895. Diversos rios, no território indiano, praticamente se tornam secos, durante os meses de verão, favorecendo ainda mais o reúso agrícola dos esgotos. Existem 132 projetos de irrigação com esgotos sanitários e muitos outros com efluentes de agroindústrias. Na África do Sul, a irrigação de efluentes sanitários é prática comum no país, com 25% dos esgotos tratados das cidades, sendo utilizados na agricultura. Em alguns municípios, esta proporção atinge 100%. Em Johannesburg são utilizados esgotos para irrigação desde 1914. A maior cidade da África do Sul é proprietária de fazendas para desenvolvimento agropecuário e agrícola, com o objetivo de disposição de esgotos.

Nos Estados Unidos, a Califórnia tem usado efluente tratado de esgotos, desde o início do século XX. Em 1935, efluentes de 32 municípios irrigavam plantações com esgotos tratados. Este número se elevou para 153, em 1977. Novos projetos foram desenvolvidos, destacando-se o de uso de esgotos tratados da área metropolitana da cidade de Monterey; para irrigar plantações de brócolis, alface, couve-flor, aipo e alcachofra. O Estado da Califórnia desenvolveu suas primeiras regulamentações em 1918.

Segundo Bahri e Brissaud (1996), a Tunísia possui 6.500 ha irrigados com água de reúso, prevendo uma expansão da área irrigada para 20.000 ha. Nesse país, a irrigação é praticada apenas seis meses por ano e utiliza efluentes de tratamento secundário. O monitoramento dos parâmetros físico-químicos é realizado com uma periodicidade mensal; a presença de elementos traço é avaliada uma vez a cada seis meses e a incidência de ovos de helmintos a cada duas semanas, conforme decreto publicado em 1989 pelo governo federal daquele país.

Segundo Qadir et al. (2009), o Oriente Médio e Norte da África (Middle East and North Africa - MENA) são as região mais secas do mundo, com apenas 1% dos recursos mundiais de água doce. O aumento da concorrência por água de boa qualidade tem reduzido sua proporção para a agricultura; sendo assim, o volume de esgoto utilizado no setor tem aumentado; considerando o esgoto gerado pelo uso da água para atividades domésticas, industriais e urbanas. Na região do Mena, 43% do

esgoto é tratado; uma porcentagem relativamente elevada em comparação com outros países em desenvolvimento. Entretanto, o aparente processo lento e desigual para reutilização de águas residuárias está associado, principalmente, à informação inadequada sobre o processo de reúso. Alguns países como Tunísia, Jordânia e Israel desenvolvem políticas consolidadas de reúso. Os gestores, nesses países, consideram a utilização de águas residuárias tratadas como um aspecto essencial de planejamento estratégico.

Israel é conhecido mundialmente pelos avanços tecnológicos, quando se fala em reúso de água. Segundo o Israel (Ministry of Foreign Affairs – MFA), o país se destaca, na ciência e tecnologia, pelas excelentes universidades e centros de pesquisa que possui; onde os trabalhos desenvolvidos, em grande parte, são voltados para suprir a falta de recursos naturais do local. Em termos de disponibilidade hídrica, a situação de Israel é tão desfavorável quanto às da região do semiárido brasileiro. As precipitações pluviométricas podem registrar valores anuais entre 35-200 mm, na região do Deserto de Negev, que abrange cerca de 50% do país. No nordeste do Brasil, sobretudo no semiárido, as precipitações pluviométricas médias anuais são iguais ou inferiores a 800 mm. A situação de escassez de água, que predomina em todas as áreas de Israel, faz com que o país estabeleça como prioridade a introdução de inovações na gestão hídrica, adotando como princípios básicos: a exploração máxima dos recursos hídricos convencionais; a exploração de recursos não convencionais, a exemplo das águas residuais, e a adoção de práticas de uso racional de água (MFA, 2011).

Israel possui uma empresa nacional de águas (Mekorot Israel National Water Company), que é considerada uma das empresas mais avançadas do mundo no setor. A Companhia é líder em gestão de recursos hídricos, dessalinização de água, tratamento de efluentes e reúso de efluentes, aproveitamento de água de chuva, qualidade da água, segurança hídrica e engenharia de projetos de água. A Mekorot abastece 80% da água potável de Israel e opera 3.000 instalações em todo o país, empregando tecnologias de ponta no tratamento e reutilização de águas residuárias, permitindo a substituição de água doce de boa qualidade, por água residuária tratada, de qualidade compatível para irrigação de culturas, poupando assim, as limitadas fontes de água doce para abastecimento público. Os efluentes tratados, fornecidos pela empresa para uso agrícola, atendem às rigorosas normas sanitárias,

sendo responsáveis por aproximadamente 40% das águas residuárias tratadas (cerca de 200 milhões de metros cúbicos por ano) e pela reutilização de 60% das mesmas, na agricultura de Israel. Somente em 2005 foram reutilizados 350 milhões de metros cúbicos de efluentes para fins agrícolas (75% de esgoto total bruto); com isso, Israel atingiu a maior taxa de recuperação de água no mundo (MEKOROT, 2007; 2011).

Em comunidades de até 40.000 habitantes, o método mais utilizado de tratamento é a sequência de lagoas anaeróbia e facultativas ou facultativas seguidas por lagoas de maturação. O efluente é aproveitado próximo à comunidade que o gerou. Na zona costeira central, onde há maior densidade de população, um conduto central coleta e conduz efluentes de tratamento secundário em direção ao sul do país, na região de Negev, que abriga uma área extensa de irrigação centralizada, como mostra o fluxograma da Figura 2.1. Os esgotos das cidades de Haifa e Jerusalém, após passarem por tratamento por sistemas de lodos ativados são conduzidos a projetos de irrigação no Vale Ezraelon, Gaza, respectivamente. (HARUVY, 1997).

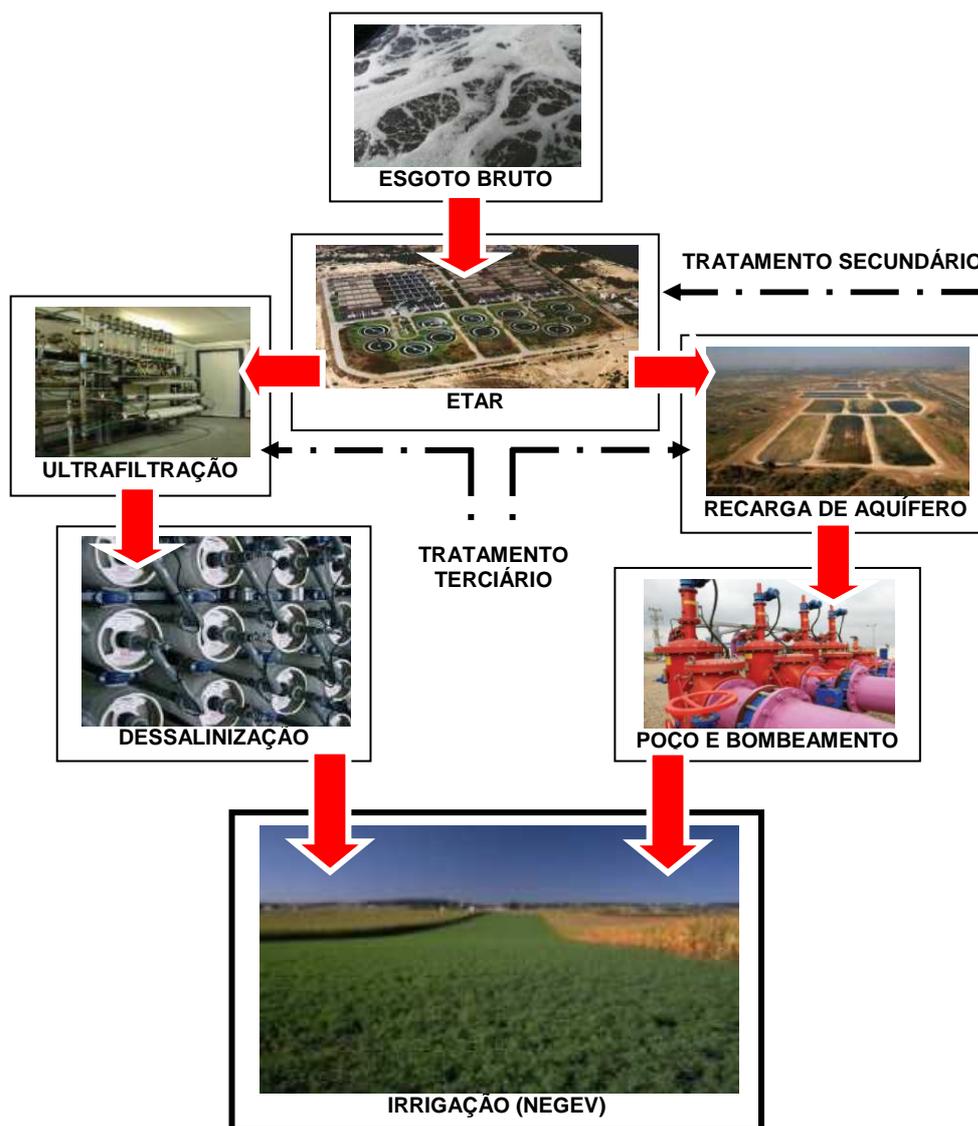
Atualmente, a maioria dos alimentos de Israel é produzida internamente e complementada por importações, principalmente de grãos, oleaginosas, carne, café, cacau e açúcar, que são mais do que compensados pelas exportações de uma grande variedade de flores, frutas e vegetais cultivados nas áreas de reúso da agricultura. As exportações de Israel se concentram, principalmente, em produtos como: melão, tomate, pepino, pimentão, morango, kiwi, manga, abacate, uma grande variedade de frutas cítricas, rosas e cravos. Em termos econômicos, Israel registrou um crescimento considerável nas exportações anuais; de US \$ 20 milhões, no ano de 1950, para US \$ 1,2 bilhões em 2009. Esse aumento se deve, principalmente, à introdução generalizada de métodos de produção inovadores, modernos sistemas de irrigação, tecnologias de tratamento de água residuária e agricultura orientada para a exportação (MFA, 2010).

Segundo BASTOS (1999), na América Latina, Chile e Peru também são apresentados como exemplos significativos de uso de esgotos domésticos tratados, na agricultura.

No México, aproximadamente 90% dos 3,5 milhões de m³/dia do esgoto produzido pela Cidade do México é reutilizado na agricultura no Vale do Mezquital.

Os restantes 10% são aplicados na irrigação do cinturão verde, ao redor da cidade. Os esgotos não recebem qualquer tratamento, com exceção dos reservatórios naturais de acumulação existentes nos emissores que carregam os mesmos para o Vale do Mesquital (HESPANHOL, 2006; JIMÉNEZ, 2010).

Figura 2.1 - Fluxograma do sistema de reúso agrícola de Negev em Israel.

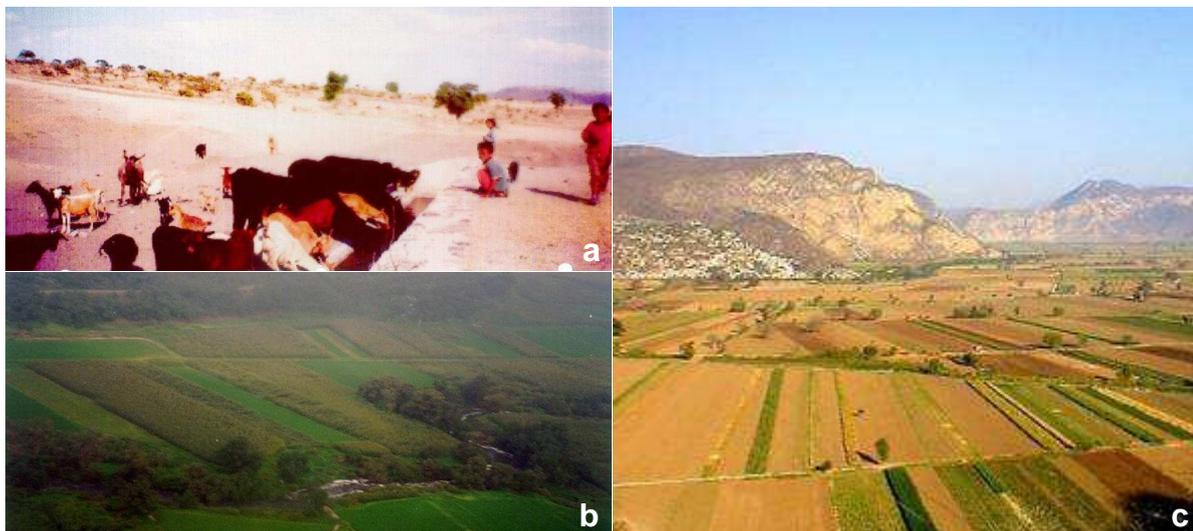


Fonte: adaptado de MEKOROT, 2007.

A agricultura, através de reúso da água, transformou a região do Vale do Mezquital, sem grandes perspectivas, em um eficiente arranjo de geração de renda para os moradores locais. A prática se estende até os dias atuais, sendo os esgotos brutos da cidade, conduzidos dezenas de quilômetros através de canais até a região

do Vale do México, onde são utilizados para irrigar cerca de 90.000 ha de solo árido (METCALF e EDDY, 2003). A Figura 2.2 mostra a região do Vale do Mezquital.

Figura 2.2 - Área do vale do Mezquital, no México, antes (a) e depois (b, c) da utilização de esgoto para irrigação de culturas.

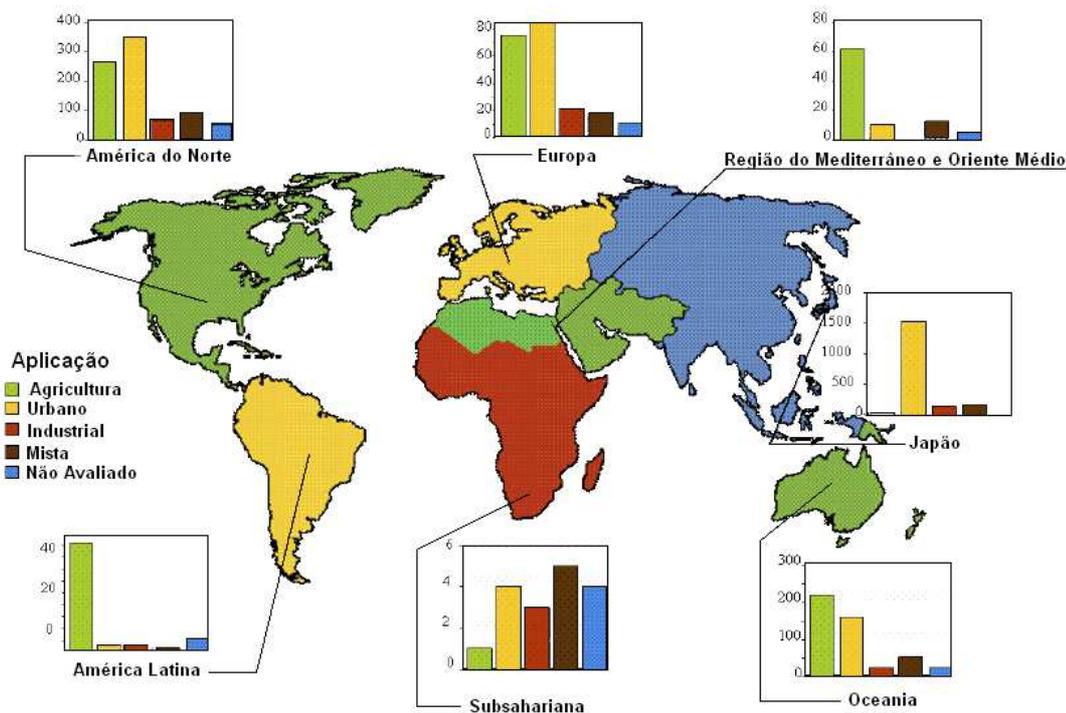


Fonte: Jiménez, 2011; Sartorelli, 2011.

O reúso agrícola impulsiona a produção de milho e alfafa, as principais culturas da região do vale do Mezquital, ocupando entre 60% a 80% das áreas cultivadas, seguido de aveia, cevada, trigo e frutíferas. Jiménez e Chávez (1997) observaram na prática da irrigação com esgoto bruto, um aumento considerável na produtividade de algumas culturas no Vale do Mezquital.

Segundo estudos realizados pela União Européia (AQUAREC, 2006), existem mais de 3.300 instalações de reúso de água; identificadas, principalmente no Japão e nos EUA, mas também na Austrália e na União Européia. A distribuição dos projetos, classificados por tipo de atividade, é mostrada na Figura. 2.3. Neste mesmo estudo, as atividades de reúso são agrupadas em quatro categorias: reúso agrícola; recarga de aquíferos; reúso urbano; processos industriais e combinações de reúso.

Figura 2.3 - Número de identificações de reúso de água por área de aplicação em sete regiões do mundo.



Fonte: adaptado de Bixio et al., 2008; AQUAREC, 2006.

2.3 REÚSO AGRÍCOLA NO BRASIL

No Brasil, a prática de reúso de esgotos tratados para irrigação tem se desenvolvido sem planejamento ou controle. Apesar de já existir atividade de reúso de água, com fins agrícolas, em certas regiões do país, ela é exercida de maneira informal e sem as preocupações ambientais devidas e de saúde pública adequada. Torna-se necessário, portanto, institucionalizar, regulamentar e promover o setor por meio da criação de estruturas de gestão, preparação de legislação, disseminação de informação e do desenvolvimento de tecnologias compatíveis com as condições técnicas, culturais e sócio-econômicas brasileiras, considerando algumas experiências já consolidadas (CAIXETA, 2010).

No Brasil, existem poucos instrumentos de ordenação política, institucional, legal ou regulatória que orientem as atividades de reúso, praticadas no território nacional. Embora não seja atribuição específica da Agência Nacional de Águas – ANA, promover e regulamentar as atividades de reúso de água no país, sua ação coordenadora no setor pode permitir a elaboração e a implementação de projetos sustentáveis de reúso; ajustados aos programas e objetivos de gerenciamento

integrado às bacias hidrográficas nas quais esteja atuando. Torna-se necessário desenvolver uma cultura e uma política de conservação de água, em todos os setores da sociedade, tendo em vista que o reúso planejado de águas residuárias constituem o mais moderno e eficaz instrumento de sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos (HESPANHOL, 2003).

No âmbito nacional, já existem várias experiências que merecem destaque com a prática do reúso planejado. O Estado de São Paulo, por meio da atuação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e centros de pesquisa da Universidade de São Paulo (USP), possui experiências específicas de reúso de efluentes tratados na agricultura irrigada, em cultivos de milho e girassol, hidroponia com flores e irrigação de pastagens para produção de feno, em uma área de 31,2 ha com uma vazão disponível de 1,5 m³ por segundo (BERNARDI, 2003; SÃO PAULO, 2007).

Piveli (2006), em experimento desenvolvido na cidade de Lins (SP), utilizando esgoto doméstico tratado, proveniente de lagoa facultativa em cultura de milho, obteve uma produção equivalente a 7,02 ton/ha e 8,33 ton/ha com irrigação convencional (água com adubação). O mesmo autor concluiu que apesar da diferença, o uso do esgoto tratado representa uma economia substancial de água e de fertilizantes.

Duarte (2005) conduziu um experimento de reúso de esgoto doméstico tratado, na irrigação de cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*), no município de Piracicaba comprovou que, independente do nível de adubação, a irrigação com água residuária proporcionou um incremento de 60% no rendimento de frutos quando comparado ao rendimento obtido no tratamento em que se utilizou água potável para irrigação, com valores médios de 14,90 ton/ha e 9,32 ton/ha, respectivamente.

Um marco do reúso no Estado do Ceará se deu com a criação, em 2004, do Centro de Pesquisa Sobre Tratamento e Reúso de Águas Residuárias implantado no município de Aquiraz - CE, através da parceria entre a Companhia de Água e Esgotos do Ceará (Cagece) e a Universidade Federal do Ceará (UFC). Neste centro foram realizadas experiências bem sucedidas nos cultivos de melancia, mamão, mamona, feijão, helicônia, girassol e capim Tanzânia (CAIXETA, 2010).

Caixeta (2010) destaca que a implementação de reúso de água no Ceará é uma alternativa importante a ser considerada no Plano Estadual de Recursos Hídricos, podendo com isso, contribuir efetivamente na preservação dos corpos d'água e no aumento da oferta de água, principalmente, para o setor agrícola no Estado.

No Rio Grande do Norte, pesquisas utilizando efluente de esgoto doméstico tratado, para irrigação de cultura de milho, destacaram uma produção de biomassa de 17 a 24 %, superior aos métodos tradicionais de irrigação (LUCAS FILHO et al., 2001). Na região do Seridó, sedes municipais utilizam, em áreas periurbanas, efluentes de sistemas de tratamento primário na irrigação de capineiras (GUIDOLIN, 2000). Segundo Medeiros (2007), na cidade de Caicó, os esgotos, mesmo sem tratamento, são alvos de extremo interesse por parte de agricultores na irrigação de capim.

Na Paraíba, algumas pesquisas desenvolvidas pela Universidade Federal de Campina Grande destacaram os efeitos positivos do reúso agrícola. Segundo Sousa et al. (2001), avaliando o desempenho da cultura do arroz, irrigada com efluentes de esgoto sanitário provenientes de tanque séptico e de lagoa de estabilização, verificou que a produtividade média, observada nas unidades experimentais irrigadas com esgotos domésticos tratados em tanque séptico, superou, estatisticamente, aquela observada nas unidades irrigadas com água de abastecimento e adubo mineral. Figueiredo et al. (2005), por sua vez, em estudo do efeito da irrigação com água residuária e da adubação, com biossólidos na produção de duas variedades do algodão colorido, verificou que o número de capulhos por planta, principal componente da produção, foi bem maior quando houve utilização de água residuária, cerca de 108% na cultivar BRS 200 Marrom e de 86% na cultivar BRS Verde, considerando-se o efeito médio da água de abastecimento.

Em Pernambuco, estudos realizados para a identificação dos efeitos da fertirrigação com efluente de lagoa de polimento, nos atributos do solo e na produção de feijão caupi (*Vigna unguiculata*(L.) Walp), comprovaram que a produtividade foi, aproximadamente, cinco vezes superior às do tratamento com água de abastecimento. Ainda verificou-se que no plantio de sequeiro a indisponibilidade de alguns nutrientes do solo pode ser corrigida com a oferta de nutrientes disponíveis no efluente (SILVA, 2007).

Estudos realizados na região do semiárido Pernambucano avaliaram a produtividade de culturas irrigadas com esgoto doméstico tratado, onde Miranda (2010) verificou valores de produção de algodão superiores aos registrados pela EMBRAPA (BRASIL, 2004), em condições de sequeiro e Silva (2010) observou valores de produtividade de mamona, superiores aos encontrados com água de abastecimento.

2.4 FORMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS PARA IRRIGAÇÃO

Segundo Haruvy (1996), devem-se considerar os níveis desejados para determinada aplicação agrícola na tomada de decisão de como tratar as águas residuárias. Vários aspectos devem ser considerados, incluindo riscos de contaminação do lençol freático pela percolação de nutrientes, pelo perfil do solo e riscos à saúde pública; ou mesmo efeitos benéficos do uso de água residuária na irrigação agrícola, como diminuição dos custos com fertilizantes, dos impactos ambientais e recarga de aquíferos.

Para tratamento de esgoto voltado ao uso de efluentes adequados para irrigação, podem ser utilizados tanto sistemas aeróbios, quanto anaeróbios. Entretanto, sistemas aeróbios, que apresentam elevada eficiência e são amplamente utilizados na Europa, apresentam desvantagens relacionadas com o elevado custo operacional e necessidade de mão-de-obra qualificada, inviabilizando sua implantação principalmente na área de estudo.

As tecnologias de tratamento mais empregadas no Brasil e avaliadas em diversas pesquisas desenvolvidas pelo PROSAB destacam as alternativas mais simplificadas, de menor custo e de maior sustentabilidade, representadas pelas lagoas de estabilização, disposição de efluentes no solo e reatores anaeróbios, que podem ser seguidos de pós-tratamento (CHERNICHARO, 2006).

2.4.1 Lagoas de Estabilização

Para Chernicharo et al. (2006), as principais técnicas de tratamento por sistemas de lagoas estão representadas pelas Lagoas Facultativas primárias e combinadas com lagoas anaeróbias, lagoas aeradas e lagoas de maturação. As

duas primeiras são as que, efetivamente, consistem em lagoas de estabilização, entendido este termo como a transformação da matéria orgânica carbonácea (DBO) em produtos mineralizados (estabilização da matéria orgânica carbonácea). Contudo, a lagoa de maturação não tem mais essa função, mas sim a de remoção de patógenos, devido ao seu elevado tempo de detenção hidráulica (TDH) e a grande área (espelho d'água) exposta à ação da luz solar, proporcionando elevada eficiência de remoção de patógenos, até mesmo de nutrientes.

As lagoas de estabilização, segundo Paganini (2003), são os sistemas de tratamento de esgotos sanitários mais eficientes, em termos de remoção de microrganismos patogênicos e de nutrientes eutrofizantes. A disposição no solo dos efluentes dessas unidades será condicionada à disponibilidade de área; sendo assim, uma opção adequada à realidade de grande parte do território brasileiro.

Kouraa et al. (2002) estudaram, após três anos de funcionamento, o desempenho de uma combinação de lagoas de estabilização para reúso de esgoto tratado para irrigação, sendo: 5 lagoas anaeróbias, 4 aeróbias, 4 facultativas e 4 reservatórios. A combinação das lagoas mostrou boas condições de funcionamento e excelente desempenho na retenção de carga orgânica (90%), redução de coliforme fecal (6 unidades logarítmicas) e ovos de helminto (100%), além de produzir um efluente com qualidade sem restrição, para irrigação.

2.4.2 Escoamento Superficial e Leito de Macrófitas (Wetlands)

As alternativas de escoamento superficial e de leito de macrófitas (wetlands) encontram, atualmente, maior aplicabilidade no Brasil. Estas duas técnicas de tratamento apresentam elevada capacidade de remoção de DBO e, adicionalmente, de nutrientes, principalmente de nitrogênio (por interações químicas no solo e absorção pela biomassa vegetal) e de parasitas (por mecanismos físicos de retenção). A remoção de bactérias e vírus é mais limitada. Acrescente-se que, se for alcançada a compatibilização entre os objetivos de tratamento de esgotos e de irrigação, as duas alternativas podem constituir, em si, alternativas de reúso; haja vista a possibilidade de produção de biomassa para alimentação animal (CHERNICHARO, 2006).

Segundo Bastos (2003), caso o objetivo seja o tratamento de esgotos, pressupondo-se a produção de um efluente tratado, em condições de ser lançado em um corpo d'água como disposição final; dependendo das características do solo e da taxa de aplicação, predominarão a infiltração-percolação ou o escoamento superficial. Na utilização de processos de infiltração-percolação pode haver ou não cobertura vegetal, enquanto nos processos de escoamento superficial, as gramíneas são, normalmente, partes constituintes e importantes do processo de tratamento. Nos processos em que a água residuária é aplicada através de escoamento superficial, uma superfície inclinada, com declividade de 2% a 6%, e uma taxa que varia de 50 a 140 mm por semana, pode ser utilizada (MARQUES et al. 2003).

Leitos de macrófitas (wetlands) são sistemas que consistem de canais rasos, com o fundo impermeável, parcialmente cheio por um leito artificial, com material permeável (solo arenoso, areia grossa ou cascalho fino, areão), podendo levar em toda superfície uma estreita camada de solo, na qual são plantadas espécies botânicas adaptadas à vida em terrenos encharcados, conhecidas como "Macrófitas Emergentes", que abrigam plantas aquáticas. O sistema pode ser de fluxo superficial (nível d'água acima do nível do solo) ou subsuperficial (nível d'água abaixo do nível do solo). Mecanismos biológicos, químicos e físicos no sistema solo-água-plantas atuam no tratamento dos esgotos, sendo a eficiência de remoção de DBO, nutrientes e patógenos similar à dos sistemas por disposição no solo (RELVÃO, 1999; CHERNICHARO, 2006). O primeiro sistema de leitos de macrófitas, em grande escala, construído na Europa, entrou em operação no ano de 1974, em Othfresen, na Alemanha. Desde então, inúmeras novas instalações foram já construídas por toda a Europa (FERRO, 2008).

Segundo Relvão (1999), os sistemas de tratamento por leitos de macrófitas apresentam diversas vantagens em comparação com sistemas de tratamento convencionais, notadamente:

- Baixos custos de construção;
- Baixos custos de operação;
- Dispensam quaisquer equipamentos;
- Manutenção simplificada, podendo ser operada por pessoal não qualificado;
- Apresentam uma perfeita integração paisagística;

- Podem ser construídos em locais baixos, mesmo quando inundáveis, sem inconvenientes ambientais.

As plantas utilizadas são espécies hidrófitas, providas de rizomas, sendo normal a utilização de *Phragmites Australis*, *Scirpus Lacustris* ou ainda *Typha Latifolia* (RELVÃO, 1999).

2.4.3 Sistemas Anaeróbios

Pode-se afirmar que, atualmente, a tecnologia anaeróbia aplicada ao tratamento de esgotos domésticos, encontra-se consolidada no Brasil; sendo que, praticamente, todas as análises de alternativas de tratamento incluem os reatores anaeróbios como uma das principais opções. Entretanto, estes sistemas apresentam capacidade mais limitada de remoção de matéria orgânica e pequena eficiência de remoção de nutrientes e patógenos, demandando, em geral, pós-tratamento, seja para o lançamento em corpos receptores, seja para o reúso (CHERNICHARO, 2006).

Nos reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), a DBO é convertida anaerobiamente por um consórcio de bactérias presentes no manto de lodo do reator. O fluxo do líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e de coleta de gás. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados, inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária, a produção de lodo é baixa, e este já sai adensado e estabilizado.

O tratamento de esgoto em unidades anaeróbias eficientes, como o reator UASB, abre o caminho para o uso de lagoas de polimento para o pós-tratamento. Por meio de variação da profundidade, pode-se manipular a concentração de nutrientes sem afetar significativamente os outros parâmetros de qualidade. Assim, quando o efluente do sistema for usado para irrigação, opera-se a lagoa com uma profundidade de mais de 1,0 m, mantendo-se os nutrientes. Contudo, na época de chuvas (quando não se aplica irrigação) as lagoas deverão ser operadas a pequena profundidade (0,4 a 0,6 m) para remover os nutrientes e, desta forma, evitar a eutrofização de corpos d'água (CAVALCANTI et al., 2001).

O sistema fossa séptica seguido de filtro anaeróbio (também chamado de sistema fossa-filtro) tem sido amplamente utilizado no meio rural, em comunidades de pequeno porte e mesmo nos grandes centros urbanos, carentes de sistema público de esgotamento sanitário. A fossa séptica remove a maior parte dos sólidos em suspensão, os quais sedimentam e sofrem o processo de digestão anaeróbia no fundo do tanque. O filtro anaeróbio efetua uma remoção complementar de DBO, especialmente a fração solúvel do esgoto (CHERNICHARO, 2006).

Para Sandri et al. (2000), vários métodos de tratamento de água residuária podem ser utilizados, sendo um destes a associação de tanque séptico seguido de leito de macrófitas. Estudos mostram que, embora a remoção de matéria orgânica tenha se mostrado eficiente com esse método, a presença de microrganismos é elevada, necessitando, assim, de uma melhor avaliação dos efeitos no sistema solo-água-plantas, antes de sua adoção, sob variadas condições climáticas, qualidade de efluente e método de irrigação.

A Tabela 2.1 apresenta uma análise comparativa, em termos de eficiência dos principais sistemas de tratamento de esgotos, aplicados em esgotos domésticos.

Tabela 2.1 - Eficiências típicas de remoção dos principais poluentes de interesse nos esgotos doméstico.

Sistema	Eficiência Média de Remoção						
	DBO (%)	DQO (%)	SS (%)	NH ₃ (%)	N (%)	P (%)	CTer (unid. log)
Lagoa Facultativa	75-85	65-80	70-80	< 50	< 60	< 35	1 - 2
Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa	75-85	65-80	70-80	< 50	< 60	< 35	1 - 2
Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	80-85	70-83	73-83	50-65	50-65	>50	3 - 5
Escoamento Superficial	80-90	75-85	80-93	35-65	<65	<35	2 - 3
Leito de Macrófitas (wetlands)	80-90	75-85	87-93	< 50	< 60	< 35	3 - 4
Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio	80-85	70-80	80-90	< 45	< 60	< 35	1 - 2
Reator UASB	60-75	55-70	65-80	< 50	< 60	< 35	≈ 1
Reator UASB + Filtro Anaeróbio	75-87	70-80	80-90	< 50	< 60	< 35	1 - 2
Reator UASB + Lagoa de Polimento	77-87	70-83	73-83	50-65	50-65	> 50	3 - 5
Reator UASB + Escoamento Superficial	77-90	70-85	80-93	35-65	< 65	< 35	2 - 3

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO: Demanda Química de Oxigênio; SS: Sólidos Suspensos; NH₃: Amônia; N: Nitrogênio Total; P: Fósforo Total; CTer: Coliformes Termotolerantes.
Fonte: Adaptado de Chernicharo (2006)

2.5 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA RESIDUÁRIA PARA IRRIGAÇÃO

As características das águas residuárias provenientes dos esgotos domésticos refletem os usos aos quais foram submetidas, variando com o clima, situação econômica e hábitos da população (VON SPERLING, 1996). Ainda,

segundo o autor, os critérios adotados na caracterização da água residuária de origem doméstica devem ser com base em aspectos físicos, químicos e biológicos.

Segundo Jordão e Pessoa (2005), os esgotos domésticos contêm, aproximadamente, 99,9 % de água e a fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos.

Os nutrientes contidos nos efluentes são de diferentes teores de macronutrientes, especialmente N e P. O nitrogênio ocorre sob as formas de N- Orgânico, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e $N-NO_2^-$; o $N-NO_2^-$ apresenta-se em concentrações inferiores a $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto que o $N-NO_3^-$ varia de 0-10 mg.L^{-1} . As formas de P encontradas nos efluentes são: P-orgânico, polifosfatos e ortofosfato. O P-orgânico é resultante de processos biológicos e os polifosfatos são adicionados pela disposição de detergentes na água de esgoto (FEIGIN et al., 1991).

A Tabela 2.2 apresenta as principais características físico-químicas e microbiológicas dos esgotos domésticos, com seus respectivos parâmetros de qualidade. Pode-se comentar que a introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido. Isso se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica, realizados pelas bactérias decompositoras, que utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração.

A irrigação de culturas agrícolas, e/ou florestais, através do uso de esgotos domésticos tratados, ao invés de descarregá-los nos cursos d'água, muitas vezes intermitentes, quando em regiões semiáridas, tem sido uma alternativa de disposição, sobretudo em função da escassez de recursos hídricos, requerimento de água para irrigação e reciclagem de nutrientes minerais para as plantas (BOND, 1998).

Ayers e Westcot (1999) classificaram a água para irrigação em três grupos: (i) sem restrição ao uso, (ii) com restrição leve a moderada e (iii) com restrição severa (Tabela 2.3), considerando os efeitos potenciais de uma irrigação de longo prazo sobre o rendimento e a qualidade da produção agrícola, bem como as mudanças no meio ambiente e nas características físico-químicas do solo. As principais características avaliadas são: salinidade da água de irrigação, tendo em vista que afeta a disponibilidade de água para a cultura, a Razão de Adsorção de Sódio –

RAS, que, conjuntamente com a salinidade da água de irrigação, influencia a taxa de infiltração de água no solo e a toxicidade de íons específicos, como Na⁺, Cl⁻ e B, os quais podem afetar o rendimento das culturas mais sensíveis, acarretando efeitos diversos e modificando o pH.

Tabela 2.2 - Principais características dos esgotos domésticos.

PARÂMETRO	UNIDADE	CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA (g/hab.d)		CONCENTRAÇÃO	
		Faixa	Típico	Faixa	Típico
Sólidos Totais	mg/L	120 – 220	180	700 – 1350	1100
Em suspensão	mg/L	35 – 70	60	200 – 450	400
Fixos	mg/L	7 – 14	10	40 – 100	80
Voláteis	mg/L	25 – 60	50	165 – 350	320
Dissolvidos	mg/L	85 – 150	120	500 – 900	700
Fixos	mg/L	50 – 90	70	300 – 550	400
Voláteis	mg/L	35 – 60	50	200 – 350	300
Sedimentáveis	ml/L	-	-	10 – 20	15
Matéria Orgânica					
DBO ₅	mg/L	40 – 60	50	200 – 500	350
DQO	mg/L	80 – 130	100	400 – 800	700
DBO última	mg/L	60 – 90	75	350 – 600	500
COT	mg/L	30 – 60	45	170 – 350	250
Nitrogênio Total	mgN/L	60 – 112,0	8,0	35 – 70	50
Nitrogênio orgânico	mgN/L	2,5 – 5,0	3,5	15 – 30	20
Amônia	mgNH ₃ -N/L	3,5 – 7,0	4,5	20 – 40	30
Nitrito	mgNO ₂ -N/L	0	0	0	0
Nitrato	mgNO ₃ -N/L	0,0 – 0,5	0	0 – 2	0
Fósforo	mgP/L	1,0 – 4,5	2,5	5 – 25	14
Fósforo orgânico	mgP/L	0,3 – 1,5	0,8	2 – 8	4
Fósforo inorgânico	mgP/L	0,7 – 3,0	1,7	4 – 17	10
PH	-	-	-	6,7 – 7,5	7,0
Alcalinidade	mgCaCO ₃ /L	20 – 30	25	110 – 170	140
Cloretos	mg/L	4 – 8	6	20 – 50	35
Óleos e Graxas	mg/L	10 – 30	20	55 – 170	110
Microrganismos					
Bactérias totais	Org/100m	10 ⁹ – 10 ¹³	-	10 ⁶ – 10 ¹⁰	-
Coliformes totais	Org/100mL	10 ⁸ – 10 ¹²	-	10 ⁵ – 10 ⁹	-
Coliformes fecais	Org/100mL	10 ⁸ – 10 ¹¹	-	10 ⁵ – 10 ⁸	-
Estreptococos fecais	Org/100mL	10 ⁸ – 10 ⁹	-	10 ⁵ – 10 ⁶	-
Cistos de protozoários	Org/100mL	10 – 10 ⁶	-	10 – 10 ³	-
Ovos de helmintos	Ovos/100mL	<10 ⁶	-	<10 ³	-
Vírus	Org/100mL	<10 ⁵ – 10 ⁷	-	<10 ² – 10 ⁴	-

Fonte: adaptado de Von Sperling (1995), Pessoa e Jordão (1982), Metcalf e Eddy (1991).

Segundo Ribeiro et al. (2003), os solos halomórficos se caracterizam por apresentar altas concentrações e sais solúveis, sódio trocável ou ambos. São solos que se desenvolvem sob condições imperfeitas de drenagem, em regiões áridas ou semi-áridas, onde a baixa precipitação pluvial, a presença de horizontes ou camadas impermeáveis e a elevada evapotranspiração proporcionam o aumento da concentração de sais solúveis na solução do solo (salinidade) e, posteriormente,

aumento da percentagem de Na trocável (sodicidade), interferindo no desenvolvimento normal das plantas.

Tabela 2.3 - Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação, com base em uma percentagem de lixiviação entre 15 e 20%.

Problema Potencial	Unidades	Grau de Restrição para Uso		
		Nenhuma	Ligeira a Moderada	Severa
Salinidade				
CEa ¹	dS/m	<0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT ²	mg/L	<450	450-2000	>2000
Infiltração				
RAS ³ = 0-3 e CEa		>0,7	0,7-0,2	<0,2
3-6		>1,2	1,2-0,3	<0,3
6-12		>1,9	1,9-0,5	<0,5
12-20		>2,9	2,9-1,3	<1,3
20-40		>5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidade de Ions Específicos				
Sódio (Na ⁺)				
Irrigação por Superfície	RAS	<3	3-9	>9
Irrigação por Aspersão	meq/L	<3	>3	
Cloro (Cl ⁻)				
Irrigação por Superfície	meq/L	<4	4,0-10	>10
Irrigação por Aspersão	meq/L	<3	>3	
Boro (B)	meq/L	<0,7	0,7-3,0	>3
Efeitos Diversos				
Nitrogênio (NO ₃ ⁻ - N) ⁴	mg/L	<5,0	5,0-3,0	
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	meq/L	<1,5	1,5-8,5	
pH			6,5-8,4 ⁵	

1: CEa - Condutividade Elétrica da água em deciSiemens por metro a 25° C; 2: SDT - Sólidos dissolvidos totais; 3: RAS - Razão de Adsorção de Sódio; 4: NO₃ - N - Nitrogênio em forma de Nitrato, expresso em termos de Nitrogênio elementar; 5: Faixa normal.

Fonte: Adaptado de Ayers e Westcot (1999).

O maior benefício do uso de efluente de esgoto doméstico na irrigação é, sem dúvida, a recuperação da água. Em regiões áridas e semiáridas, o efluente tem sido uma fonte suplementar de água para sustentabilidade da agricultura irrigada (BOUWER e IDELOVITCH, 1987; AL-JALOUH et al., 1995). A possibilidade de dispor de maiores quantitativos de água, mesmo em período de estiagem, mostra que a prática da irrigação com efluente doméstico faz com que a agricultura irrigada, ao contrário da agricultura de sequeiro, não sofra descontinuidades no tempo, devido à escassez de recurso hídrico.

2.6 ASPECTOS IMPORTANTES PARA O REÚSO DE ÁGUA

O reúso de água pode acontecer de uma forma direta ou indireta, bem como decorrer de ações planejadas ou não. Em 1973, a Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou a seguinte classificação (MANCUSO e SANTOS, 2002):

- Reúso Indireto: ocorre quando a água já utilizada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e reutilizada à jusante, de forma diluída;
- Reúso Direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reciclagem Interna: é o uso da água nas instalações da indústria, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Para Lavrador Filho (1987), reúso de água na indústria distingue o termo “reúso direto” da palavra “reciclagem”, da seguinte maneira: reúso direto diz respeito às “águas” que, tendo sido *poluídas* pela atividade humana, não tenham sido misturadas com águas naturais; o uso de águas provenientes de outras indústrias ou sistema público é um reúso direto das mesmas, se estas não tiverem sido misturadas com águas naturais”.

A Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a política de reúso direto não potável de água, apresenta as seguintes definições:

- Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratadas ou não;
- Reúso de água: utilização de água residuária;
- Água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;
- Reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- Produtor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;
- Distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso;
- Usuário de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reúso.

A Environmental Protection Agency (EPA), publicou a EPA/625/R-04/108 - Guidelines for Water Reuse em setembro de 2004, norma que sugere as categorias de reúso: urbano; industrial; agrícola; ambiental e recreacional; recarga de aquíferos;

aumento do suprimento de água potável (por meio do reúso potável indireto e direto) (EPA, 2004).

Neste contexto, a qualidade da água de reúso é determinante, não somente em função de suas características físicas, químicas e biológicas, como também da adequação ao uso específico a que se destina. Os padrões e orientações para reúso da água têm se preocupado principalmente com a proteção da saúde pública e do meio ambiente (CAIXETA, 2010).

2.6.1 Aspectos Legais

A diversidade encontrada nas legislações pelo mundo é referenciada pela necessidade dessas se adaptarem às suas particularidades ambientais e culturais. A evolução das regras do reúso de águas residuárias pode ser entendida com uma revisão cronológica dos principais fatos correlatos no mundo e no Brasil (MUFFAREG, 2003), como mostra a Tabela 2.4.

Para Muffareg (2003), a necessidade da prática do reúso de águas servidas no Brasil, sobretudo em regiões com escassez de recursos hídricos, é tão grande quanto à urgência em se discutir critérios, normas, procedimentos e legislação. Vale destacar instrumentos como a Lei nº 6.938/81 que institui a Política Nacional do Meio Ambiente e a própria Constituição Federal de 1988, delimitam aspectos legais e institucionais relevantes à definição de um arcabouço adequado para a implementação da prática do reúso, criando condições jurídicas e econômicas para a hipótese do reúso de água como forma de utilização racional e de preservação ambiental.

Tabela 2.4 - Cronologia da legislação abrangente ao reúso.

Ano	Abordagem Legal
1918	Departamento de Saúde Pública do Estado da Califórnia estabelece os "Primeiros Regulamentos para utilização de esgotos com propósito de irrigação na Califórnia".
1952	Primeiras regras editadas por Israel.
1973	Diretrizes da OMS especificando 100 CF/100 mL em 80% das amostras.
1978	Critério sobre reúso no Estado da Califórnia, especificando 2,2 CT/100 mL.
1983	Critério sobre reúso em Israel: 12 CF/100 mL e 2,2 CT/100 mL (80% e 50% das amostras).
1984	Critério sobre reúso no Estado da Flórida, especificando a ausência de E.coli em 100 mL.
1989	Critério sobre reúso no Estado do Arizona: vírus (1 vírus/40 L) e Giárdia (1 cisto/40 L).
1989	Recomendações da OMS para reúso: 1.000 CF/100 mL, < 1 ovo de nematóide/L.
1990	Critério sobre reúso no Estado do Texas, especificando 75 CF/100 mL.
1992	Publicação do guia da USEPA para reúso de águas: ausência de CF em 100 mL.
2004	O critério da USEPA exige para a irrigação irrestrita, ou a irrigação com padrão de qualidade de efluentes semelhante ao padrão de potabilidade da água
2006	Novas diretrizes da OMS para a irrigação com esgotos sanitários, associando a remoção de patógenos com outras medidas de proteção à saúde.
1979	Lei Federal n.º 6.662 que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação.
1986	Ao classificar as águas, a Resolução CONAMA n.º 20 já indica e define os usos preponderantes, definindo, conseqüentemente, o reúso indireto.
1997	Lei n.º 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos a gestão do uso da água e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. NBR-13.969/97 – ABNT define os usos previstos para o esgoto tratado.
2000	Lei Federal n.º 9.984, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
2005	Publicação de Resolução CONAMA n.º 357, revogando integralmente a Resolução n.º 20. Publicação de Resolução CNRH n.º 54, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.
2006	Critérios sugeridos pelo PROSAB: 10 ³ CTer/100 mL e ≤ 1 ovos de Helmintos.
2010	Publicação de Resolução CNRH n.º 121, que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal.
2011	Publicação de Resolução CONAMA n.º 430, que complementa e altera a Resolução CONAMA n.º 357, orientando ao automonitoramento e lançamento de esgoto doméstico tratado em corpos receptores.

Fonte: Adaptado de Muffareg, 2003 apud Salgot e Angelakis, 2001.

2.6.2 Reúso Agrícola e Saúde Pública

Elevadas concentrações de variados organismos patogênicos podem ser encontrados nos esgotos sanitários. A possibilidade de transmissão de patógenos, em qualquer que seja a modalidade de reúso, coloca em risco, grupos populacionais diferenciados.

Segundo MOTA et al., (1999), a análise de alguns dados sobre a saúde dos brasileiros indica a precariedade das condições de saneamento ainda existentes. A falta de saneamento básico é responsável por 30% dos óbitos de crianças menores de um ano, devido às diarreias; além de 60% dos casos de internações em pediatria e ainda por 5,5 milhões de casos de esquistossomose, no país.

Segundo Blum (2003), do ponto de vista sanitário, os problemas podem ocorrer como consequência do contato das pessoas com a água de reúso, e pode acontecer das seguintes maneiras:

- Contato por ingestão direta da água;
- Contato por ingestão de alimentos crus e verduras irrigadas, consumidas cruas;
- Contato por ingestão de alimentos processados (caso dos vegetais enlatados que foram irrigados com água de reúso);
- Contato através da pele, por banhos em lagos, contendo água de reúso;
- Contato por inalação de aerossóis, formados, por exemplo, em sistemas de irrigação por aspersão;
- Contato por meio da visão e do olfato, como no caso das descargas sanitárias.

Segundo Hespanhol (2003b), a evidência epidemiológica demonstra que a mera presença de organismos patogênicos em esgotos, solos ou culturas não significa deterministicamente, a transmissão de doenças. As “barreiras protetoras”, em função dos fatores característicos dos microrganismos (dose efetiva, persistência, carga residual, latência etc.), dos hospedeiros (imunidade natural ou adquirida, idade e sexo, condições gerais de saúde) e outros fatores associados à educação sanitária e padrões de higiene pessoal, fazem com que o risco real de provocar doenças seja, geralmente, muito inferior ao risco potencial, caracterizado pela mera constatação da presença de organismos patogênicos.

É preciso que os padrões de qualidade sanitária das águas residuárias destinadas ao uso na agricultura, sejam atendidos a fim de evitar possíveis problemas de saúde aos consumidores e aos trabalhadores que irrigam e manuseiam as culturas.

A USEPA (United States Environmental Protection Agency) recomenda critérios gerais a serem observados em todo o território nacional, não substituindo as legislações existentes nos estados norte-americanos (40 estados dispõem de regulamentação para o reúso agrícola) (USEPA, 2004a) (Tabela 2.5).

Para o atendimento dos níveis de exigência supracitados, somente pode ser alcançado por processos rigorosos de tratamento de esgotos, incluindo a filtração e

desinfecção, que são tecnologias pouco empregadas no Brasil (BASTOS e BEVILACQUA, 2006).

De acordo com Hespanhol (2003b), o Grupo Científico sobre Diretrizes para o Uso de Esgotos em Agricultura e Aquicultura estabeleceu, numa reunião em Genebra, Suíça, 1989, os critérios básicos para a proteção dos grupos de risco relacionados com o reúso agrícola, diretrizes (em termos de coliformes fecais e ovos de helmintos) fundamentadas e estabelecidas, considerando características gerais de países em desenvolvimento, similares às condições brasileiras (WHO, 1989).

Tabela 2.5 - Diretrizes da USEPA para irrigação agrícola de esgotos sanitários.

Tipo de Irrigação e Cultura	Processo de Tratamento	Qualidade de Efluente
Culturas alimentícias não processadas comercialmente ⁽¹⁾ . Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, incluindo culturas a serem consumidas cruas.	Secundário + filtração + desinfecção ^{(2) (3)}	pH 6 a 9 DBO ≤ 10mg/L Turbidez ≤ 2 uT ⁽⁴⁾ CRT ≥ 1 mg/L ^{(5) (6)} CTer ND ⁽⁷⁾ Org. patogênicos ND
Culturas alimentícias processadas comercialmente ⁽¹⁾ . Irrigação superficial de pomares e vinhedos. Silvicultura e irrigação de áreas com acesso restrito ao público.	Secundário + desinfecção ⁽²⁾	pH 6 a 9 DBO ≤ 30mg/L SST ≤ 30 mg/L ⁽⁸⁾ CRT ≥ 1 mg/L ⁽⁵⁾ CTer ≤ 200 / 100 mL ⁽⁹⁾
Culturas não alimentícias. Pastagens para rebanho de leite ⁽¹⁰⁾	Secundário + desinfecção ⁽²⁾	pH 6 a 9 DBO ≤ 30mg/L SST ≤ 30 mg/L ⁽⁸⁾ CRT ≥ 1 mg/L ⁽⁵⁾ CTer ≤ 200 / 100 mL ⁽⁹⁾

ND: não detectável; CTer: coliformes termotolerantes; CRT: cloro residual total.

(1) Culturas alimentícias processadas comercialmente são aquelas que recebem processamento físico ou químico, prévio à comercialização, suficiente para destruição de patógenos.

(2) Tratamento secundário é considerado aquele capaz de produzir efluentes com DBO e SST ≤ 30 mg/L.

(3) A coagulação química pré-filtração pode ser necessária para o atendimento da qualidade do efluente recomendada.

(4) Turbidez pré-desinfecção, média diária; nenhuma amostra > 5 uT (ou 5 mg SST/L).

(5) Cloro residual total após tempo de contato mínimo de 30 minutos.

(6) Residuais ou tempos de contato mais elevados podem ser necessários para a garantia de inativação de vírus e parasitas.

(7) Média móvel de sete dias; nenhuma amostra > 14 CTer /100 mL.

(8) Um padrão mais exigente pode ser necessário no caso de irrigação por aspersão.

(9) Média móvel de sete dias; nenhuma amostra > 800 CTer / 100mL; lagoas de estabilização podem alcançar o critério de qualidade sem a necessidade de desinfecção.

(10) O consumo de culturas irrigadas não deve ser permitido antes de 15 dias após a irrigação; desinfecção mais rigorosa (≤14 CTer / 100mL) se o período de 15 dias não for observado.

Fonte: Adaptado de USEPA (2004).

Para Bastos e Bevilacqua (2006), os critérios da OMS são relativamente rigorosos em relação à remoção de helmintos, contudo permissíveis no tocante à qualidade bacteriológica e omissos em relação aos vírus e protozoários, sob o argumento de estarem fundamentados em evidências epidemiológicas. Entretanto, em 2006 a OMS publicou novas diretrizes, incorporando ferramentas de avaliação

de risco em diferentes cenários de exposição, com a similaridade, em termos de qualidade de efluente, aos critérios vigentes na versão anterior, como mostra a Tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Diretrizes da OMS para irrigação agrícola de esgotos sanitários.

Categoria de Irrigação	Opção ⁽¹⁾	Tratamento de Esgoto e Remoção de Patógenos (log ₁₀) ⁽²⁾	Qualidade do Efluente	
			<i>E. Coli</i> /100mL ⁽³⁾	Ovos de Helmintos/L
Irrestrita	A	4	≤ 10 ³	≤ 1 ^{(4) (5)}
	B	3	≤ 10 ⁴	
	C	2	≤ 10 ⁵	
	D	4	≤ 10 ³	
	E	6 ou 7	≤ 10 ¹ ou 10 ⁰	
Restrita	F	4	≤ 10 ⁴	
	G	3	≤ 10 ⁵	
	H	< 1	≤ 10 ⁶	

Irrestrita: irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, inclusive culturas alimentícias consumidas cruas.

Restrita: irrigação superficial ou aspersão de qualquer cultura não ingerida crua.

(1) Combinação de medidas de proteção à saúde. (A): cultivo de raízes e tubérculos; (B): cultivo de folhosas; (C): irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo; (D): irrigação localizada de plantas que se desenvolvem rentes ao nível do solo; (E): qualidade de efluentes alcançável com o emprego de técnicas de tratamento, tais como tratamento secundário + coagulação + filtração + desinfecção; qualidade dos efluentes avaliada ainda com o emprego de indicadores complementares (por exemplo, turbidez, SST, cloro residual); (F): agricultura de baixo nível tecnológico e mão de obra intensiva; (G): agricultura de alto nível tecnológico e altamente mecanizada; (H): técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos (tanques sépticos ou reatores UASB) associada ao emprego de técnicas de irrigação com elevado potencial de minimização de exposição (irrigação subsuperficial).

(2) Remoção de vírus que associada a outras medidas de proteção à saúde corresponderia a uma carga de doenças virais toleráveis e riscos menores de infecções bacterianas e por protozoários.

(3) Qualidade do efluente correspondente à remoção de patógenos indicada em (2).

(4) No caso de exposição de crianças (15 anos) recomenda-se um padrão, e, ou, medidas complementares mais exigentes: ≤ 0,1 ovo/L, utilização de equipamentos de proteção individual, tratamento quimioterápico. No caso da garantia de remoção adicional de 1 log₁₀ na higiene dos alimentos pode-se admitir ≤ 10 ovos/L.

(5) Média aritmética, em pelo menos 90% do tempo, durante o período de irrigação. A remoção requerida de ovos de helmintos (log₁₀) depende da concentração presente no esgoto bruto. Com o emprego de lagoas de estabilização, o tempo de detenção hidráulica pode ser utilizado com indicador de remoção de helmintos. No caso da utilização de técnicas de tratamento mais complexas (opção E), o emprego de outros indicadores (por exemplo, turbidez ≤ 2 uT) pode dispensar a verificação do padrão ovos de helmintos. No caso de irrigação localizada, em que não haja contato da água com as plantas, e na ausência de riscos para os agricultores (por exemplo, opção H) o padrão ovos de helmintos poderia ser dispensável.

Fonte: Adaptado de WHO (2006a).

Em termos de substâncias químicas que representam risco à saúde, a OMS sugere limites máximos toleráveis para a concentração de contaminantes no solo (C_{solo}), com base na Avaliação Quantitativa de Risco Químico (AQRQ), adotada em diversos países para o desenvolvimento de padrão de potabilidade da água (WHO, 2004), como recomendações de proteção à saúde humana, como mostra a Tabela 2.7 (WHO, 2006a).

Tabela 2.7 - Concentração máxima tolerável de contaminantes em solos (C_{solo}) irrigados com águas residuárias (mg/kg solo).

Parâmetro	C_{solo}	Parâmetro	C_{solo}	Parâmetro	C_{solo}
Boro	1,7	Benzo [a] pireno	16	Heptacloro	0,18
Cádmio	4	Clordano	3	Hexaclorobenzeno	1,4
Chumbo	84	Clorobenzeno	211	Lindano	12
Fluoreto ⁽²⁾	635	Clorofórmio	0,47	Metoxicloro	4,27
Mercúrio	7	2,4 D	0,25	PCBs	0,89
Molibidênio	0,6	2,4,5 T	3,82	Pentaclorofenol	14
Níquel	107	DDT	1,54	Pireno	41
Selênio	6	Diclorobenzeno	15	Tetracloroeto de Carbono	1,25
Tálio	0,3	Dieldrin	0,7	Tetracloroetileno	0,54
Vanádio	0,7	Dioxinas	0,00012	Tolueno	12
Aldrin	0,48	Estireno	0,68	Toxafeno	0,0013
Benzeno	0,14	Ftalato	13.733	Tricloroeteno	0,68

Fonte: Adaptado de WHO (2006a).

As pesquisas desenvolvidas até o presente momento, no âmbito nacional, possibilitam a consolidação de diretrizes capazes de atender às necessidades, em termos de reúso agrícola, no desenvolvimento seguro dessa prática. O PROSAB possibilitou o entendimento, através da aplicação de padrões tecnológicos de tratamento de esgotos, de amplo emprego no país, principalmente, técnicas de tratamento simplificadas, de critérios próprios que podem assegurar o atendimento aos padrões de qualidade microbiológica de efluentes. A Tabela 2.8 apresenta as diretrizes do PROSAB para a prática do reúso agrícola.

Tabela 2.8 - Diretrizes do PROSAB para a prática de reúso agrícola.

Categoria	CTer/100mL ⁽¹⁾	Ovos de helmintos / L ⁽²⁾	Observações
Irrigação Irrestrita	$\leq 1 \times 10^3$	≤ 1	$\leq 1 \times 10^4$ CTer/100mL no caso de irrigação por gotejamento de culturas que se desenvolvem distantes do nível do solo ou técnicas hidropônicas em que o contato com a parte comestível da planta seja minimizado.
Irrigação Restrita	$\leq 1 \times 10^4$	≤ 1	$\leq 1 \times 10^5$ CTer/100mL no caso da existência de barreiras adicionais de proteção ao trabalhador. ⁽³⁾ É facultado o uso de efluentes (primários e secundários) de técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos, desde que associado à irrigação subsuperficial. ⁽⁴⁾

Irrigação Irrestrita: irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, inclusive culturas alimentícias consumidas cruas. Inclui também hidroponia.

Irrigação Restrita: irrigação superficial ou aspersão de qualquer cultura não ingerida crua inclui culturas alimentícias e não alimentícias, forrageiras, pastagens e árvores. Inclui também a hidroponia.

Para o uso agrícola de esgoto tratado não há restrição de DBO, DQO e SST, sendo as concentrações efluentes uma consequência das técnicas de tratamento compatíveis com a qualidade microbiológica estipulada. Todavia, efluentes com concentrações elevadas desses parâmetros podem favorecer a formação de biofilmes e o entupimento de sistemas de irrigação. O padrão de qualidade de efluentes, expresso apenas em termos de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, aplicam-se ao emprego de sistemas de tratamento por lagoas. Nestes sistemas, a remoção de (oo) cistos de protozoários é indicada pela remoção de ovos de helmintos. No caso de filtração terciária, a turbidez deve ser utilizada como parâmetro indicador da remoção de protozoários. Para irrigação irrestrita recomenda-se um padrão de turbidez ≤ 5 uT. Além disso, em sistemas que incluam a desinfecção, deve-se recorrer aos parâmetros de controle da desinfecção (residual desinfetante e tempo de contato) necessários ao alcance do padrão estipulado para coliformes termotolerantes.

(1) Coliformes termotolerantes; média geométrica durante o período de irrigação, alternativa e, preferencialmente, pode-se determinar *E. coli*.

(2) Nematóides intestinais humanos; média aritmética durante o período de irrigação.

(3) Barreiras adicionais de proteção encontradas em agricultura de elevado nível tecnológico, incluindo o emprego de irrigação localizada e equipamentos de proteção individual. Exclui-se desta nota a irrigação de pastagens e forrageiras destinadas à alimentação animal.

(4) Neste caso, não se aplicam os limites estipulados de coliformes e ovos de helmintos, sendo a qualidade do efluente uma consequência das técnicas de tratamento empregadas.

Fonte: Adaptado de Bastos e Bevilacqua (2006).

2.6.3 Reúso Agrícola e o Solo

De acordo com Sousa et al. (1999), o solo é um corpo natural complexo e dinâmico, onde a atuação de muitos fatores resultam sua formação, como clima, organismos vivos, material de origem, relevo e tempo. Em consequência da intensidade de atuação ou da predominância de alguns desses fatores, são formados solos de diferentes características químicas e físicas.

De acordo com Rezende (2003), no processo de tratamento por disposição no solo, utiliza-se o sistema solo-planta para a degradação, assimilação e imobilização dos constituintes da água residuária e dos produtos de sua transformação no meio.

Para Couto e Sans (2002), em termos de planejamento para irrigação, o solo pode ser classificado de acordo com a sua aptidão para irrigação. Quanto ao manejo

do mesmo, é necessário o conhecimento de algumas das propriedades físico-hídricas do solo, como: densidade global (aparente), capacidade de campo, ponto de murcha permanente, velocidade de infiltração básica e a curva característica de retenção de água no solo.

Na possibilidade da prática do reúso agrícola, Aquino (2007) destaca que, diferentemente dos fertilizantes químicos industrializados, os efluentes tratados não possuem concentrações de nutrientes controlados, podendo alguns destes se tornar excessivos e outros deficientes para determinadas culturas.

Segundo Medeiros (2005), os efeitos da aplicação de águas residuárias nas propriedades físicas e químicas do solo só aparecem após longo período de utilização. Meli et al. (2002) constataram aumento dos nutrientes disponíveis, após 15 anos de irrigação com efluente de esgoto, devido à eficiência metabólica da microflora do solo.

Ortega-Larrocea et al. (2001) comprovaram efeito negativo sobre a população de fungos micorrízicos arbusculares, após 90 anos de irrigação com efluente de esgoto, associando este fato ao acúmulo de fósforo e de metais pesados.

Ao contrário do que se tem observado em solos, após vários anos sob irrigação com efluente de esgoto tratado, a irrigação num curto período de tempo (meses) não tem alterado características físicas e químicas do solo. Do mesmo modo que ocorre com as alterações químicas e físicas, a contaminação bacteriológica do solo não tem sido significativa após curto período de irrigação (KOURAA et al. 2002).

2.6.4 Riscos Associados ao Reúso

Segundo Nardocci (2003), os riscos à saúde e ao meio ambiente, quando relacionados ao reúso de água, apresentam motivo de preocupação da sociedade, considerando principalmente a poluição dos recursos hídricos.

Para Rodrigues (2005), a importância do conhecimento da análise de riscos associados a programas de reúso, está relacionada à necessidade destes serem considerados na fase de estabelecimento de padrões específicos para os diversos usos.

Os principais riscos ambientais provenientes da prática do reúso podem ser divididos em: contaminação do solo, contaminação das águas, falta de vazão ecológica, comprometimento da flora e fauna.

A contaminação do solo dependerá das características e a origem das águas de reúso e a forma como a irrigação é efetuada, podem acarretar o acúmulo de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos e o aumento da salinidade nas camadas insaturadas do solo. A salinização do solo afeta a germinação e a densidade das culturas, assim com seu desenvolvimento vegetativo, promovendo a redução de produtividade e, em processos mais avançados, levando à morte generalizada das plantas. De um modo geral, os solos situados em regiões áridas, quando submetidos à prática da irrigação, apresentam grandes possibilidades de se tornarem salinos, principalmente caso não possuam um sistema de drenagem adequado (CODEVASF, 2010c).

De modo geral, a contaminação das águas superficiais não se apresenta de forma significativa, Já as águas subterrâneas podem sofrer consequências danosas em função do emprego do reúso de forma inadequada.

A falta de vazão ecológica se caracteriza pela redução da vazão de lançamento de efluentes nos corpos hídricos, podendo acarretar redução da disponibilidade hídrica, de forma a comprometer a vazão ecológica devido a retirada de água de um determinado corpo hídrico e, em seguida, lançar seus efluentes em outro corpo receptor (METCALF e EDDY, 2004; RODRIGUES, 2005).

2.6.5 Perspectivas para o Reúso

Segundo Turolla (2002), para o desenvolvimento institucional dos sistemas de saneamento, foram criados dentre outros, o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), através da assistência técnica e investimentos aos Estados e Municípios; o Programa de Financiamento a Concessionários Privados de Serviços de Saneamento (FCP-SAN); O Programa de Assistência Técnica à Parceria Público-Privada em Saneamento (PROPAR); e o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), que proporcionou importantes pesquisas para o desenvolvimento do reúso de esgoto para irrigação, hidroponia e piscicultura, financiadas por entidades como FINEP (Financiadora de Estudos e Pesquisas), CNPq (Conselho

Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e Caixa Econômica Federal (BASTOS, 2003).

Em 2007, o Governo Federal lançou o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, envolvendo planejamento de significativos recursos para o saneamento, no período de 2007 a 2010, com investimento da ordem de R\$ 40 bilhões. Em 2010 foi lançado o PAC2, complementando com R\$ 22,1 bilhões os investimentos no setor de saneamento, no período de 2011 a 2014 (MOTA, 2008; BRASIL, 2010b).

O Brasil apresenta perspectivas positivas para a consolidação da prática do reúso, considerando a efetivação da Lei do Saneamento (Lei nº 11.445/2007) que estabelece diretrizes para a universalização dos serviços de água e esgoto em todo o País, regulamentada através do decreto 7.217 de 21 de junho de 2010. Porém, estudos apontam que, para disponibilizar saneamento básico a todos os brasileiros, será necessário investir cerca de R\$ 10 bilhões pelos próximos 18 anos (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2011).

2.7 EFEITO DO EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO NA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS

Dentre os benefícios que a irrigação com esgoto tratado proporciona à exploração agrícola, podem ser mencionados (DAKER, 1988, BERNARDO, 1989):

- Maior eficiência no uso de fertilizantes, além de maior facilidade de aplicação no caso dos adubos solúveis;
- Maior possibilidade de produção por reduzir a dependência das chuvas;
- Aumento da produtividade das culturas;
- Programação da época de plantio, ou seja, elaboração de uma escala de colheita;
- Possibilidade de alteração da época e colheita, em menores latitudes, resultando em melhores preços no mercado;
- Mais de uma safra por ano de uma mesma cultura.

Em estudos realizados por Day et al. (1981), plantas irrigadas com efluente cresceram 30% mais do que as irrigadas apenas com água de poço. Observaram

também que plantas de trigo irrigadas com efluente tiveram maiores diâmetros nos colmos, teor de fibra, produtividade e teor de proteína e ainda, a aplicação do efluente não teve efeito adverso no perfilhamento.

Day e Tucker (1977), em estudo comparativo da cultura do sorgo irrigado com efluente de esgoto e apenas água convencional, verificaram que as plantas apresentaram altura, número de perfilhos, peso de 1000 sementes, teor de proteína, largura e comprimento das folhas semelhantes. No entanto, as plantas produziram mais com o uso do efluente de esgoto.

Schalscha et al. (1979) verificaram que o aumento na disponibilidade de N e de P, devido à irrigação com efluente, refletiu diretamente na produção de trigo e de hortaliças (alface, aipo, pepino, cebola).

Segundo Neilsen et al. (1989), onde houve a irrigação por gotejamento utilizando efluente secundário municipal em culturas de tomate, pimenta, cebola, pepino, feijão e melão, a produção foi maior ou semelhante à obtida com água superficial.

Hussain et al. (1996), trabalhando com efluente de esgoto tratado, com teor médio de 20 mg.L^{-1} de nitrogênio total, verificaram que em duas safras de trigo irrigadas com esse efluente, houve maior produtividade das plantas, e que esse incremento de produção não foi somente devido ao nitrogênio, mas também, aos demais nutrientes contidos no efluente.

Mota (2000), irrigando sorgo com efluente previamente tratado pelo processo de filtro biológico e com água de poço, constatou que, no sorgo irrigado com esgoto tratado, os teores de proteína no grão e na palha foram 10,86% e 12,15%, respectivamente. Para o sorgo irrigado com água de poços estes teores foram de 10,09% e 10,82% no grão e na palha, respectivamente.

Miranda (2010) estudou os efeitos de diferentes lâminas de irrigação com esgoto doméstico tratado e a presença e ausência de adubação orgânica nos atributos do solo e nos componentes de crescimento e rendimento do algodoeiro. Com isso, o pesquisador verificou que o valor de produção encontrado para a menor lâmina (2300 kg/ha para as lâminas de 60%), foi superior aos valores médios de 1220 e 1915 kg/ha, registrados em dados da EMBRAPA (BRASIL, 2004), em condições de sequeiro, no cultivo do algodão; e que esses valores são superiores

aos encontrados no primeiro plantio (produção de sequeiro), onde se registrou uma produção em torno de 920 kg/ha.

Silva (2010) observou a produtividade de sementes de mamona (BRS energia), onde as plantas foram irrigadas com água residuária tratada e com água de abastecimento. A produtividade média da mamoneira de 1.923,28 kg/ha, 1.539,16 kg/ha e 1.744,77 kg/ha, respectivamente para plantas irrigadas com efluente do reator UASB, digestor seguido de filtro anaeróbio e filtro anaeróbio, enquanto que a produtividade obtida com água de abastecimento foi de 1.375,54 kg/ha.

2.8 ACEITAÇÃO DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS IRRIGADOS COM ÁGUAS DE REÚSO

Em muitos casos, a aceitação da população se faz de forma inconsciente, através do consumo de diversos produtos provenientes de cultivos com a prática do reúso indireto não planejado, principalmente por não conhecerem sua origem. Porém quando se busca oferecer produtos de áreas definidas com reúso direto, normalmente se encontra obstáculos para a aceitação do público consumidor.

Segundo Santos e Mancuso (2003) e Cararo (2004), na produção agrícola com água de reúso, a aceitação pública é o mais crucial dos elementos na determinação do sucesso ou do insucesso de um programa de reúso, dependendo também do nível de sucesso com o qual as agências governamentais conseguem transmitir ao público alvo: (i) uma idéia clara e completa do programa que se pretende implementar; (ii) um conhecimento adequado da qualidade dos esgotos tratados e de como ele será utilizado; (iii) confiabilidade na capacidade de gestão da agência encarregada dos serviços e na adequabilidade dos sistemas de tratamento propostos; (iv) certeza de que o sistema envolve riscos mínimos de saúde e de degradação ambiental ; (v) segurança na sustentabilidade do abastecimento e na adequabilidade dos esgotos tratados para os tipos de cultura estabelecidos nos programas de reúso.

A forma de avaliar a aceitação do público (consumidores e agricultores) quanto a um programa de reúso consiste em recolher informações através de enquete ou entrevista. Para os autores, este trabalho é facilitado quando se tem

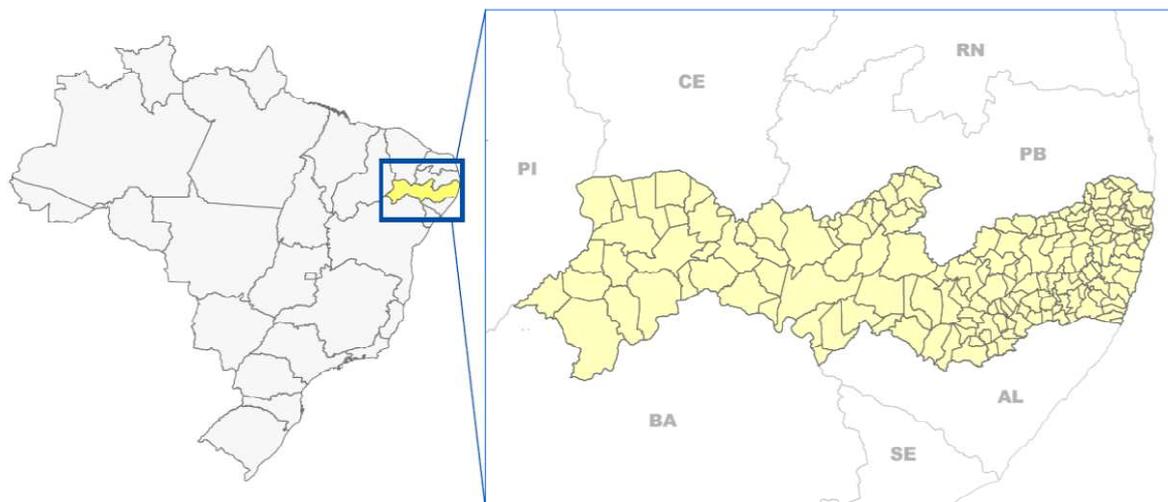
consciência dos aspectos a serem observados, como clareza das informações necessárias e aonde se quer chegar com elas. Quanto mais completa e precisa for a coleta de dados, maior será a profundidade da análise e maior será a coerência do diagnóstico, permitindo a formulação de conselhos técnicos e gerenciais que contribuam para a melhoria do desempenho da unidade de produção. As maiores dificuldades referem-se a: “o que observar” e “como observar” (LIMA et al., 1995; RIBEIRO et al., 1997).

2.9 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado de Pernambuco possui 184 municípios e o Distrito Estadual de Fernando de Noronha, em uma área de 98.361,55 km² (EMBRAPA, 2002), representando 6,5% da região Nordeste e 1,2% do território Nacional. Segundo o último Censo Demográfico (IBGE, 2010), sua população é de 8.796.032 habitantes, sendo 80,15% residentes em zonas urbanas e 19,85% em zonas rurais (PERNAMBUCO, 2010b).

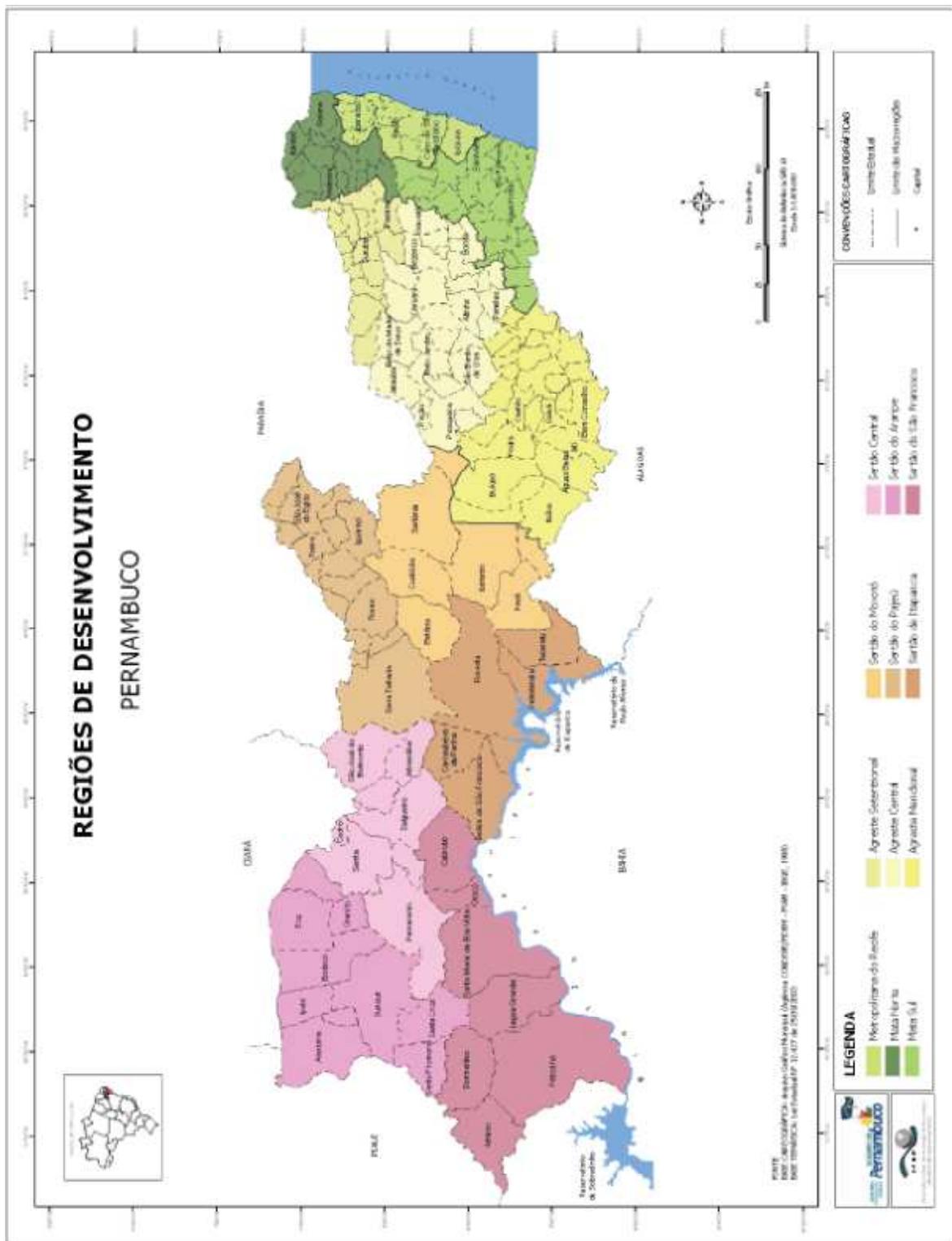
A caracterização climatológica, hidrológica e física do Estado é bastante diversificada, apresentando vários biomas (marítimo, restinga, mata atlântica e caatinga). Essa diversificação se deve principalmente pela sua localização geográfica e apresentar uma faixa litorânea com 187 km e uma grande extensão no sentido leste-oeste com 748 km. A Figura 2.4 mostra a localização geográfica do Estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2010b).

Figura 2.4 - Localização do Estado de Pernambuco.



O Estado, quanto à sua regionalização, adota desde 1999 o recorte regional organizado através de Regiões de Desenvolvimento, tomando por base as características geográficas e perfis econômicos locais do território, para efeito do planejamento regionalizado da ação de governo, em especial os investimentos. Nesse sentido Pernambuco apresenta 12 Regiões de Desenvolvimento (RD), que são as seguintes: Metropolitana, Mata Norte, Mata Sul, Agreste Setentrional, Agreste Central, Agreste Meridional, Sertão do Moxotó, Sertão do Pajeú, Sertão Central, Sertão do Araripe, Sertão do São Francisco, Sertão de Itaparica, como mostram a Figura 2.5 e a Tabela 2.9.

Figura 2.5 - Representação geográfica das Regiões de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco.



Fonte: PERNAMBUCO, 2008c.

Tabela 2.9 - Principais características das Regiões de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco.

REGIÃO DE DESENVOLVIMENTO	Nº MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO		ÁREA	
		Hab.	%	km ²	%
Metropolitana do Recife (RMR) ⁽¹⁾	15	3.691.057	41,96	2.785,44	2,83
Mata Norte (MNO)	19	577.793	6,57	3.242,05	3,30
Mata Sul (MSU)	24	733.904	8,34	5.161,41	5,25
Agreste Setentrional (ASE)	19	527.081	5,98	3.536,20	3,60
Agreste Central (ACE)	26	1.049.078	11,93	10.104,04	10,27
Agreste Meridional (AME)	26	641.053	7,29	10.756,35	10,94
Sertão do Moxotó (SMO)	7	213.417	2,43	9.045,45	9,20
Sertão do Pajeú (SPA)	17	314.642	3,58	8.778,44	8,92
Sertão de Itaparica (SIT)	7	134.211	1,53	9.514,01	9,67
Sertão Central (SCE)	8	171.303	1,95	9.170,88	9,32
Sertão do Araripe (SAR)	10	307.658	3,50	11.614,36	11,81
Sertão do São Francisco (SSF)	7	434.835	4,94	14.652,92	14,89
Total Geral	185	8.796.032	100	98.361,55	100

1 - O Distrito Estadual de Fernando de Noronha pertence à RMR.

Fonte: Adaptado de PERNAMBUCO, 2010b; 2011a, 2011b; 2011f.

Segundo o Atlas das Bacias Hidrográficas de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2006), em relação aos aspectos climatológicos, Pernambuco apresenta uma diversidade climática que corresponde ao úmido, subúmido e seco (semiárido), e um regime pluviométrico bastante variado, com valores oscilando entre 400 e 2.200 mm anuais. As temperaturas médias anuais variam de 20 a 27° C, registrando os maiores valores no Sertão, ao longo do Vale do São Francisco, onde a média anual de temperatura fica em torno de 26° C. Já nos brejos de altitude do Agreste e do Sertão, as temperaturas médias anuais se apresentam como as mais baixas do Estado, com valores em torno de 20° C. Na Zona da Mata e Litoral, a temperatura média anual oscila em torno de 25° C.

O período das chuvas no Litoral e na Zona da Mata ocorre nos meses de abril a agosto, com os totais pluviométricos médios variando entre 1.000 a 2.000 mm. Essa região caracteriza-se por apresentar clima úmido, com precipitação pluviométrica de até 2.200 mm nas áreas litorâneas.

A região do Agreste, localizado entre o Litoral/Zona da Mata e o Sertão, é considerada uma região intermediária por ser uma área de transição entre as regiões úmidas do litoral e as secas da parte oeste do Estado, apresentando com isso, clima semi-árido e subúmido. Nas proximidades do Sertão, o período chuvoso ocorre no período de abril a julho, com valores pluviométricos anuais variando, entre 600 e 1.000 mm.

O Sertão, por sua vez, que corresponde a mais da metade do território estadual (63,81%), o clima é predominante seco e a precipitação pluviométrica anual oscila entre 400 e 800 mm. O período chuvoso concentra-se nos meses de janeiro a abril. Com exceção desse período, os valores de evaporação real e potencial são superiores a precipitação média mensal, com pequeno ou nenhum excesso de água (PERNAMBUCO, 2010).

2.9.1 O Semiárido

As zonas áridas, semi-áridas e desérticas do mundo compreendem uma superfície de 48, 35 milhões de quilômetros quadrados, equivalente a 36,3% da área do globo, onde 21 milhões de quilômetros quadrados são semi-áridos, 21,5 milhões de quilômetros quadrados são extremamente áridos e 5,85 milhões de quilômetros quadrados são desérticos (BRASIL, 2005a). De acordo com estudos da Organização das Nações Unidas (ONU), aproximadamente um bilhão de pessoas habitam essas regiões, responsáveis por quase 20 % da produção mundial de alimentos. Essas regiões representam áreas de grande importância social e econômica, mas que podem provocar, quando mal manejadas, graves desequilíbrios no clima e na biodiversidade.

No Brasil a expressão “semiárido” foi definida, através da Lei nº 7.827, de 27 de dezembro de 1989, que criou e estabeleceu as condições de aplicação dos recursos dos Fundos Constitucionais de Financiamento do Norte (FNO), do Nordeste (FNE) e do Centro-Oeste (FCO), como:

“A região inserida na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - Sudene, com precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm (oitocentos milímetros), definida em portaria daquela Autarquia” (inciso IV do art. 5 do Capítulo II Dos Beneficiários).

O Ministério da Integração Nacional, tendo em vista a necessidade de reavaliação dos limites da região semi-árida do Nordeste, já que a última atualização dos municípios do semiárido havia sido em 1995, divulgou em 2005 a nova delimitação onde acrescentou, aos 1.031 municípios, já incorporados, outros 102 novos municípios enquadrados nos novos critérios estabelecidos (precipitação, índice de aridez e risco de secas). A nova área classificada oficialmente passou de 892.309,4 km² para 969.589,4 km², como mostra a Figura 2.6.

Para a nova delimitação do semi-árido brasileiro, o Grupo de Trabalho Interministerial (GTI), instituído pelo Ministério da Integração Nacional, tomou por base três critérios técnicos:

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros;
- Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990;
- Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Figura 2.6 - Abrangência da região do semiárido do Brasil.



Fonte: Adaptado de Brasil, 2005a.

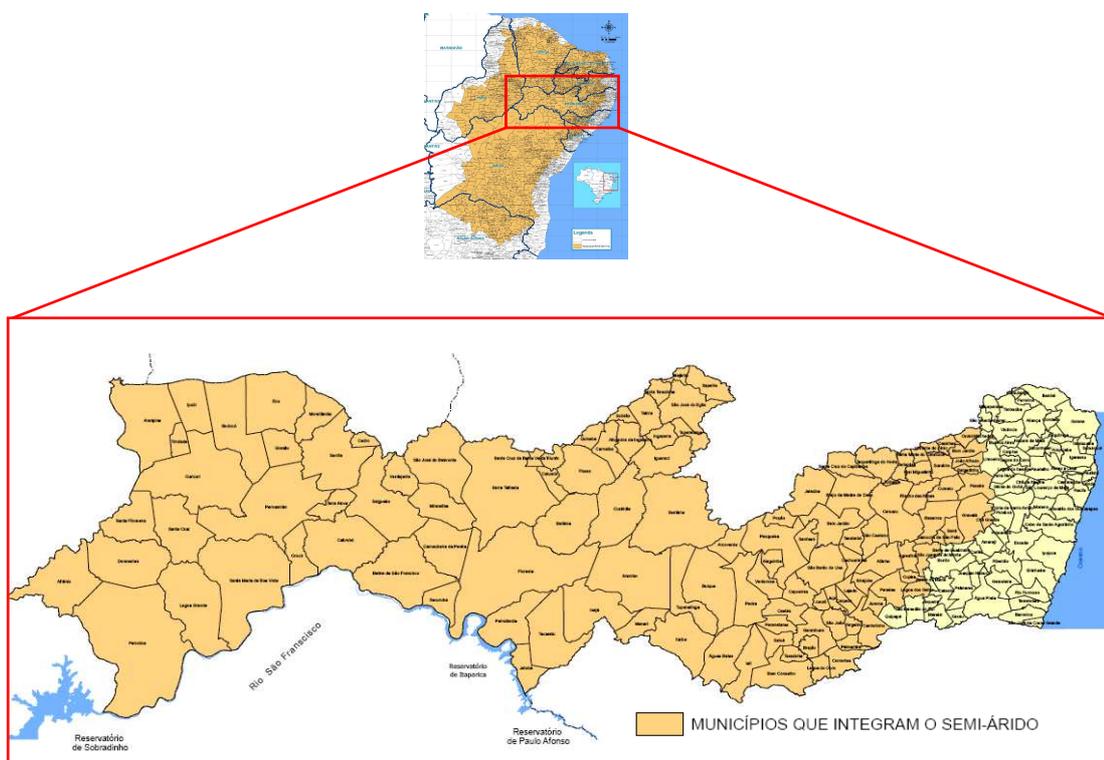
Esses três critérios foram aplicados consistentemente a todos os municípios que pertencem à área da antiga SUDENE, inclusive os municípios do norte de Minas e do Espírito Santo (BRASIL, 2005a, 2007; CIRILO, 2008).

Segundo Macêdo (2008), o fenômeno da seca na região do semiárido tem exigido soluções emergenciais dos governos, existindo, inclusive, programas específicos direcionados para amenizar seus efeitos. A construção de açudes e o incentivo a projetos de irrigação foram soluções adotadas posta em prática, após a grande seca de 1877-1879. O Nordeste em geral, e em particular a região do semiárido, apresenta as piores condições sócio-econômicas do Brasil, confirmado no último Atlas do Desenvolvimento Humano (PNUD, 2000), onde o município de Manarí, pertencente ao semiárido pernambucano, apresentou o menor índice brasileiro (IDH 0,467) (Brasil, 2005a). Os nordestinos, em sua grande parte, não têm acesso aos serviços básicos de abastecimento de água potável (31,7%) e, sobretudo, de rede coletora e tratamento de esgoto (54,3%) (IBGE, 2010a).

Macêdo (2008) destaca ainda, que a população apresenta um baixo nível de escolaridade e, conseqüentemente, incapacidade técnica para impulsionar o desenvolvimento local, contribuindo para que o quadro de pobreza e subdesenvolvimento persista na região.

Antes dos estudos e publicação da nova delimitação do semiárido brasileiro, Pernambuco possuía 118 municípios inseridos na região, passando para 122 no ano de 2005 com a inclusão de quatro municípios. A maioria desses municípios pertencem às Regiões de Desenvolvimento do Agreste e Sertão, sendo apenas o município de Chã Grande pertencente a RD Mata Sul, com isso, o semiárido pernambucano compreende quase 90% do território Estadual. A Figura 2.7 destaca a região do semiárido em Pernambuco e a o Anexo A, apresenta as principais características dos municípios inseridos na região de estudo.

Figura 2.7 - Abrangência da região do semiárido no Estado de Pernambuco.



Fonte: Adaptado de Brasil, 2005a.

2.9.2 Recursos Hídricos

De acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2011d), as grandes bacias hidrográficas de Pernambuco possuem duas vertentes: o rio São Francisco e o Oceano Atlântico. Os chamados rios interiores formam as bacias que escoam para o rio São Francisco, representadas pelos principais rios Pontal, Garças, Brígida, Terra Nova, Pajeú, Moxotó, Ipanema, além de grupos de pequenos rios interiores. Já as bacias que escoam para o Oceano Atlântico, constituem os chamados rios litorâneos, compostos pelos rios Goiana, Capibaribe, Ipojuca, Sirinhaém, Una e Mundaú, cuja parte de suas áreas de contribuição, se encontram inseridas no semiárido e o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos (GL's), inseridas nas Regiões de Desenvolvimento das Matas Norte e Sul e Região Metropolitana do Recife (RMR).

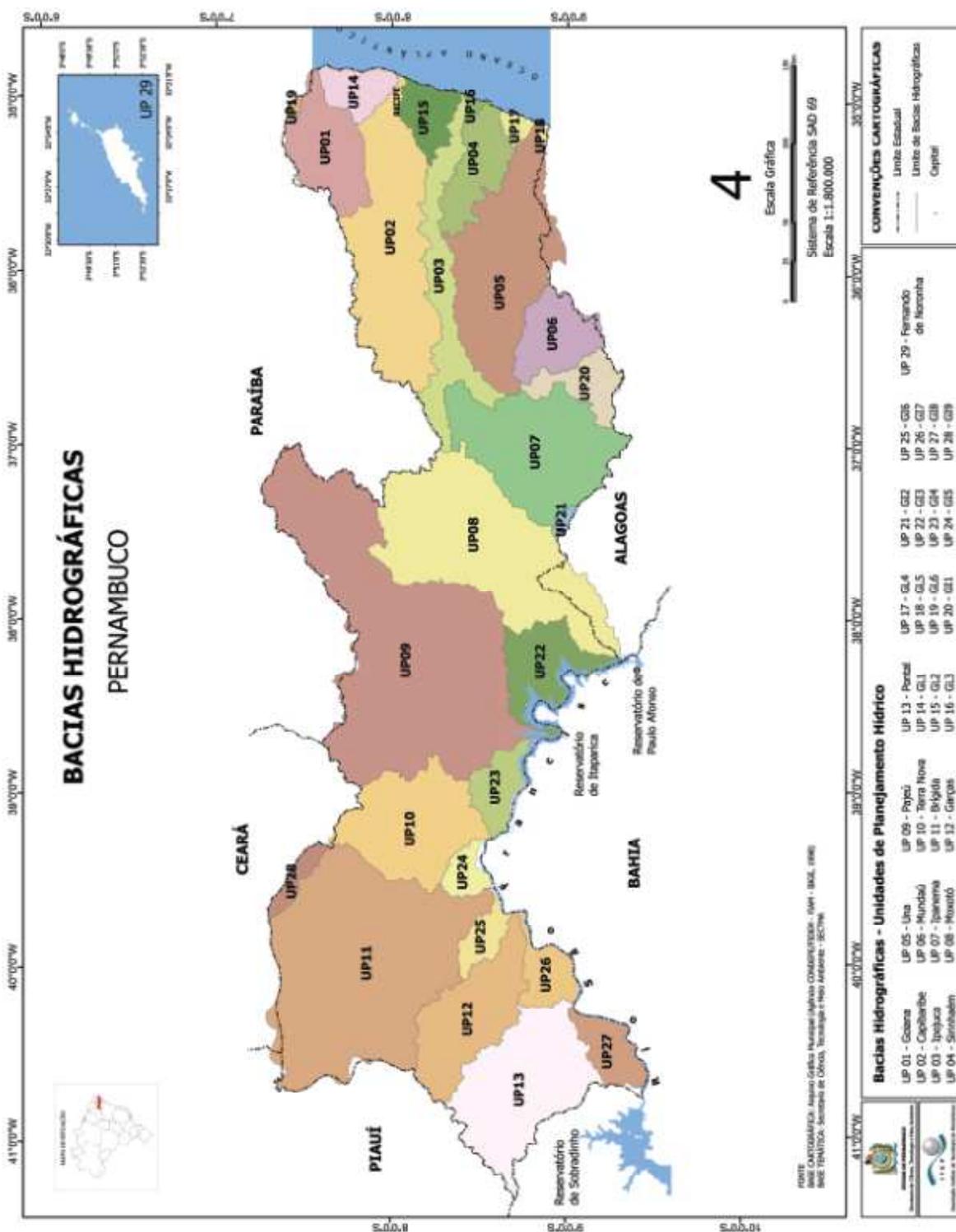
A Divisão Hidrográfica Estadual, com a publicação do Plano Estadual de Recursos Hídricos em 1998, ficou configurada em 29 Unidades de Planejamento (UP), composta de 13 Bacias Hidrográficas, 06 Grupos de Bacias de Pequenos Rios

Litorâneos (GL1 a GL6), 09 Grupos de Bacias de Pequenos Rios Interiores (GI1 a GI9) e uma bacia de pequenos rios que compõem a rede de drenagem do arquipélago de Fernando de Noronha.

Grande parte das maiores bacias hidrográficas pernambucanas se encontram integralmente inseridas nos limites do Estado, com exceção das bacias dos rios Una, Mundaú, Ipanema e Moxotó, que possuem parte de sua área de drenagem no Estado de Alagoas. Além destas, há pequenas bacias compartilhadas com os Estados do Ceará (GI-9), Paraíba (GL-6) e Alagoas (GL-5) (PERNAMBUCO, 2011d). A Figura 2.8 destaca as bacias hidrográficas de Pernambuco e a o Anexo C, apresenta as principais características das bacias inseridas no semiárido.

Em Pernambuco, 80% dos volumes de suas coleções hídricas aproveitáveis estão localizados nas bacias do litoral e zona da mata pernambucanas, onde o volume aproveitável pode alcançar 80% de sua potencialidade, enquanto que no agreste e sertão, que corresponde a 90% da área do Estado, estes valores aproximam-se de 20% (PERNAMBUCO, 2006).

Figura 2.8 - Bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco.



Fonte: PERNAMBUCO, 2008.

2.9.3 Saneamento: água e esgoto

A Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA é a executora da política de saneamento e concessionária dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em Pernambuco. Ela é uma sociedade anônima brasileira, de economia mista, fechada de capital autorizado, de utilidade pública, dotada de personalidade jurídica de Direito Privado, sendo o Estado de Pernambuco o seu maior acionista.

A COMPESA foi constituída pela Lei Estadual nº 6.307, de 29 de julho de 1971 e está vinculada à Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado de Pernambuco. Sua atuação é em quase todo estado, estando presente em 172 municípios, dos 184, além do distrito de Fernando de Noronha. Para atender o serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário, a concessionária dispõe de 216 Estações de Tratamento de Água e 69 Estações de Tratamento de Esgoto, a maioria localizada na Região Metropolitana do Recife (ALBUQUERQUE, 2009).

A missão da COMPESA é prestar, com efetividade serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, de forma sustentável, conservando o meio ambiente e contribuindo para a qualidade de vida da população. A mesma tem como visão, a longo prazo, a universalização sustentável dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no âmbito de sua atuação.

Na região do semiárido, a COMPESA é responsável pelo fornecimento de água em 119 dos 122 municípios. Os municípios de Carnaubeira da Penha, Iatí e Inajá possuem esse serviço administrado pela própria Prefeitura. Em relação ao esgotamento sanitário e tratamento de esgoto os municípios atendidos são apenas Arcoverde, Caruaru, Garanhuns e Petrolina.

2.9.3.1 Sistema de Abastecimento de Água

Conforme Cirilo (2008), a construção de adutoras torna-se uma solução apropriada para o abastecimento humano nas cidades do semiárido com indisponibilidade de mananciais próximos, seja a partir de reservatórios de maior porte, como também, a partir de poços em áreas sedimentares (com maior restrição para identificação de suas potencialidades). Ou ainda, a partir de rios e reservatórios mais distantes, mesmo em outras bacias hidrográficas, sendo com isso,

denominadas de transposições de água entre bacias, como por exemplo, a obra de interligação do rio São Francisco, que encontra-se dentro do cenário onde grandes obras hídricas de transporte de água foram concluídas, estão em construção ou foram projetadas para abastecer as cidades do semiárido, ampliando as atividades produtivas nos últimos anos.

De acordo com o Ministério da Integração Nacional, ao final do projeto de transposição do rio São Francisco, haverá a retirada contínua de 26,4 m³/s de água, que representa 1,4% da vazão garantida pela barragem de Sobradinho (1.850 m³/s) no trecho do rio onde será realizada a captação. A destinação dessa vazão será para o consumo da população urbana de 390 municípios do agreste e do sertão dos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. O volume captado poderá ser ampliado para até 127 m³/s, nos períodos em que o reservatório de Sobradinho superar sua capacidade de acumulação (BRASIL, 2000; CIRILO, 2008).

Os eixos Norte e Leste, do projeto de interligação do Rio São Francisco, em território pernambucano, alimentarão os sistemas adutores existentes ou em projeto, responsáveis pelo abastecimento de populações do sertão e do agreste. Os principais sistemas são: Adutora do Oeste, Adutora do Pajeú, Adutora do Agreste/Frei Damião e Adutora de Salgueiro (CIRILO, 2008).

O principal sistema de distribuição de água em Pernambuco se dá através de adutoras e um conjunto de reservatórios, com a finalidade de atender às diversas necessidades de uso, seja para consumo humano ou para a produção. As adutoras no semiárido pernambucano são prioritariamente para o atendimento dos núcleos urbanos e unidades de produção rural próximos à rede de distribuição (PERNAMBUCO, 2010b). O Anexo D destaca os principais sistemas adutores no semiárido pernambucano.

Entretanto, o sistema de distribuição disponível no momento, com vistas ao atendimento aos princípios fundamentais da Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que preconiza, sobretudo, a universalização do acesso ao saneamento básico, ainda está bastante aquém para atendimento das demanda e a ampliação da oferta para regiões sem acesso à água.

Para o atendimento das necessidades do acesso à água de qualidade, o governo de Pernambuco publicou o Plano Estratégico de Recursos Hídricos e Saneamento (PERNAMBUCO, 2008), com metas de até 12 anos, onde está prevista

a ampliação do atual sistema de adutora presente no semiárido, através de diversos projetos do âmbito federal e estadual. As Figuras 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 e 2.13 apresentam as principais adutoras existentes e propostas nas Regiões de Desenvolvimento da região do semiárido pernambucano.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2008), todos 122 municípios pertencentes ao semiárido apresentam abastecimento de água, porém ainda 99,65% da população rural se encontra desprovida desse serviço. O Anexo E, apresenta informações sobre o abastecimento de água na região do semiárido pernambucano, considerando apenas os dados do SNIS.

Figura 2.9 - Configuração esquemática das adutoras das Regiões de Desenvolvimento do Sertão de São Francisco e Araripe.

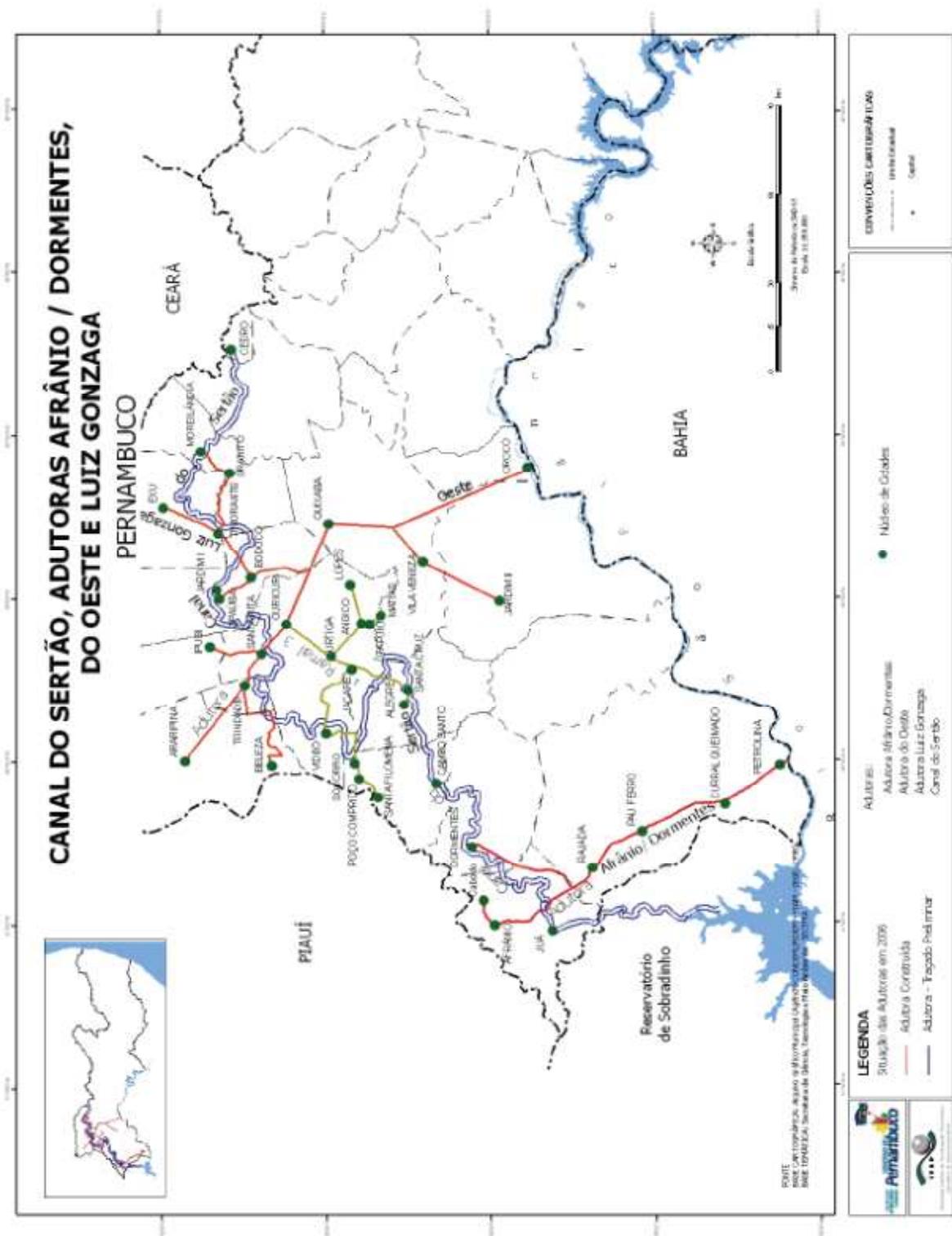
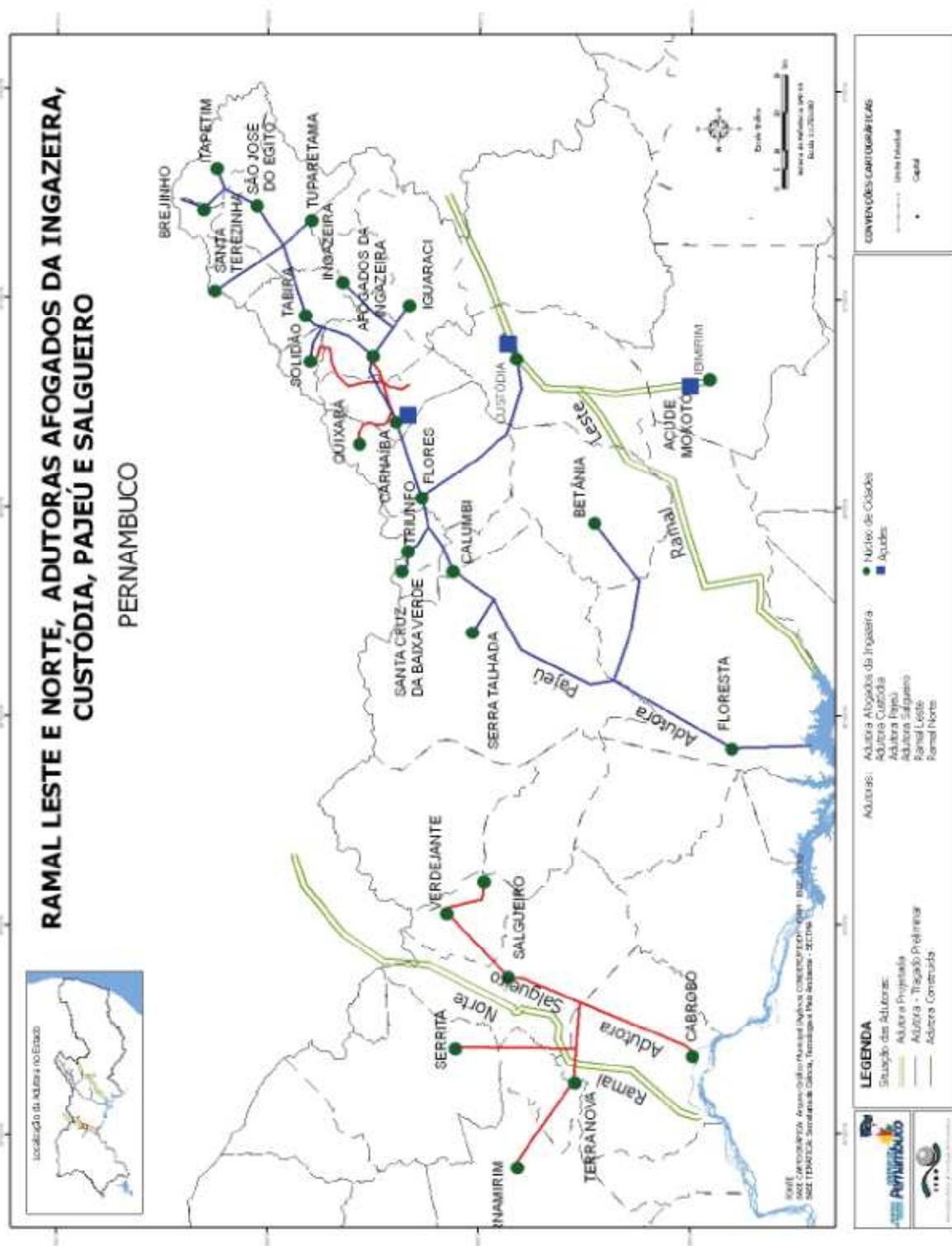


Figura 2.10 - Configuração esquemática das adutoras das Regiões de Desenvolvimento Sertão Central e Pajeú.



Fonte: PERNAMBUCO, 2008c.

Figura 2.11 - Configuração esquemática das adutoras das Regiões de Desenvolvimento Sertão do Moxotó, Agrestes Central, Meridional e Setentrional.

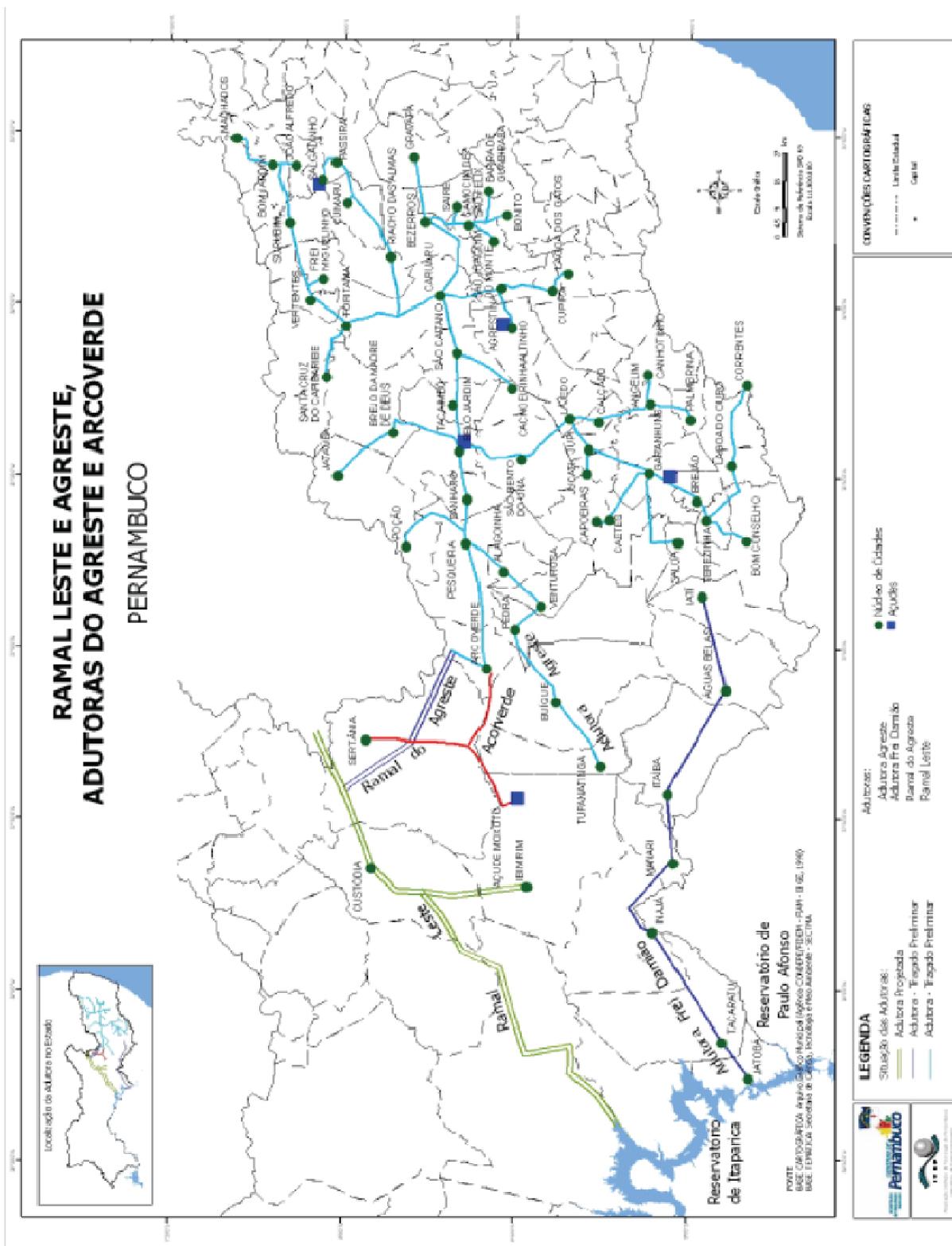


Figura 2.12 - Configuração esquemática das adutoras das regiões de Desenvolvimento Agreste Central e Meridional.

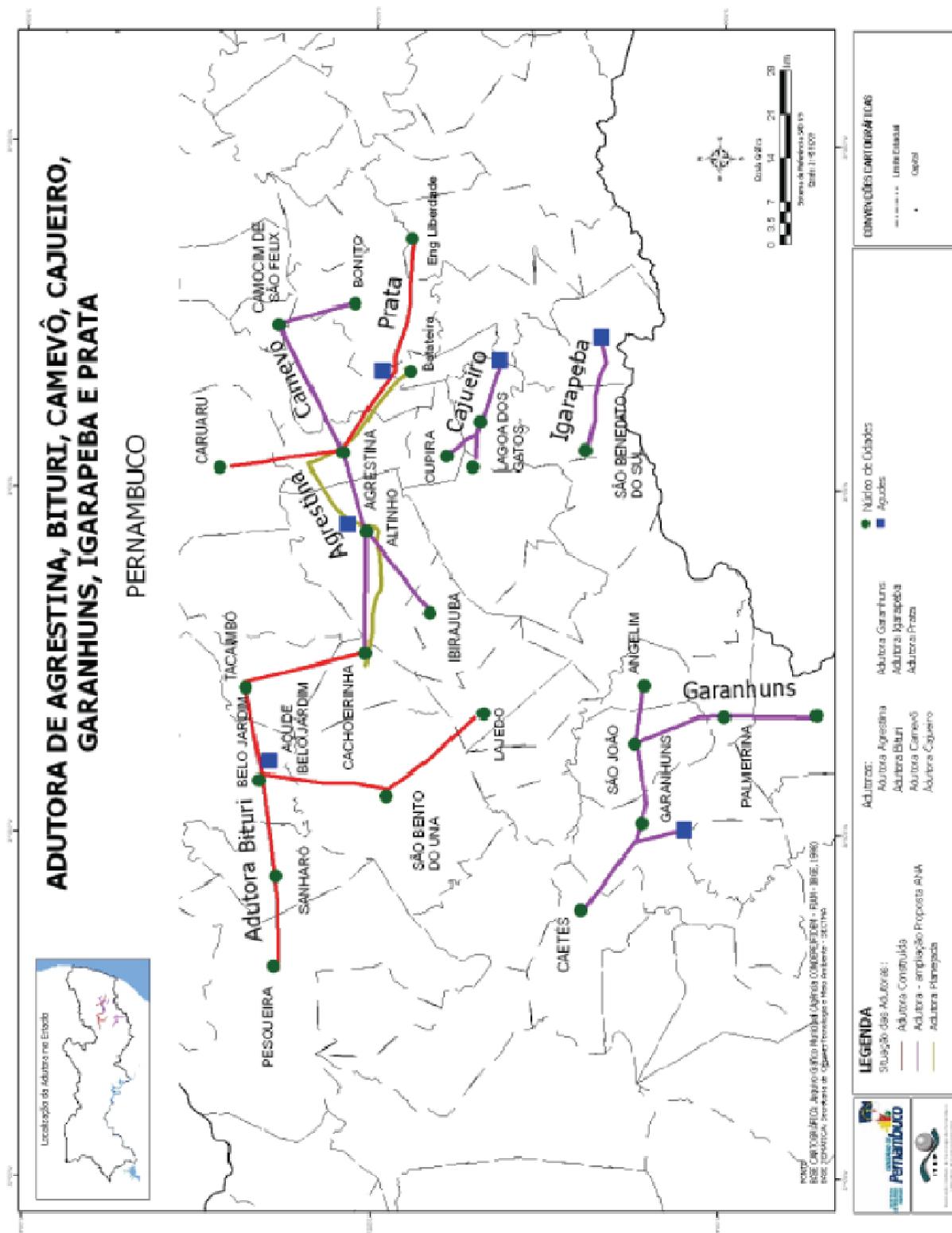
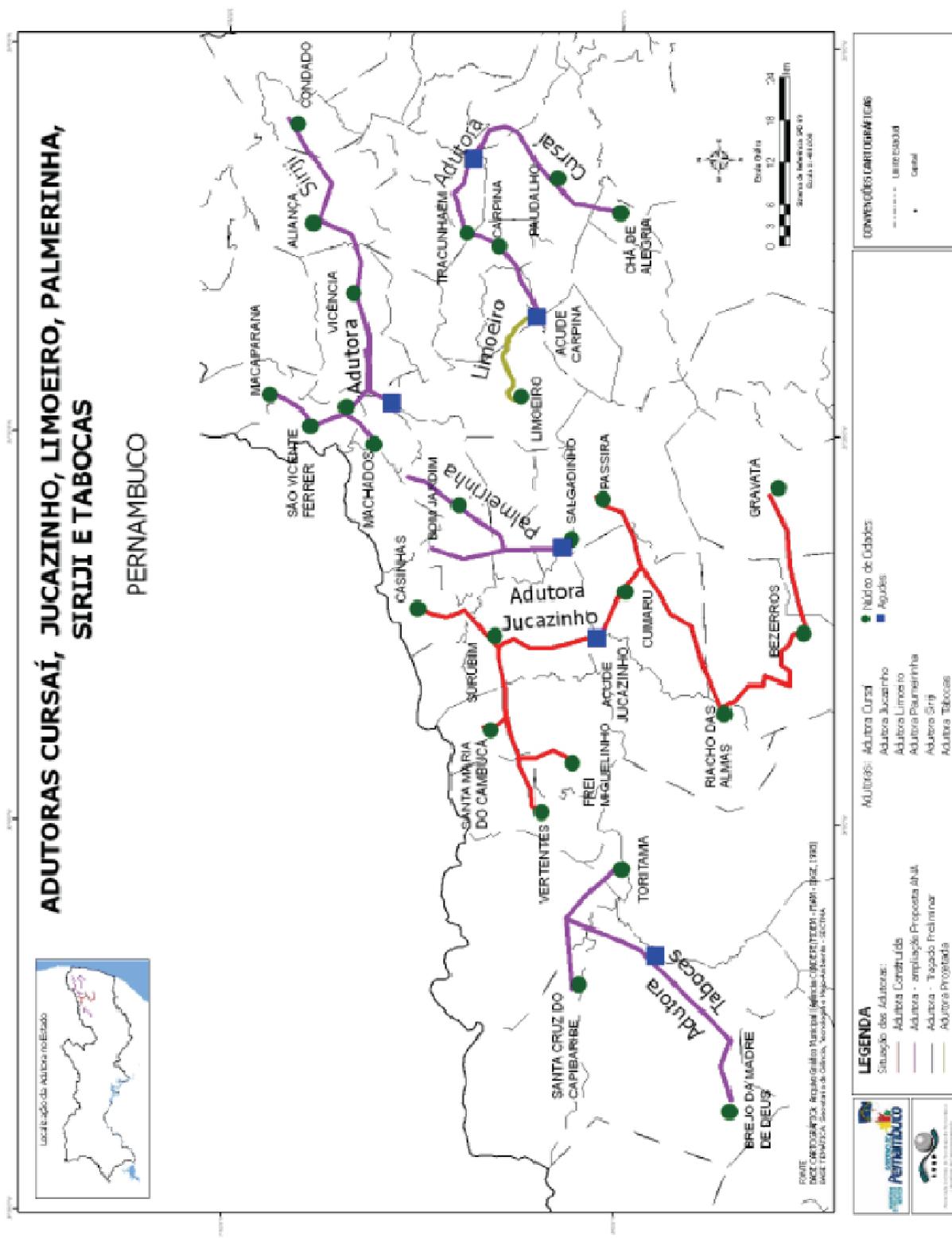


Figura 2.13 - Configuração esquemática das adutoras das regiões de Desenvolvimento Agreste Setentrional e Central.



Fonte: PERNAMBUCO, 2008c.

Em Pernambuco, o serviço de abastecimento de água através de rede geral de distribuição, se faz presente na zona urbana de todos seus municípios (BRASIL, 2010a). Porém algumas regiões de desenvolvimento, inseridas no semiárido, dispõem desse serviço em quantidades insuficientes se agravando ainda mais nas zonas rurais. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada em 2008, destacou em relação à qualidade do serviço de distribuição da água por rede de abastecimento, que Pernambuco se destacou com 77,3% de seus municípios passando por essa situação, índice significativo quando comparados com Ceará (48,9%) e Rio Grande do Norte (46,7%) (BRASIL, 2010a). Tal situação se justifica devido ao Estado possuir a menor disponibilidade hídrica per capita do País (1.270 m³/hab.ano) e a região do agreste, inserida no semiárido pernambucano, é a que tem maior carência de recursos hídricos (COMPESA, 2010a; REBOUÇAS et al., 1999).

A Tabela 2.10 e as Figuras 2.14 e 2.15 apresentam o comportamento da distribuição de água de abastecimento na região de estudo, segundo dados do Sistema de Informações Operacionais – SIP da COMPESA, referente ao mês de dezembro de 2010.

Tabela 2.10 - Consumo mensal de água de abastecimento e o volume mensal produzido por região de desenvolvimento.

REGIÕES DE DESENVOLVIMENTO	CONSUMO MEDIDO (m ³)		VOLUME PRODUZIDO (m ³)	
	Zona Urbana	Zona Rural	Zona Urbana	Zona Rural
Agreste Central	1.626.400	35.037	5.667.260	221.351
Agreste Meridional	640.088	13.516	2.036.136	74.867
Agreste Setentrional	348.066	257	2.142.207	6.301
Sertão do Pajeú	320.041	8.197	1.186.502	49.995
Sertão do Moxotó	97.874	389	866.515	5.194
Sertão Central	218.618	20.509	629.522	99.927
Sertão do Araripe	245.530	7.198	752.631	105.657
Sertão de Itaparica	166.706	10.973	718.453	32.947
Sertão do São Francisco	707.103	14.176	2.256.485	60.708
TOTAL	4.370.426	110.252	16.255.711	656.947

Fonte: COMPESA, 2010c.

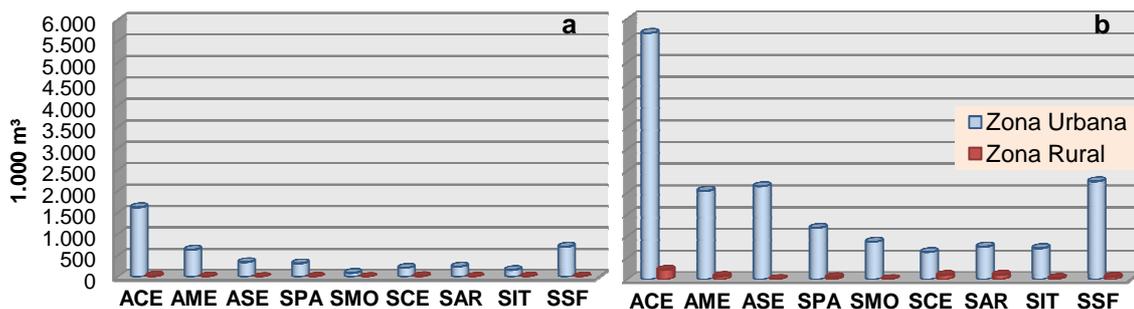
A RD Agreste Central apresentou o consumo de água mais expressivo em comparação com as demais regiões, chegando a 1.626.400 m³ somente o volume registrado através de medições nos núcleos urbanos dos 26 municípios

pertencentes a essa região, que por sua vez representa 28% de toda população do semiárido, sendo com isso, a região mais populosa.

A região que apresentou o menor volume consumido e conseqüentemente menor volume produzido foi o Sertão do Moxotó, que possui como destaque a cidade de Arcoverde, que concentra quase metade da população urbana de toda a região.

A proporção na distribuição de água da zona rural se apresenta bastante desigual, enquanto que sua população representa um pouco mais da metade (54%) da população urbana o seu consumo medido de água representa apenas 2,5% do volume das sedes municipais, como mostra a Figura 2.14.

Figura 2.14 - Consumo de água mensal medido (a) e volume mensal produzido (b) nas regiões de desenvolvimento pertencentes ao semiárido.

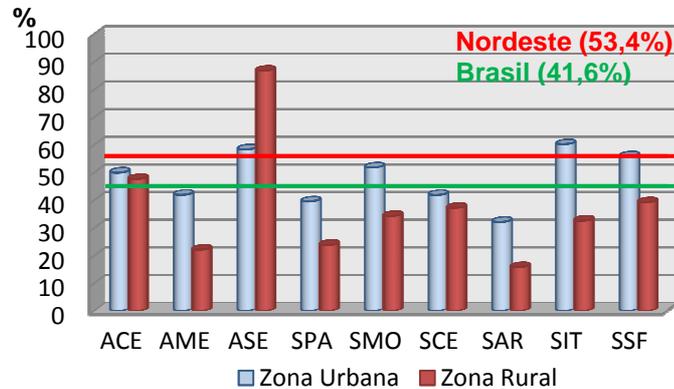


O volume produzido de água chega a ser quase quatro vezes maior que o volume efetivamente medido pela concessionária, indicando um índice de perdas físicas na ordem de 60% nas sedes municipais do Sertão de Itaparica e 87% nas áreas rurais do Agreste Setentrional bastante considerável para região.

Segundo Menezes (2006), todos os sistemas de abastecimento de água apresentam perdas, que é justamente a diferença entre o volume da produzido nas estações de tratamento de água e a totalização dos volumes medidos no universo de hidrômetros de um determinado sistema. Os índices de perdas da maioria das regiões encontram-se abaixo do valor de referência da região Nordeste (53,4%), segundo o SNIS 2008. Entretanto, o Sertão de Itaparica (60%), São Francisco (56%) e Agreste Setentrional (58%) apresentaram índices ligeiramente superiores nos núcleos urbanos. Ainda no Agreste Setentrional se destaca a zona rural com

expressivo índice de perdas (87%). Isto se deve, além de vazamentos na rede, ao baixo índice de hidrometração, como mostra a Figura 2.15.

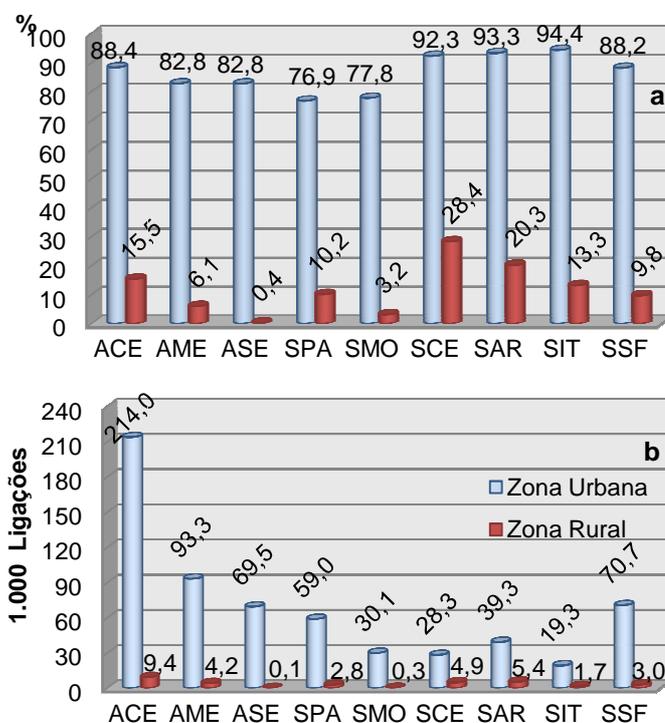
Figura 2.15 - Índice de perdas físicas nas regiões de desenvolvimento pertencentes ao semiárido, em comparação com os índices do nordeste e nacional.



Em termos de atendimento, a área de estudo apresenta um índice médio de 86,3% enquanto que a média nacional foi de 81,2%. A região do Agreste Central se destaca com o maior número de ligações na zona urbana, apresentando um índice de atendimento médio de 88,4%. O Sertão de Itaparica apresenta o menor número de ligações, em decorrência de ser a região menos populosa (3,6% da população do semiárido), porém com o seu índice médio de 94,3%, o maior da área de estudo, como mostra a Figura 2.16.

Para as informações referentes aos consumos per capita a média em todo semiárido é em torno de 77,6 L/hab.dia, representado no diagnóstico realizado pelo SNIS. Porém através do sistema de informações da COMPESA, esse valor pode chegar a 286,8 L/hab.dia (R.D. Sertão de Itaparica), caso seja considerado todo volume produzido pela concessionária. A média em termos de volume medido é de 44,2 L/hab.dia, valor bem abaixo da média do Nordeste, que foi de 110,8 L/hab.dia no SNIS. Já a média nacional foi de 151,2 L/hab.dia (BRASIL, 2010a).

Figura 2.16 - Média do índice de atendimento de abastecimento de água (a), número de ligações nas regiões de desenvolvimento pertencentes ao semiárido.



A Tabela 2.11 e a Figura 2.17, mostram os valores médios de consumo per capita nas regiões de desenvolvimento inseridas no semiárido pernambucano.

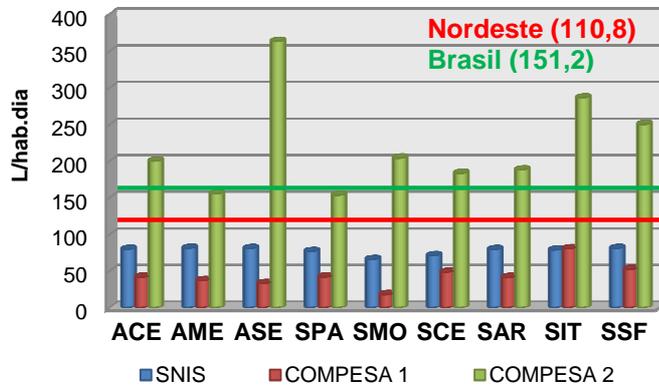
Tabela 2.11 - Consumo per capita médio por Região de Desenvolvimento considerando informações do SNIS e Compesa.

REGIÃO DE DESENVOLVIMENTO	SNIS (L/hab.dia)	COMPESA ⁽¹⁾ (L/hab.dia)	COMPESA ⁽²⁾ (L/hab.dia)
Agreste Central	80,1	42,1	200,5
Agreste Meridional	81,5	37,4	155,7
Agreste Setentrional	81,2	33,6	363,8
Sertão do Pajeú	77,2	42,3	153,9
Sertão do Moxotó	66,3	18,3	204,6
Sertão Central	71,4	48,9	183,7
Sertão do Araripe	79,9	41,6	188,6
Sertão de Itaparica	79,2	80,9	286,8
Sertão do São Francisco	81,3	52,8	250,4
VALOR MÉDIO	77,6	44,2	220,9

1: Em relação ao consumo medido. 2: Em relação ao volume produzido.

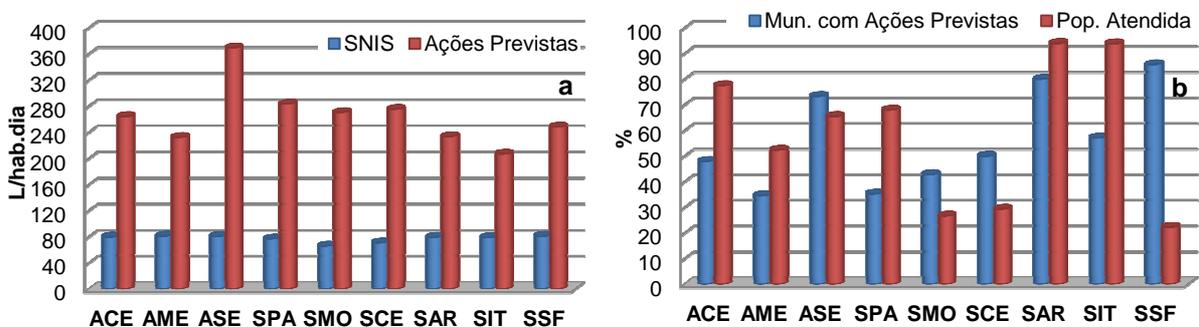
Fonte: Compesa, 2010c; Brasil, 2010a.

Figura 2.17 - Comparação dos valores médios do consumo per capita nas regiões de desenvolvimento pertencentes ao semiárido.



As ações propostas pelo Governo do Estado, através da SRHE, COMPESA e FUNASA, para o semiárido, abrangem principalmente obras de manutenção e setorização da rede de distribuição de água, instalação de hidrômetros e medidores de vazão em 63 municípios. O objetivo principal é tornar mais eficientes os serviços de distribuição de água com vista à redução de perdas, que na região do semiárido possui um índice médio de 47,96%, visando minimizar a necessidade de investimentos na ampliação da produção e normalização do abastecimento de água dessas cidades. O Anexo F apresenta as ações previstas e a Figura 2.18 os principais valores e índices dessas ações por Região de Desenvolvimento.

Figura 2.18 - Valores médios do consumo per capita nas regiões de desenvolvimento (a), e percentuais dos municípios com ações previstas e população urbana atendida (b), considerando o SNIS e as ações previstas.



O estudo mostrou que haverá uma disponibilidade diária de água de abastecimento médio na ordem de 187,71 litros por habitante, considerando os

municípios com ações previstas e em execução (Figura 2.18 a), com destaque para as RDs Agreste Setentrional (288,65 L/hab.dia), Sertão do Pajeú (206,67 L/hab.dia), Sertão do Moxotó (204,56 L/hab.dia) e Sertão Central (204,30 L/hab.dia). Tais valores, propostos pelas respectivas ações, que serão incrementados aos volumes que já são disponibilizados. Em termos percentuais (Figura 2.18 b), as referidas ações contemplam aproximadamente 52% dos municípios do semiárido, atendendo a 62% de toda sua população, sendo as RDs Sertão do Araripe (93,9%) e Sertão de Itaparica (93,8%) com maior número de habitantes, das zonas urbanas, beneficiados. A RD Sertão do São Francisco possui 86% de seus municípios com ações previstas e em andamento. Entretanto apenas 22% de sua população urbana serão atendidas, devendo esse fato, as ações que estão concentradas nas zonas rurais. A Figura 2.19 mostra a representação dos municípios com ações previstas para ampliação e melhoria de sistema de abastecimento de água.

2.9.3.2 Sistema de Esgotamento Sanitário

Segundo Cavararo (2010), a existência de esgotamento sanitário é fundamental no processo de avaliação das condições de saúde da população, considerando que o acesso ao saneamento básico é fundamental no controle e redução de doenças. Torna-se, portanto, juntamente com aspectos ambientais, socioeconômicos, de saúde e educação, indicadores importantes, tanto para a caracterização básica da qualidade de vida da população residente em um território, quanto para o acompanhamento das políticas públicas de saneamento básico e ambiental.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS (2008), dos 122 municípios pertencentes à região do semiárido, apenas oito apresentam coleta de esgoto, dos quais Iatí, Jatobá e Vertente do Lério administram seus sistemas, Arcoverde Caruaru, Garanhuns, Gravatá e Petrolina são administrados pela COMPESA, entretanto os municípios de Carnaubeira da Penha e Petrolândia apresentam coleta de esgoto, porém não são citados pela COMPESA e o SNIS. A população total atendida representa 14,5% da população de Pernambuco e 35% da população total da região em estudo.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008, o Nordeste foi a região onde a falta de rede coletora de esgoto se apresentou de forma mais grave, comprometendo a qualidade de vida de aproximadamente 15,3 milhões de habitantes, sem acesso a esse importante serviço. Em Pernambuco essa realidade atingiu uma população estimada em mais de 1,5 milhão, onde apenas 33,9% de seus domicílios eram atendidos (IBGE, 2010a). A Tabela 2.12 apresenta os municípios que possuem rede coletora de esgoto.

Na avaliação do esgotamento sanitário, apenas 13 municípios possuem rede coletora de esgoto, correspondendo a quase 11% dos municípios inseridos no semiárido. Em termos populacionais significa que 14,19% da população urbana do semiárido (2.375.108 habitantes) é atendida por esse serviço. Apenas 6 RDs apresentaram pelo menos um município atendido, com maior representatividade as RDs Agreste Central e Sertão do São Francisco, com os municípios de Caruaru e Petrolina respectivamente, associados ao seus consideráveis número de habitantes.

Tabela 2.12 - Municípios do semiárido atendidos com rede coletora de esgoto com seus respectivos índices de atendimento.

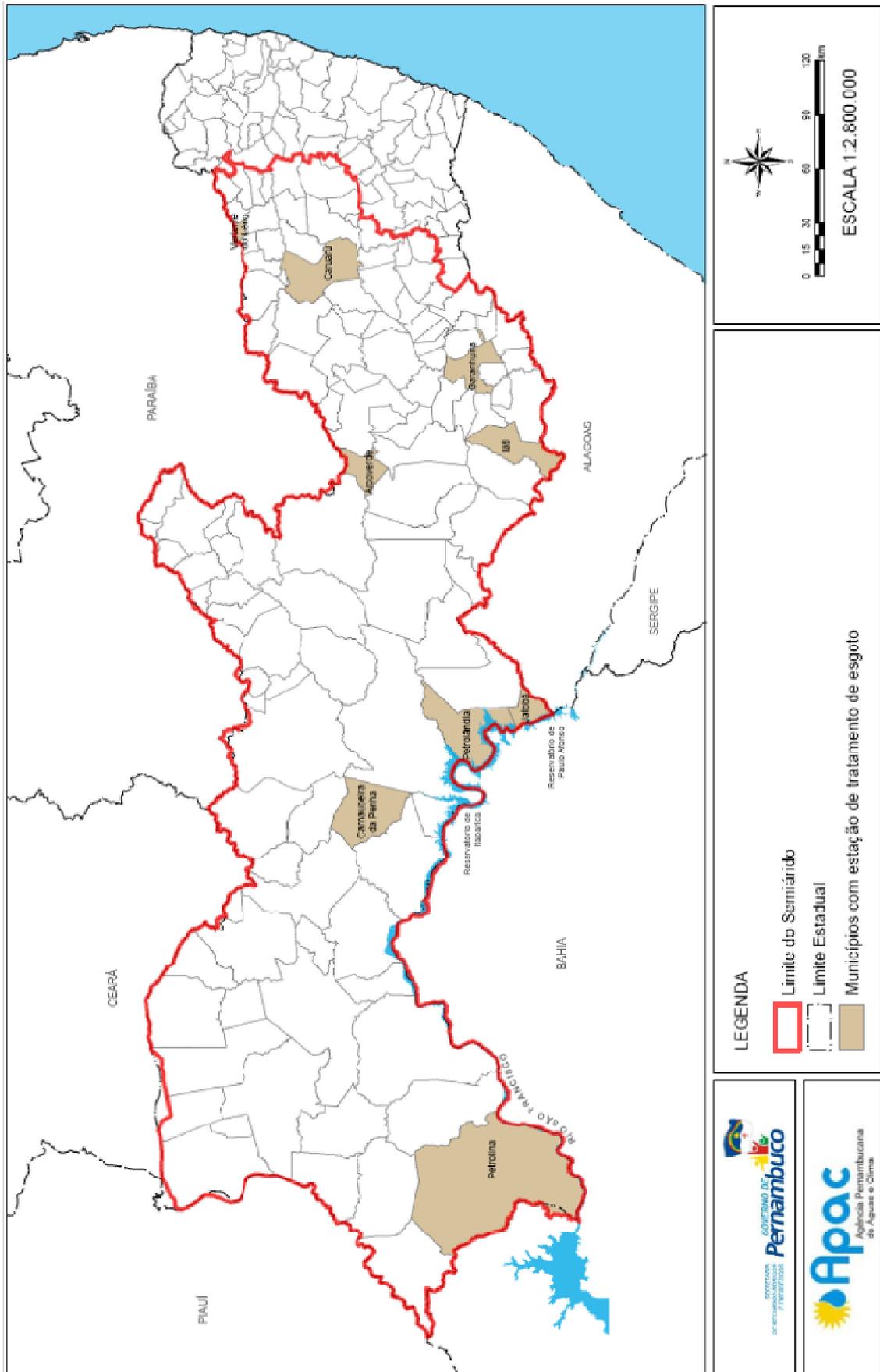
RD	Município	População Urbana (habitante)	População Urbana Atendida (habitante) ⁽¹⁾	Índice Atendimento (%)
ACE	Belo Jardim ⁽²⁾	58.208	1.227	2,11
	Gravatá ⁽²⁾	68.389	1.351	1,98
	Caruaru ⁽²⁾	278.098	131.773	47,38
AME	Iati ⁽⁴⁾	7.718	6.945	89,98
	Garanhuns ⁽²⁾	115.344	11.014	9,55
ASE	Vertente do Lério ⁽³⁾	1.813	725	39,99
SMO	Arcoverde ⁽²⁾	62.899	2.902	4,61
SIT	Carnaubeira da Penha ⁽³⁾	1.982	1.784	90,01
	Jatobá ⁽⁴⁾	6.097	5.956	97,69
	Petrolândia ⁽³⁾	23.615	13.805	58,45
SSF	Petrolina ⁽²⁾	219.309	149.107	67,99
	Dormentes ⁽²⁾	6.004	5.921	98,62
	Lagoa Grande ⁽²⁾	10.369	4.605	44,41
Total		859.845	337.115	-

1: Número de ligações pela taxa de ocupação média por domicílio no Nordeste (3,87) segundo o IBGE. 2: Segundo a Compesa. 3: Segundo a Prefeitura. 4: Segundo o SNIS 2008.

Em relação ao índice de atendimento, o município de Gravatá apresentou o menor valor (1,98%), considerando o avanço das atividades turísticas locais, tal situação se revela de forma muito negativa. Já no município de Dormentes quase toda sua população urbana (98,62%) conta com rede coletora, entretanto os mesmos municípios não apresentam sistema de tratamento de esgotos.

Segundo a COMPESA, a região do semiárido apresenta 14 estações de tratamento de esgoto em operação, das quais 10 estão instaladas no município de Petrolina, duas no município de Arcoverde e uma nos municípios de Caruaru e Garanhuns. Dos municípios que administram o tratamento de esgoto, Iati, Carnaubeira da Penha, Jatobá e Vertente do Lério dispõem de uma unidade cada e Petrolândia dispõe de duas de tratamento, totalizando, com as ETEs da COMPESA, 20 ETEs no semiárido. A Figura 2.20 mostra os municípios que possuem sistema de tratamento de esgoto e a Tabela 2.13 apresenta as estações de tratamento de esgoto da região em estudo com suas respectivas tecnologias de tratamento.

Figura 2.20 - Municípios do semiárido que possuem sistema de tratamento de esgoto.



Fonte: Autor.

Tabela 2.13 - Estações de tratamento de esgoto existentes na região de estudo.

MUNICÍPIO	ETE	TIPO DE TRATAMENTO ⁽¹⁾
ARCOVERDE	COHAB I	3 LF
	COHAB II	
CARUARU	RENDEIRAS	RU e LP
CARNAUBEIRA DA PENHA	CARNAUBEIRA DA PENHA	1 LF e 3 LM
GARANHUNS	GARANHUNS	LA, 3 LF e 1 LM
IATI	IATÍ	1 LF e 2 LM
JATOBÁ	JATOBÁ	1 LF
PETROLÂNDIA	UNIDADE 1	1 LF e 2 LM
	UNIDADE 2	RU
PETROLINA	LOTEAMENTO RECIFE	1 LF e 2 LM
	MANOEL DOS ARROZ	1 LF
	OURO PRETO	1 LF e 2 LM
	COHAB IV	1 LF
	COHAB VI	1 LF e 2 LM
	PORTO FLUVIAL	2 LF
	JOÃO DE DEUS	1 LF e 2 LM
	RIO CORRENTE	1 LF e 2 LM
	VILA MARCELA	1 LF e 1 LM
	IZACOLÂNDIA	1 LF e 1 LM
VERTENTE DO LÉRIO	VERTENTE DO LÉRIO	1 FS

1: Todos sistemas de tratamento possuem configuração em série. LA - Lagoa Anaeróbia; LF - Lagoa Facultativa; LP - Lagoa de Polimento; LM - Lagoa de Maturação. FS – Fossa Séptica, RU – Reator UASB..

2.9.3.2.1 Sistema Arcoverde

O município de Arcoverde possui dois sistemas de tratamento compostos cada um, de três lagoas de estabilização facultativas em série. Segundo Pernambuco (2007), os sistemas foram projetados para operar por gravidade e apresentavam problemas estruturais e operacionais (vazamentos e acúmulo de sedimentos), não apresentando rotina de monitoramento dos efluentes, por parte da COMPESA, que eram lançados no solo em áreas contíguas. A Figura 2.21 apresenta as fotos das ETEs COHAB I e II, pertencentes ao sistema Arcoverde.

Figura 2.21 - Estação de tratamento de esgoto COHAB I (a) e COHAB II (b) pertencentes ao sistema Arcoverde.



Fonte: ARPE.

2.9.3.2.2 Sistema Caruaru

O sistema de tratamento de esgoto do município de Caruaru é composto por um reator UASB e uma lagoa de polimento, entretanto o sistema tem a previsão de mais duas lagoas. Segundo a COMPESA, a vazão máxima de projeto da ETE é de 450 L/s de esgoto, atendendo mais de 148.000 pessoas com o índice de tratamento do esgoto de 95%. Os efluentes são lançados no rio Ipojuca. A Figura 2.22 mostra a estação de tratamento de esgoto do município de Caruaru.

Figura 2.22 - Estação de tratamento de esgoto do município de Caruaru, composto de reator UASB (a) e lagoa de polimento (b).



Fonte: Autor.

2.9.3.2.3 Sistema Carnaubeira da Penha

O município de Carnaubeira da Penha possui uma ETE composta de uma lagoa facultativa e três lagoas de maturação, onde seus efluentes, sem a realização de monitoramento, eram lançados no Riacho Salina (Figura 2.23).

Figura 2.23 - Localização da estação de tratamento de esgoto do município de Carnaubeira da Penha.



Fonte: Adaptado de Google Earth.

2.9.3.2.4 Sistema Garanhuns

De acordo com Pernambuco (2006b), o sistema Garanhuns possui uma estação de tratamento, composta por seis lagoas interligadas, sendo duas lagoas anaeróbias, três facultativas e uma de maturação, onde sua eficiência de remoção de DBO é sempre acima de 85%, segundo informação da COMPESA. A Figura 2.24 mostra a estação de tratamento do sistema Garanhuns.

Figura 2.24 - Estação de tratamento de esgoto do município de Garanhuns.



Fonte: ARPE.

2.9.3.2.5 Sistema Iatí

Segundo a Prefeitura de Iatí, a ETE é composta por três lagoas, sendo uma facultativa e duas de maturação (Figura 2.25). O mesmo se encontrava em processo de estudo para procedimentos de manutenção e reparos. A ETE não possui monitoramento e seus efluentes são lançados em um córrego que se estende pela zona rural até alcançar o rio Garanhunzinho (afluente do rio São Francisco).

Figura 2.25 - Localização da estação de tratamento de esgoto do município de Iatí.



Fonte: Google Earth.

2.9.3.2.6 Sistema Jatobá

O município de Jatobá apresenta como sistema de tratamento, uma lagoa facultativa e uma lagoa apenas para acumulação de esgoto atendendo a uma pequena área da cidade, segundo informação da Prefeitura local. Os efluentes produzidos na lagoa facultativa são encaminhados para o rio São Francisco através de um riacho local, como mostra Figura 2.26.

Figura 2.26 - Localização da estação de tratamento de esgoto do município de Jatobá.



Fonte: Adaptado de Google Earth.

2.9.3.2.7 Sistema Petrolândia

A estação de tratamento de esgoto principal do município de Petrolândia é composta por uma lagoa facultativa, seguida por duas lagoas de maturação. O esgoto tratado é referente à produção de 13.805 habitantes (índice de atendimento de 58% da população urbana). Segundo a Prefeitura, existe ainda uma unidade de tratamento através de tratamento anaeróbico (Reato UASB), que se encontra inoperante. Existe também o desenvolvimento de um projeto de reúso, onde áreas contíguas as ETEs são utilizadas por oito famílias que cultivam manga, feijão, abóbora, milho e melancia.

Os efluentes tratados são direcionados para um riacho localizado ao lado dos sistemas de tratamento, que por sua vez se destinam para a barragem de Itaparica no Rio São Francisco. A Figura 2.27 mostra a localização da ETE de Petrolândia.

Figura 2.27 - Localização da estação de tratamento de esgoto do município de Petrolândia.



Fonte: Adaptado de Google Earth.

2.9.3.2.8 Sistema Petrolina

Os sistemas de tratamento de esgoto existentes em Petrolina são compostos basicamente de rede de coleta, estações elevatórias e lagoas de estabilização. De acordo com a COMPEA, Petrolina possui 38.529 ligações e mais de 450 km de rede. Os efluentes tratados em todo sistemas são lançados no rio São Francisco (COMPEA, 2010). A Figura 2.28 apresenta as principais estações de tratamento de esgoto do município de Petrolina.

Figura 2.28 - Principais estações de tratamento de esgoto do sistema Petrolina.



Manuel dos Arroz



Ouro Preto



Porto Fluvial



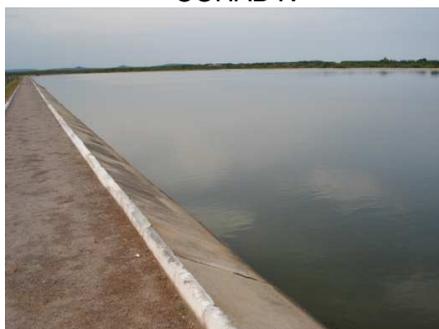
Rio Corrente



COHAB IV



COHAB VI



João de Deus



Loteamento Recife

Fonte: ARPE.

2.9.3.2.9 Sistema Vertente do Lério

Segundo a Prefeitura, para tratar parte dos esgotos produzidos em Vertente do Lério, é utilizada uma fossa séptica, que por sua vez é esgotada periodicamente

por caminhões limpa fossa, cujo destino dos efluentes coletados a Prefeitura desconhece.

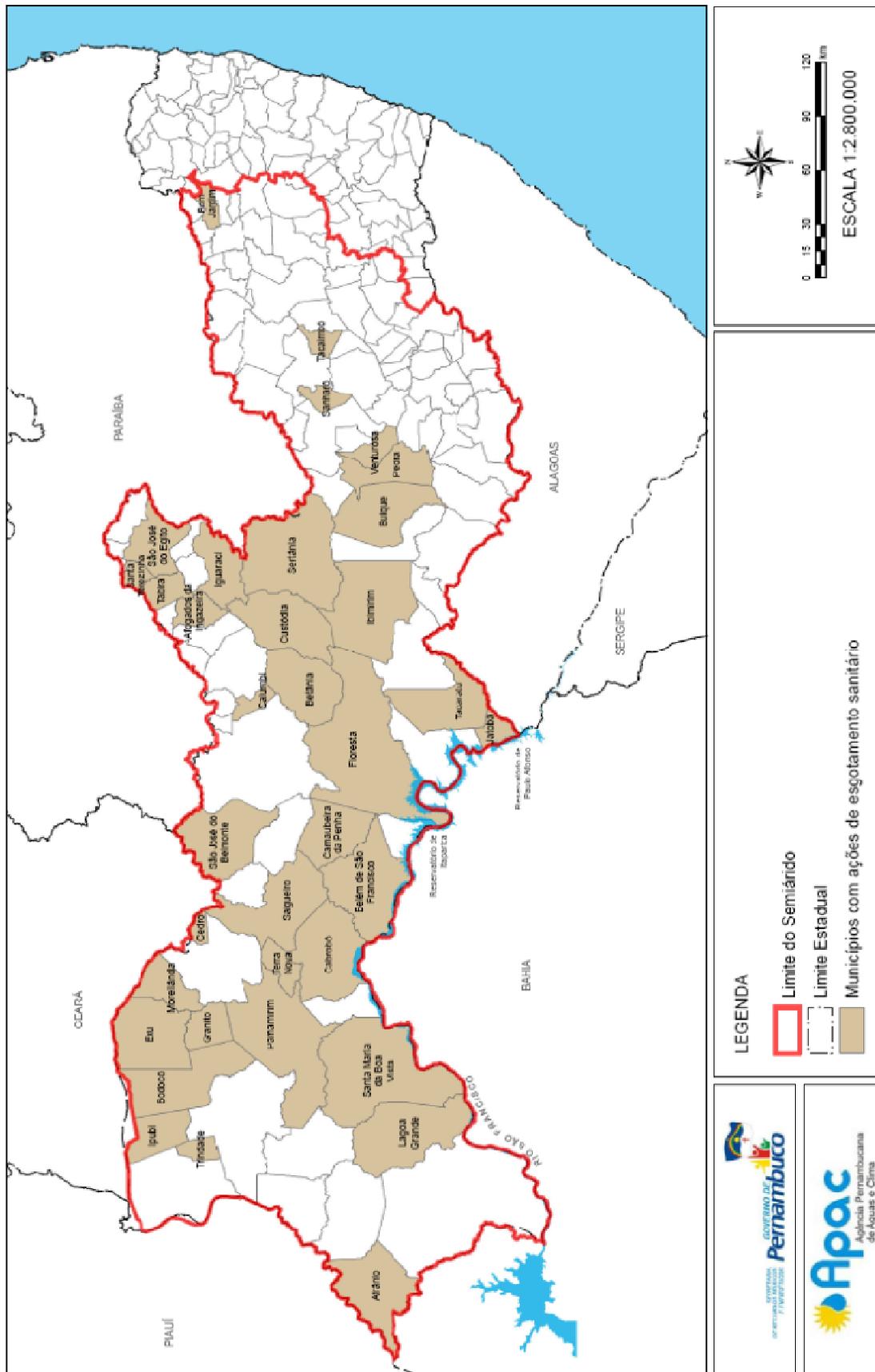
As principais ações previstas e em execução no semiárido estão vinculadas à CODEVASF e à FUNASA. O Ministério da Integração Nacional, através do seu órgão executivo (CODEVASF), vem atuando no controle de poluição da bacia do rio São Francisco, através de esgotos sanitários. Para tanto, vem destinando recursos financeiros para projetos de implantação ou melhoria dos sistemas de coleta e tratamento de esgotos, reservando uma parcela de recursos para a própria elaboração de projetos de engenharia, em apoio aos municípios mais carentes da bacia (CODEVASF, 2010d).

O Anexo G apresenta as ações previstas e as Figuras 2.29 e 2.30, o mapa das ações de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto e, os índices relacionados a essas ações por Região de Desenvolvimento.

Em termos de sistemas de coleta e tratamento de esgotos, as ações identificadas contemplam apenas 28,7% dos municípios do semiárido com ações previstas ou em execução, atendendo a 20,1% de toda população urbana. O baixo índice reflete um ritmo histórico registrado em todo Brasil, onde, o avanço do abastecimento de água, vem se desenvolvendo em maiores proporções quando comparado ao cuidado com a destinação dos esgotos. Entretanto vale salientar que essas ações representam um avanço muito expressivo em direção ao processo de universalização do saneamento no Estado.

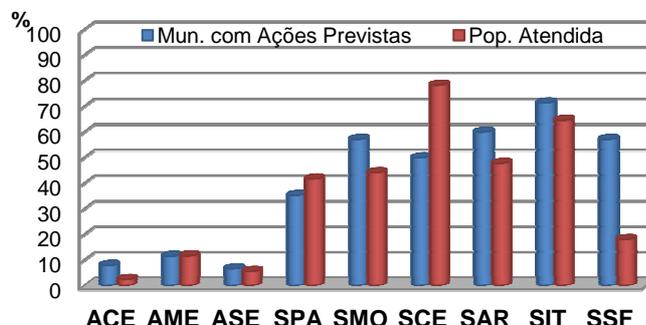
As ações tem se concentrado principalmente nas RDs do Sertão, através da atuação da CODEVASF, com 63% do total dos projetos de implantação de rede coletora e estação de tratamento de esgoto, com parte das ações do governo Federal para a revitalização da bacia do rio São Francisco, onde aproximadamente 80% do semiárido pernambucano está inserido. A RD Sertão Central apresenta metade de seus municípios e aproximadamente 80% de sua população urbana sendo atendidos com esses projetos, enquanto que as RDs do Agreste, que possuem quase 60% da população do semiárido, ainda não estão sendo priorizadas, para a implantação desse indispensável serviço.

Figura 2.29 - Municípios com ações previstas de esgotamento sanitário no semiárido.



Fonte: Autor.

Figura 2.30 - Comparação dos índices de municípios e população atendidos pelos projetos de implantação de rede coletora e estação de tratamento de esgoto por Região de Desenvolvimento.



2.9.3.3 Monitoramento dos Sistemas

O monitoramento das características físico-químicas e microbiológicas de sistemas de tratamento de esgoto possibilita a verificação da qualidade de seus efluentes, com vistas a sua compatibilização com alguma alternativa de reúso.

Foi verificado que dos sistemas de tratamento de esgoto existentes na região em estudo, apenas os municípios de Garanhuns e Petrolina apresentam os efluentes de suas estações de tratamento monitorados, sobretudo por serem sistemas administrados pela COMPEA. Entretanto, como a legislação vigente não estabelece uma frequência mínima para o monitoramento dos sistemas, os números de coletas e parâmetros avaliados apresentam pouca representatividade, comprometendo com isso, a segurança na interpretação dos dados. Os sistemas de Carnaubeira da Penha, Iatí, Jatobá, Petrolândia e Vertente do Lério, são administrados pelas respectivas prefeituras, não realizam monitoramento dos efluentes produzidos.

2.9.4 Solo

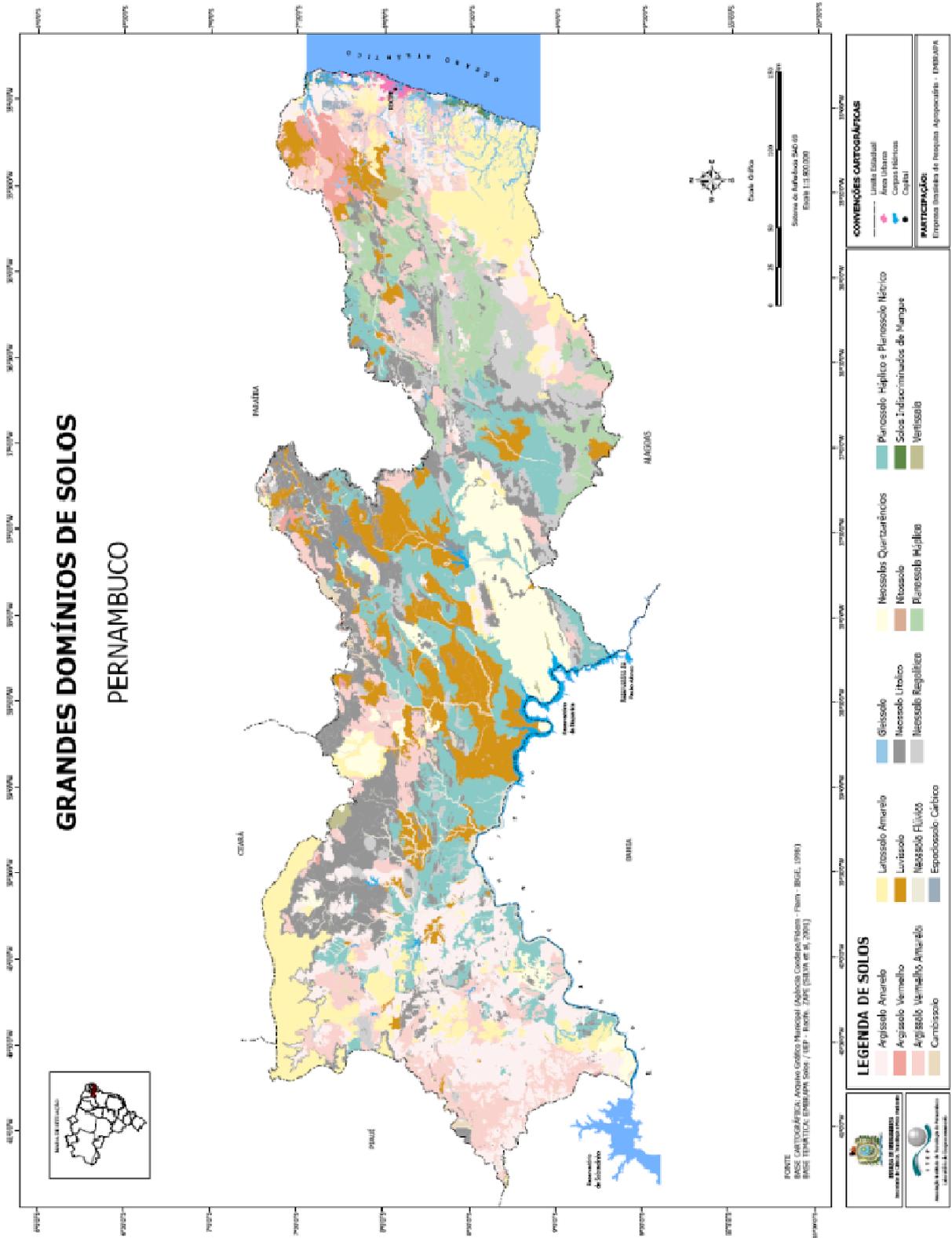
Os solos em Pernambuco de maior expressão ocupam cerca de 61% do território estadual, representados pelas classes dos Argissolos (25%), Neossolo Litólico (20%) e, Planossolos (Hidromórfico e Háplico) e Planossolo Nátrico (16%). O território restante é ocupado pelos solos das classes dos Latossolos (9%), Luvisolo (9%) e Neossolo Quartzarênico (5%), os solos das classes dos Neossolo Regolítico

(5%), Neossolo Flúvico (2%) e ainda cerca de 4% da área é ocupada por solos diversos, incluindo os Cambissolos, Gleissolos, Espodossolo, Vertissolos, Solos Indiscriminados de Mangue, Chernossolo, Nitossolo Vermelho e Plintossolo. Os tipos de terrenos, principalmente afloramentos de rocha, ocupam uma superfície ao redor de 3% da área. Cerca de 2% da superfície do Estado correspondem às águas internas (EMBRAPA, 2002; EMBRAPA, 2006c). A Figura 2.31 mostra o mapa com a configuração pedológica do Estado de Pernambuco.

A representação dos solos na região do semiárido se compõe no Agreste, onde predominam as caatingas menos secas (hipoxerófilas), os solos com alta ou baixa saturação por bases e profundidades normalmente inferiores às dos solos da região úmida costeira; no Sertão, onde o clima é quente e seco, restringe o desenvolvimento dos solos, bem como, a lixiviação de bases. Em função desses fatores, predominam as caatingas mais secas (hiperxerófilas) e os solos pouco profundos ou rasos, com presença marcante de pedregosidade e/ou rochosidade e com alta saturação (solos eutróficos). O extremo oeste do Estado (Chapada do Araripe) caracteriza-se por ser uma área de recobrimento sedimentar, onde ocorrem solos profundos (EMBRAPA, 2002; PERNAMBUCO, 2010b).

Os tipos de solos próximos da zona urbana dos municípios da região do semiárido pernambucano, visando à implantação de projetos de reúso agrícola, são apresentados no Anexo H.

Figura 2.31 - Solos predominantes no Estado de Pernambuco.



Fonte: PERNAMBUCO, 2008.

2.9.5 Produção Agrícola

Segundo os dados da Produção Agrícola Municipal – 2009 do IBGE (IBGE, 2010b), entre os produtos agrícolas cultivados em Pernambuco encontram-se o algodão arbóreo, a banana, a castanha de caju, o feijão, o mamão, a mamona, a mandioca, a manga, o milho, a goiaba (Tabela 2.14). A região do semiárido apresenta relevante destaque, em termos de produtividade, com valores próximos à produção total do Estado, como mostra a Figura 2.32.

Merece destaque, em Pernambuco, a expansão que vem tendo a partir dos anos 70 da agricultura irrigada no Sertão do São Francisco com projetos de irrigação hortifrutícolas implantadas com o apoio da CODEVASF e as ações do DNOCS com a implantação de perímetros irrigados. São grandes os investimentos aplicados em uma produção voltada para o mercado externo. A prática da irrigação tem sido fundamental para garantir o abastecimento de produtos agrícolas, condicionando a demanda futura de produção de alimentos dependente da agricultura irrigada. Os diversos projetos em desenvolvimento identificados no Estado utilizam um total de 30.279 hectares irrigados, como mostra a Tabela 2.15.

Apesar do semiárido ser uma região com potencialidade hídrica limitada, apresenta prováveis condições favoráveis para a ampliação de sua produtividade, sobretudo com o planejamento e a aplicação de técnicas de reúso.

Tabela 2.14 - Principal produção agrícola na região do semiárido.

PRODUTOS	PRODUÇÃO (toneladas)										TOTAL
	ACE ⁽¹⁾	AME	ASE ⁽²⁾	SAR	SCE	SIT	SSF	SMO	SPA	MSU ⁽³⁾	
ALGODÃO	-	350	51	125	47	250	-	360	654	-	1.837
BANANA	12.696	13.255	13.870	482	2.680	9.390	133.940	20.470	4.399	255	211.437
CASTANHA DE CAJÚ	57	3.602	48	170	580	122	-	15	1.209	-	5.803
FEIJÃO	8.649	60.778	4.977	10.619	8.423	3.094	5.567	11.260	14.560	-	127.927
MAMÃO	12	-	-	-	50	525	15.520	120	80	-	16.307
MAMONA	27	22	-	751	115	405	712	74	266	-	2.372
MANDIOCA	72.325	235.930	5.624	190.150	7.460	5.140	9.660	10.420	9.328	360	546.397
MANGA	214	2.936	6	-	1.059	14.415	175.210	1.800	454	5	196.099
MILHO	9.297	30.769	16.642	32.145	12.765	3.241	11.262	23.960	50.207	-	190.288
GOIABA	12	120	-	-	620	5.120	82.666	1.134	9.038	-	98.710

ACE: Agreste Central; AME: Agreste Meridional; ASE: Agreste Setentrional; SAR: Sertão do Araripe; SCE: Sertão Central; SIT: Sertão de Itaparica; SSF: Sertão do São Francisco; SMO: Sertão do Moxotó; SPA: Sertão do Pajeú; MSU: Mata Sul. 1: os municípios Barra de Guabiraba e Bonito não pertencem ao semiárido; 2: os municípios Feira Nova, Limoeiro, Machados e São Vicente Férrer não pertencem ao semiárido; 3: apenas o município de Chã Grande pertence ao semiárido.

Fonte: BRASIL, 2010b.

Figura 2.32 - Produção dos principais produtos do semiárido de acordo com o IBGE.

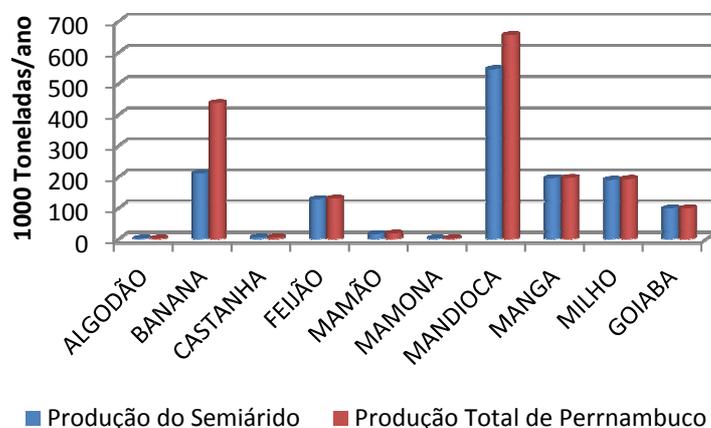


Tabela 2.15 - Principais perímetros irrigados no semiárido de Pernambuco.

	PERÍMETRO IRRIGADO	MUNICÍPIO	FONTE HÍDRICA	ÁREA IRRIGÁVEL (ha)	PRODUÇÃO	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO
DNOCS	BOA VISTA	Salgueiro	Açude Boa Vista	131	Banana, Pimentão e Tomate	Sulcos
	CACHOEIRA II	Serra Talhada	Açude Cachoeira II	253	Banana, Milho e Cebola	Aspersão
	CUSTÓDIA	Custódia	Açude Custódia	350	Banana, Tomate, Milho e Feijão	Sulcos
	MOXOTÓ	Ibimirim e Inajá	Açude Eng. Francisco Sabóia	8.596	Banana, Goiaba, Coco, Acerola, Mamão, Manga e Melancia	Sulcos, Aspersão e Gotejamento
	TOTAL			9.330		
CODEVASF	BEBEDOURO	Petrolina	Rio São Francisco	2.091	Uva, Manga e Goiaba	Sulcos, Microaspersão e Gotejamento
	SENADOR NILO COELHO	Petrolina	Rio São Francisco	18.858	Uva, Manga, Banana e Goiaba	Microaspersão, Aspersão e Gotejamento
	TOTAL			20.949		-
TOTAL GERAL				30.279		-

Fonte: CODEVASF, 2010b; DNOCS, 2011.

3 METODOLOGIA

3.1 ASPECTOS GERAIS

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica e documental, assim como pesquisa de campo. O estudo foi embasado principalmente na coleta, sistematização e interpretação de informações secundárias.

A base dos dados utilizada teve como fonte a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), onde foi possível obter informações sobre os sistemas de tratamento de esgoto existentes e seus respectivos dados de monitoramento; a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos - SRHE/PE, que possibilitou informações de projetos previstos, assim como mapas ilustrativos das diversas ações; as Prefeituras Municipais, com a complementação das informações inexistentes; o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, através da Pesquisa Nacional sobre Saneamento Básico; o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); o Ministério das Cidades, através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS; e o Ministério da Integração Nacional e Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), com informações relativas aos projetos de Interligação e o Projeto de Revitalização da Bacia do Rio São Francisco, sobretudo aos aspectos associados ao saneamento básico.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O levantamento das informações necessárias teve como foco a área inserida na região do semiárido Pernambucano, onde fazem parte 122 municípios, em uma área total de 86.183,95 km². Foram analisadas as características relativas, principalmente, à existência de saneamento básico, com ênfase ao esgotamento e tratamento de esgotos, como forma de indicação da potencialidade para a utilização do esgoto tratado, para a irrigação de culturas agrícolas.

A caracterização da área de estudo utilizou como referência nove das doze Regiões de Desenvolvimento (RD) do Estado de Pernambuco, cujas áreas pertencem aos limites do semiárido, a saber: Agreste Central - ACE, Agreste

Meridional - AME, Agreste Setentrional - ASE, Sertão do Moxotó - SMO, Sertão do Pajeú - SPA, Sertão Central - SCE, Sertão do Araripe - SAR, Sertão de Itaparica - SIT e Sertão do São Francisco - SSF, como mostra a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Regiões de Desenvolvimento pertencentes ao semiárido.

Região de Desenvolvimento	Total de Municípios	Municípios no Semiárido
Mata Sul (MSU)	24	01
Agreste Setentrional (ASE)	19	15
Agreste Central (ACE)	26	24
Agreste Meridional (AME)	26	26
Sertão do Moxotó (SMO)	07	07
Sertão do Pajeú (SPA)	17	17
Sertão de Itaparica (SIT)	07	07
Sertão Central (SCE)	08	08
Sertão do Araripe (SAR)	10	10
Sertão do São Francisco (SSF)	07	07
Total Geral	151	122

Dos 122 municípios estudados, apenas o município de Chã Grande, apesar de estar inserido no semiárido, pertence à RD Mata Sul, representando 1,36% de sua área territorial. Devido à pouca representatividade em termos populacionais e às características fisiográficas da RD Mata Sul, optou-se pela incorporação do município de Chã Grande à RD Agreste Central, que por sua vez apresenta 26 municípios. Entretanto, Barra de Guabiraba e Bonito não pertencem a região do semiárido. Na RD Agreste Setentrional, dos seus 19 municípios, 15 estão inseridos na área de estudo, onde os municípios de Feira Nova, Limoeiro, Machados e São Vicente Férrer se encontram desmembrados.

Foram priorizados os municípios que apresentavam sistema de esgotamento sanitário (rede coletora e Estação de Tratamento de Esgoto - ETE) e previsão de implantação desse serviço, assim como projetos de abastecimento de água, considerando as obras de interligação da bacia do rio São Francisco, como um fator importante na geração de esgoto, onde se permitiu estimar a produção diária de esgoto, com vistas ao reúso agrícola como ferramenta de gestão de recursos hídricos, proporcionando uma crescente redução dos impactos ambientais, nas principais bacias hidrográficas do Estado.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS

Os municípios identificados com sistema de esgotamento sanitário implantado, dentre os 122 da área de estudo, considerando a sistemática proposta, foram verificados utilizando informações do SNIS (2008) (IBGE, 2009) e o Sistema de Informações Operacionais – SIP da COMPESA (COMPESA, 2010b). Os sistemas em implantação e/ou com implantação prevista foram verificados utilizando informações da SRHE, CODEVASF e COMPESA.

Em relação aos sistemas de esgotamento sanitário já existentes, foram identificados os municípios com rede coletora, sua população atendida (urbana e rural), volume de esgoto produzido ou estimado e a existência de estação de tratamento de esgoto. Com o intuito de caracterizar a produção de esgoto visando o planejamento do seu uso, foram identificadas as ações previstas em relação à ampliação dos sistemas de abastecimento de água. Para os municípios com sistemas de esgotamento sanitário em implantação e previstos, procurou-se identificar seus respectivos parâmetros de projeto disponibilizados.

Segundo a COMPESA, dos municípios sob sua administração, apenas Belo Jardim, Caruaru, Gravatá, Garanhuns, Arcoverde, Dormentes, Lagoa Grande e Petrolina apresentam rede coletora de esgoto em pelo menos parte da sede municipal (zona urbana) (COMPESA, 2010b), além dos municípios de Carnaubeira da Penha, Iatí, Jatobá, Petrolândia e Vertente do Lério, que possuem a administração desse serviço pela própria Prefeitura ou em parceria com a COMPESA. Entretanto, nem todos possuem sistemas de tratamento, realizando apenas a coleta. Os sistemas Arcoverde, Caruaru, Garanhuns, Petrolina, Carnaubeira da Penha, Iatí, Petrolândia e Vertente do Lério possuem Estações de Tratamento de Esgoto; todavia, apenas os sistemas de Petrolina e Garanhuns realizam o acompanhamento da eficiência de tratamento através de monitoramento.

3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS SOLOS

Para uma análise específica dos solos pertencentes aos municípios estudados, visando projetos de reúso agrícola, foi utilizado o Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco – ZAPE, estudo realizado pela Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária de Pernambuco em convênio com a Embrapa

Solos UEP Recife (EMBRAPA, 2002). Contudo, foram observados nos mapas, apenas os tipos de solo pertencentes às áreas contíguas as zonas urbanas municipais, onde há possibilidade de implantação de projetos de reúso agrícola devido à proximidade do fornecimento de efluentes tratados.

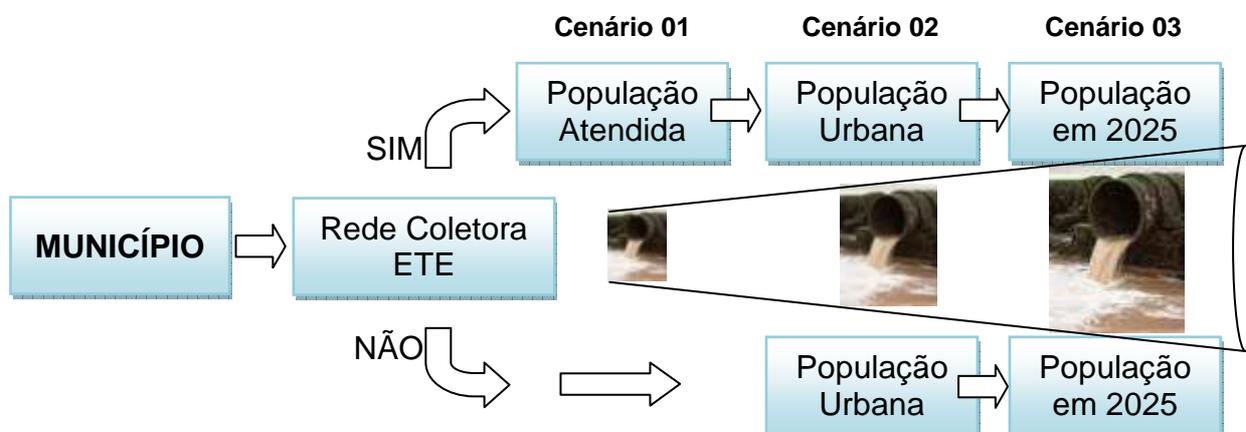
3.5 ANÁLISE DO POTENCIAL DE REÚSO AGRÍCOLA

Na determinação da capacidade de reúso agrícola em toda área de estudo foram utilizadas informações de consumo per capita de água, determinado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS 2008 e para estimar a produção de esgoto se utilizou o coeficiente de retorno de 80%, estabelecido pela NBR 9649/1986 da Associação Brasileira de Norma Técnicas – ABNT, que trata de projetos de rede coletora de esgoto sanitário (IBGE, 2010a; ABNT, 1986). Foram considerados três cenários distintos (Figura 3.1):

- **Cenário 01:** Municípios que possuíam sistema de esgotamento sanitário, com ou sem estação de tratamento de esgoto, onde o volume de esgoto foi estimado considerando a população atendida por esse serviço, com o consumo per capita de água de cada município, apresentado pelo SNIS 2008, variando de 20-148 L/hab.dia;
- **Cenário 02:** Todos os 122 municípios, onde o volume de esgoto foi estimado considerando a hipótese de índice de atendimento de 100% da população urbana, segundo o censo 2010, com o consumo per capita de água de cada município, apresentado pelo SNIS 2008, variando de 20-148 L/hab.dia;
- **Cenário 03:** Todos os 122 municípios, considerando o volume de esgoto produzido pela projeção populacional no ano de referência de 2025, onde as demandas urbanas de água e medidas de proteção dos mananciais devem ser atendidas, segundo estudos citados no Atlas do Abastecimento Urbano (ANA, 2010), considerando a hipótese de índice de atendimento de 100% da população urbana, segundo o censo 2010. Para o consumo per capita de água foi considerado o valor de referência de 150 L/hab.dia, tendo em vista o aumento da oferta de água que está sendo previsto.

Para o cálculo da previsão da população em 2025 foi utilizado o método de projeção aritmética, considerando uma taxa de crescimento constante (METCALF e EDDY, 2003).

Figura 3.1 - Fluxograma das etapas para estimar a produção de esgoto dos municípios estudados.



Para uma avaliação mais próxima da realidade, foi observada a comparação entre o Cenário 01, através dos esgotos atualmente produzidos nos municípios com rede coletora (índice de atendimento atual) e o Cenário 03, com a representação dos municípios que terão 100% de atendimento, totalizando 40 municípios e os municípios que atualmente não possuem ações de implantação de rede coletora e tratamento de esgoto previstas, totalizando 82 municípios com índice de atendimento previsto em 60%.

Os respectivos cenários condicionaram a estimativa do quantitativo de área, em consideração aos volumes produzidos de esgoto que podem, verificada a qualidade em atendimento às diretrizes existente, ser utilizados para irrigar projetos de reúso agrícola. Para isso foi definida uma demanda hídrica genérica de 2,0 m³/m².ano ou 20.000 m³/ha.ano, segundo Bastos et al. (2003), com vistas ao atendimento a diversos tipos de culturas.

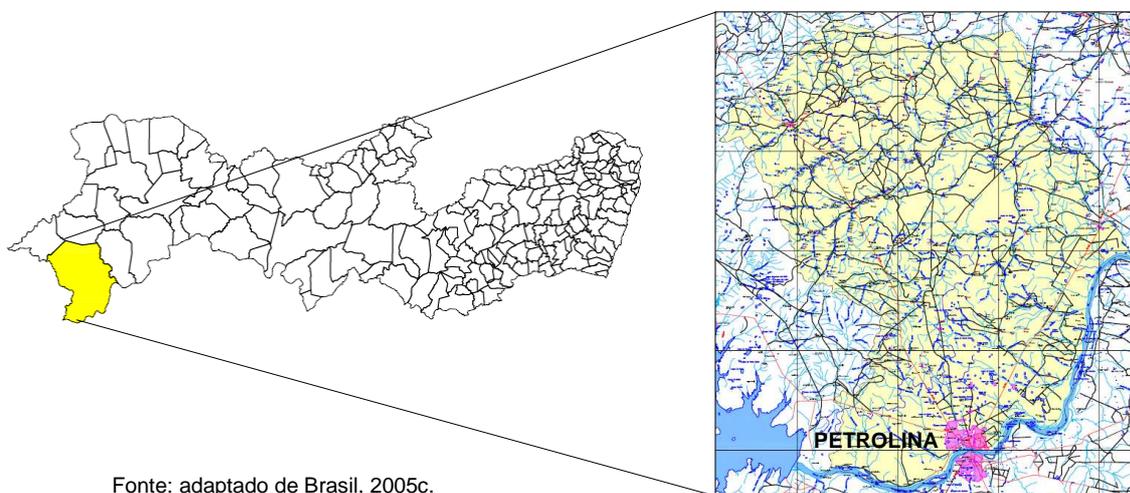
Para subsidiar a elaboração de propostas voltadas à utilização de esgoto doméstico para projetos de irrigação, foram considerados aspectos distintos de três municípios: estudo de caso 1 - análise do potencial de reúso de um município com população acima de 100 mil habitantes, com o índice de atendimento de esgotamento sanitário acima de 50% e sistema de tratamento de esgoto com monitoramento dos efluentes implantado; estudo de caso 2 - análise do potencial de reúso considerando um distrito rural com rede coletora e ETE implantado, atualmente o semiárido possui 157 distritos com possibilidade de implantação de rede coletora e ETE (Anexo B); e estudo de caso 3 - análise do potencial de reúso

de um município com população até 50 mil habitantes, considerando sistema de coleta e tratamento de esgoto com índice de atendimento de 100%.

3.5.1 Estudo de Caso 1: Município de Petrolina

O município de Petrolina está localizado na mesorregião São Francisco e na Microrregião Petrolina do Estado de Pernambuco, limitando-se ao norte com Dormentes, ao sul com Estado da Bahia, ao leste com Lagoa Grande, e ao oeste com Estado da Bahia e Afrânio. O clima é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. A precipitação e a temperatura média anual são de 431,8mm e 36°C, com uma umidade relativa em torno dos 50%. A área municipal ocupa 4737,1 km² e representa 4.81 % do Estado de Pernambuco (BRASIL, 2005c). A Figura 3.2 apresenta a localização do município de Petrolina.

Figura 3.2 - Localização do município de Petrolina.



Fonte: adaptado de Brasil, 2005c.

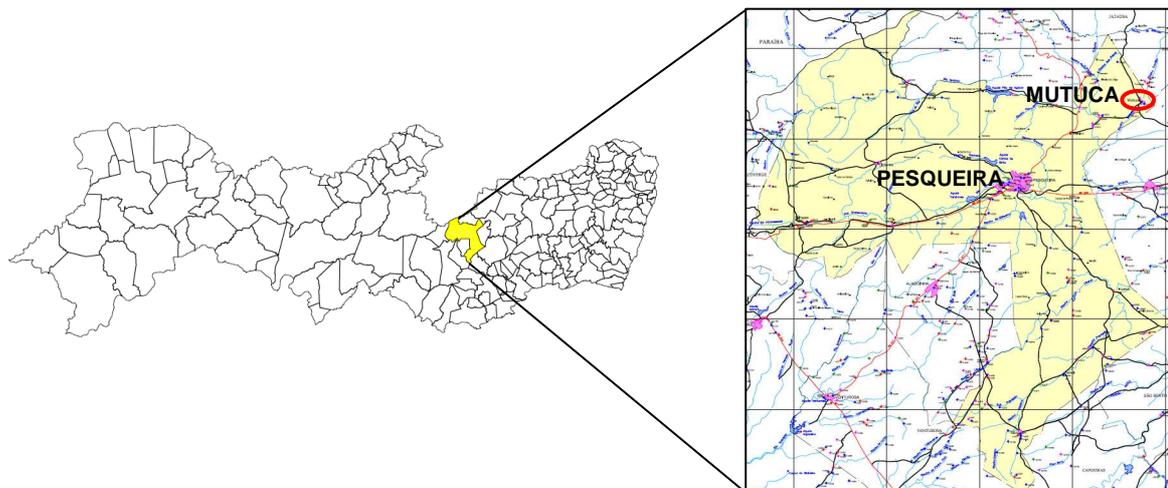
Para avaliar a potencialidade de reúso agrícola dos sistemas de tratamento de esgotos existentes, foram tomados como base os sistemas de Petrolina, sobretudo por apresentar maior número de dados do monitoramento de parâmetros, que permitiram uma avaliação preliminar da eficiência de tratamento e a qualidade dos efluentes tratados disponíveis para reúso agrícola. Os parâmetros utilizados para caracterizar o efluente das referidas estações foram DQO, DBO, Condutividade Elétrica e Coliformes Termotolerantes, resultados do monitoramento

realizado pelo laboratório regional da COMPESA em Petrolina no período de dezembro de 2008 a dezembro de 2010. Esses dados foram fornecidos pela Gerência de Controle de Qualidade-GQL da COMPESA. Como Pernambuco ainda não possuía instrumentos normativos para o devido fim ao qual se propõe este estudo, foram comparados os dados de monitoramento com as diretrizes preconizadas pela Organização Mundial de Saúde - OMS, Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA) e o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB (WHO, 2006; USEPA, 2004; BASTOS e BEVILACQUA, 2006), considerando apenas Coliformes Termotolerantes, já que a COMPESA não realiza monitoramento de ovos de helmintos. Para comparação dos parâmetros avaliados, em termos de lançamento em corpos receptores, foram utilizadas as Normas Técnicas Nº 2.002 e 2007 da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH (CPRH, 2000; 2001) e a Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011.

3.5.2 Estudo de Caso 2: Município de Pesqueira

O distrito de Mutuca, no município de Pesqueira, está localizado a 22 km da sede municipal (Figura 3.3) e apresenta um clima que, segundo a classificação Köppen, é semiárido muito quente tipo estepe, sujeito a chuvas torrenciais e acentuada irregularidade no regime pluviométrico, com um período chuvoso variando de quatro a cinco meses de duração (março a julho), temperatura média anual em torno de 27°C, umidade relativa do ar de 73% e velocidade média do vento de 2,5 m/s, com precipitação média anual de 670 mm (MOLINIER et al.,1994). Possui cerca de 600 residências na área urbana e 500 na área rural, correspondendo a uma população de aproximadamente 3.000 habitantes na zona urbana e 2.500 na zona rural (COSTA, 2009).

Figura 3.3 - Localização do distrito de Mutuca em Pesqueira.



Fonte: adaptado de Brasil, 2005c.

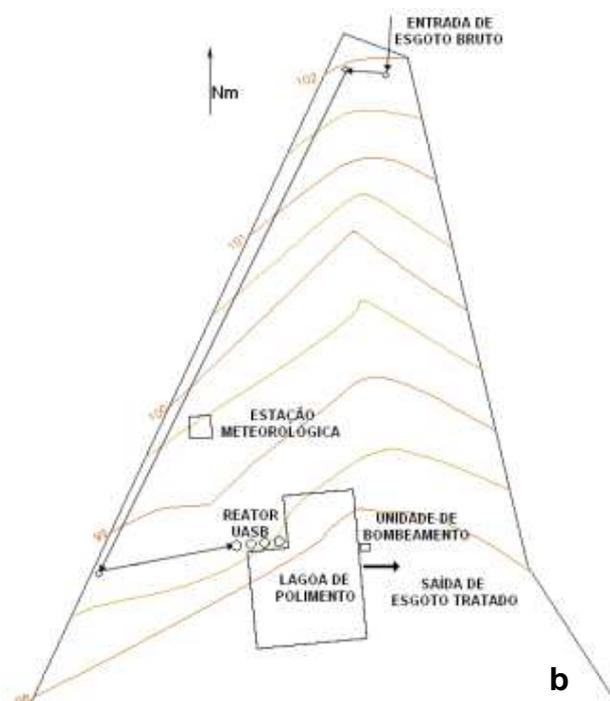
O projeto de pesquisa experimental em Mutuca foi implantado inicialmente em 2002, pelo grupo de Pesquisa de Recursos Hídricos – GRH/UFPE e posteriormente foi constituída uma parceria, através de cooperação técnica entre a UFPE, UFRPE e SRHE-PE, para dar continuidade às pesquisas e atender a comunidade. A unidade piloto de reúso possui uma área de 4.078 m² (Figura 3.4), sendo composta por uma unidade de tratamento esgoto e reúso do efluente e uma estação meteorológica (Tanque Classe A, Termo-Higrógrafo, Pluviômetro e plataforma de coleta de dados). A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é compreendido por três tanques de sedimentação em série, cuja capacidade total de acumulação é de aproximadamente 360 m³ e um UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), com o objetivo de realizar o tratamento secundário do efluente (Figura 3.4).

Segundo informações disponibilizadas por agentes de saúde, que trabalham no distrito, o núcleo urbano de Mutuca possui 75 famílias atendidas com rede coletora de esgoto, caracterizando a bacia de contribuição esgoto que alimenta a ETE da unidade experimental (Figura 3.5).

Figura 3.4 - Sistema de Tratamento de Esgoto da unidade experimental (a) e configuração da área da unidade experimental (b), no distrito de Mutuca em Pesqueira.



Fonte: Costa, 2009; Miranda, 2010.



Fonte: adaptado de Miranda, 2010.

Figura 3.5 - Bacia de contribuição da rede coletora de esgoto do distrito de Mutuca em Pesqueira.



Fonte: Google Earth.

A vazão direcionada para a área experimental foi estimada considerando uma população de 300 habitantes na bacia de contribuição, cuja população urbana total é de 2.534 habitantes, e consumo per capita de água de 75,15 L/hab.dia, segundo o

SNIS (BRASIL, 2010a), e coeficiente de retorno de referência 70%, por se tratar de uma comunidade rural (PEREIRA e SOARES, 2006).

Para avaliar o potencial de cultivo local foram consideradas as culturas de milho e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), que são as culturas mais produzidas na região, e a cultura do algodão, como alternativa de produção. A referência para demanda hídrica de cada cultura seguiu os valores citados pela EMBRAPA (EMBRAPA, 2010; EMBRAPA, 2003; EMBRAPA, 2006b), como mostra a Tabela 3.2.

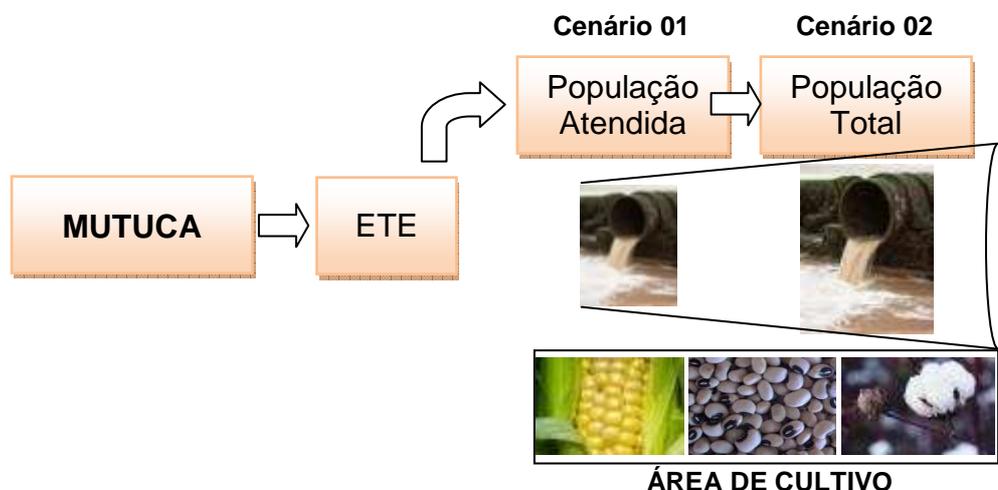
Tabela 3.2 - Valores de referência para avaliar o potencial de reúso agrícola no Distrito de Mutuca, considerando as culturas do milho, feijão e algodão.

CULTURA	DEMANDA HÍDRICA	CICLO
MILHO	600 mm	120 dias
FEIJÃO	400 mm	90 dias
ALGODÃO	700 mm	150 dias

Para avaliar o potencial de reúso agrícola foram considerados dois cenários específicos (Figura 3.6):

- **Cenário 01:** esgoto produzido pela população urbana atendida do distrito;
- **Cenário 02:** esgoto produzido pela população urbana total do distrito.

Figura 3.6 - Fluxograma dos cenários para estimar a área de reúso agrícola em Mutuca.



3.5.2.1 Pesquisa sobre Aceitabilidade

Para melhor entendimento a respeito da compreensão da população local, quanto ao saneamento básico e a aceitação do consumo de produtos irrigados com esgoto doméstico tratado, foi elaborado um questionário baseado na metodologia de Trentin (2005), como mostra o Apêndice A. Os questionários foram aplicados no dia 09 de dezembro de 2010, por meio de visitas em todas as residências (75 casas) inseridas na bacia de contribuição de esgoto, no núcleo urbano do distrito de Mutuca. As residências foram devidamente identificadas pelos agentes de saúde da Prefeitura Municipal de Pesqueira, como mostra a Figura 3.7.

Em função da realização de pesquisas voltadas ao reúso agrícola, foi considerada a avaliação dos aspectos de produtividade de culturas e a qualidade da água de reúso, assim como os métodos de mobilização social, considerando os resultados obtidos por Miranda (2010).

Figura 3.7 - Aplicação do questionário (a). Orientação da agente de saúde na identificação das residências ligadas a rede coletora de esgoto.



Fonte: Autor.

A presente pesquisa se mostrou importante para verificar a possibilidade e viabilidade da utilização de águas residuárias para uso da irrigação de culturas, nos municípios do semiárido que possuem ou quando possuírem estações de tratamento de esgoto, tendo em vista a universalização do saneamento básico.

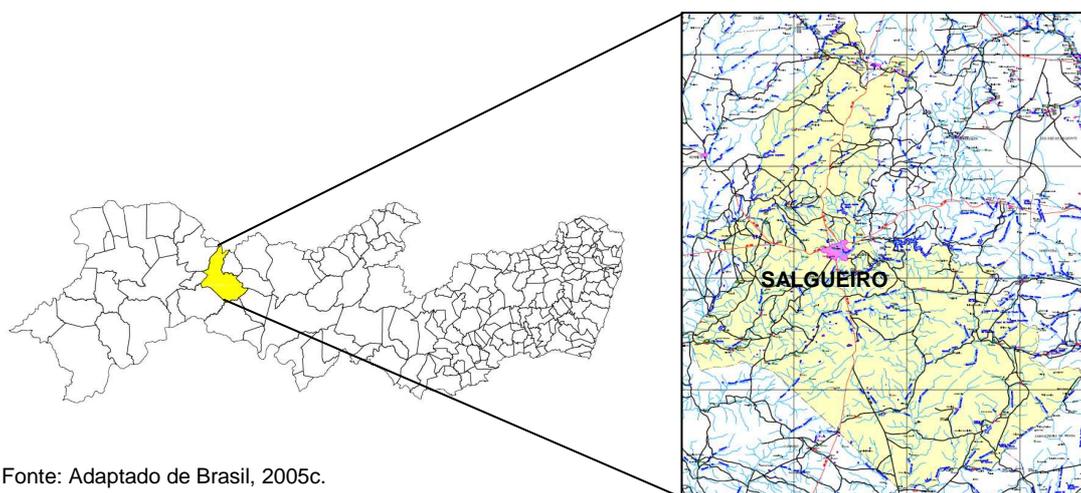
3.5.3 Estudo de Caso 3: Município de Salgueiro

O município de Salgueiro está localizado na Região de Desenvolvimento Sertão Central do Estado de Pernambuco, limitando-se ao norte com Estado do Ceará, ao sul com Belém do São Francisco, ao leste com Verdejante, Mirandiba e

Carnaubeira Penha, e ao oeste com Cabrobó, Terra Nova, Serrita e Cedro. O clima é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. A precipitação Pluviométrica do Município varia de 450 a 600 mm por ano, com temperatura média anual de 25°C. (BRASIL, 2005c). Salgueiro encontra-se totalmente inserido na bacia hidrográfica do rio Terra Nova (micro-bacia do São Francisco). A Figura 3.8 apresenta a localização do município de Salgueiro.

O município encontra-se em fase de conclusão das obras de implantação do sistema de esgotamento sanitário com cerca de 131 km de rede coletora, em uma única bacia de contribuição dividida em 16 setores devido às características topográficas locais, onde os esgotos serão encaminhados para uma única elevatória e em seguida para ETE. O sistema de tratamento implantado é composto por um reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB), filtro biológico, decantador secundário e leito de secagem, sendo o efluente tratado disposto no riacho Salgueiro, um dos afluentes do rio Terra Nova (COMPESA, 2008), como mostra a configuração da Figura 3.9.

Figura 3.8 - Localização do município de Salgueiro.



Fonte: Adaptado de Brasil, 2005c.

Figura 3.9 - Configuração do sistema de esgotamento sanitário do município de Salgueiro.



Fonte: Adaptado de Compesa, 2008.

Segundo a Compesa (2008), o sistema foi projetado para atender até o ano de 2025, a população de 53.883 habitantes (população urbana), resultando uma vazão de 56,13 L/s e a estimativa de carga orgânica de 2.285,28 kgDBO₅/dia, e a concentração de coliformes de $3,31 \times 10^7$ CF/100 ml. Os principais dados do projeto do sistema de tratamento de esgoto de Salgueiro são apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Principais parâmetros de projeto para o sistema de tratamento de esgoto do município de Salgueiro.

Principais Parâmetros de Projeto		Unidade de Tratamento		
		UASB	Filtro Biológico	Decantador Secundário
Vazão Média Inicial	m ³ /dia	2.302	2.302	2.302
Tempo de Detenção Hidráulica	h	8,00	-	2,36
Taxa de Aplicação	m ³ /m ² .dia	-	17,35	25,00
DBO Afluente	mg/L	312,14	77,25	20,56
DBO Efluente	mg/L	77,25	20,56	-
Eficiência	%	75,25	72,00	Até 40,00
Coli. Term.	CTer/100mL	$3,31 \times 10^7$ ⁽¹⁾	-	$3,31 \times 10^6$ ⁽²⁾
Eficiência Média	%	-	-	90 ⁽³⁾

1: Número Mais Provável estimado no afluente do UASB. 2: Coliformes Termotolerantes estimado no efluente do decantador secundário. 3: Eficiência estimada na tratamento global, segundo VON SPERLING (2005).

Para introduzir a política de reúso em Pernambuco, a COMPESA pretende utilizar o potencial do sistema de esgotamento sanitário de Salgueiro. Foi proposta pela Prefeitura, uma área para a implantação de projeto de reúso agrícola situada ao sul da cidade de Salgueiro do lado direito da BR 116, no sentido Cabrobó, distando aproximadamente 2 km da ETE (cota de 419,90m), em uma cota de 432,00 m e cota

geométrica de 12,10 m. A Figura 3.10 apresenta a localização da área proposta para a implantação do projeto de reúso.

Figura 3.10 - Localização da área proposta para o projeto de reúso em Salgueiro.



Fonte: Google Earth.

O referido projeto está sendo concebido mediante convênio de cooperação técnica-financeira entre a SRHE, UFRPE, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, COMPESA e Prefeitura Municipal de Salgueiro.

As proposições descritas nesta fase do estudo levaram em consideração os projetos em desenvolvimento no município, na busca de identificar as potencialidades, sobretudo no incentivo ao reúso agrícola na referida região.

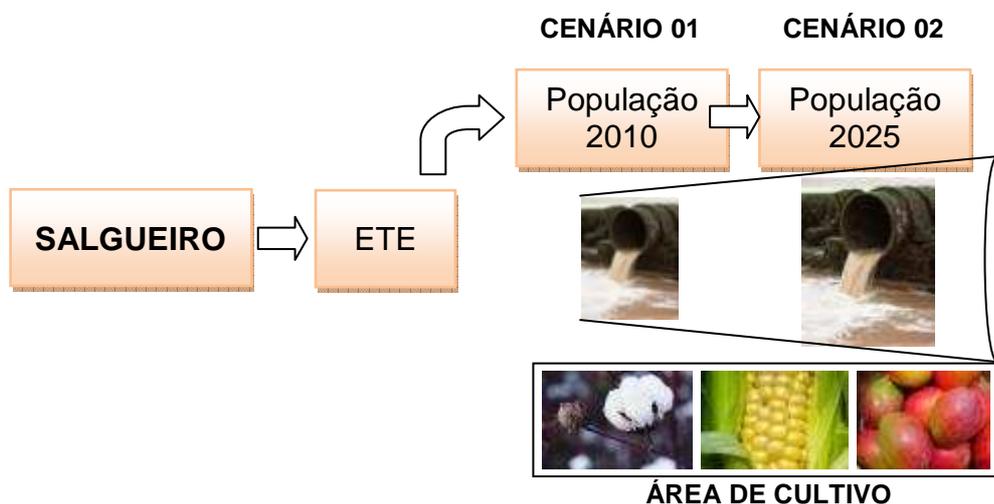
Para avaliar o potencial de reúso agrícola foram considerados dois cenários específicos (Figura 3.11):

- **Cenário 01:** esgoto produzido pela população urbana de referência do ano de 2010, considerando a contribuição de esgoto per capita 90 L/hab.dia, especificada no projeto da ETE.
- **Cenário 02:** esgoto produzido pela população urbana final de projeto para o ano de 2025, considerando a contribuição de esgoto per capita 90 L/hab.dia, especificada no projeto da ETE.

Para ambos os cenários foi considerada a utilização das culturas de algodão, milho e manga, que são culturas praticadas na região, para estimativa de área de

cultivo no projeto de reúso agrícola, considerando apenas a demanda hídrica de cada cultura.

Figura 3.11 - Fluxograma dos cenários para estimar a área de reúso agrícola em Salgueiro.



Para a estimativa da área de cultivo das culturas propostas foi considerado, para manga, a área por planta de 40 m², referente ao espaçamento de 8 x 5 e uma demanda máxima hídrica diária de 151,7 L/planta; para o algodão de ciclo médio de 150 dias e demanda hídrica de 700 mm; para a produção de milho a demanda sazonal de 600 mm em ciclo de 120 dias (EMBRAPA, 2004; EMBRAPA, 2006; EMBRAPA, 2010). A Tabela 3.4 apresenta os parâmetros considerados para a estimativa de área irrigada das respectivas culturas propostas para o reúso agrícola em Salgueiro.

Tabela 3.4 - Parâmetros para estimar área de cultivo no reúso agrícola do município de Salgueiro, considerando as culturas do algodão, milho e manga.

CULTURA	DEMANDA HÍDRICA	CICLO
ALGODÃO	700 mm	150 dias
MILHO	600 mm	120 dias
MANGA	151,7 L/planta	365 dias

3.5.3.1 Estimativa de Custo do Reúso Agrícola

Para estimar o custo da implantação de projeto de reúso no município de Salgueiro, foram considerados os custos diretos identificados em uma análise

financeira convencional de projetos desenvolvidos, abordando desde a implantação da rede coletora até o a etapa de reúso, considerando os seguintes aspectos:

- Custo da implantação da rede coletora (COMPESA, 2008);
- Custo da implantação da Estação de Tratamento de Esgoto (COMPESA, 2008);
- Custo da implantação de sistema transporte de esgoto tratado (COMPESA, 2008; COMPESA 2011);
- Custo de implantação de sistema de pós-tratamento de esgoto (desinfecção), quantificado em quatro lagoas de polimento com tempo de detenção hidráulico (TDH) total de 12 dias, segundo dimensionamento proposto por Von Sperling et al. (2003); após o dimensionamento, o levantamento dos custos seguiu a composição proposta por Rainho (2010), com os valores de referência segundo SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, localidade Recife em maio de 2011, como mostra a Tabela 3.5;
- Custo de aquisição de área para implantação do projeto de reúso agrícola, tomando como referência o valor do hectare (R\$ 12.782,00 / ha) especificado no Diário Oficial da União para desapropriação de áreas da região de Salgueiro, para a obra da ferrovia transnordestina (BRASIL, 2011);
- Custo para implantação do sistema de irrigação e drenagem, envolvendo valores referentes a parte de planejamento (estudos topográficos e pedológicos e elaboração de projeto executivo) segundo a SRHE (PERNAMBUCO, 2010b) e a parte de execução do projeto, considerando o valor de R\$ 6.000,00 por hectare para a irrigação por gotejamento (PERNAMBUCO, 2011c); o sistema de drenagem com valor de referência de R\$ 8.000,00 por hectare, segundo Gheyi et al. (2010).

Tabela 3.5 - Estimativa dos custos envolvidos para implantação do sistema de pós-tratamento.

ATIVIDADE	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Sondagem	m	16	359,17	5.746,72
Limpeza do Terreno	m ²	28.775	0,35	10.071,25
Escavação Mecanizada	m ³	27.624	2,06	56.905,44
Limpeza do Terreno - Transporte de Material, Carga e Descarga	m ³	27.624	1,06	29.281,44
Construção dos Taludes	m ³	928	2,54	2.357,12
Revestimento Interno	m ²	34.983	31,94	1.117.357,02
Tubulações e Acessórios	Composição	1	4.838	4.837,76
Cercamento da Área	m	339	24,56	8.332,32
Valor Total				1.234.889,07

A Figura 3.12 apresenta esquematicamente as etapas avaliadas para a estimativa de custo de implantação do projeto de reúso agrícola do município de Salgueiro.

Figura 3.12 - Esquema das etapas para estimar o custo para implantação de projeto de reúso agrícola em Salgueiro.



3.6 PROPOSTA DE DIRETRIZES

Como forma de apoiar o desenvolvimento contínuo de projetos de reúso, foi proposto um mecanismo de gestão, tomando como referência as orientações citadas por Caixeta (2010) e a metodologia do Programa Água Doce (PAD), que se refere a uma ação do Governo Federal coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, em parceria com instituições federais, estaduais, municipais e sociedade civil. O Programa visa o

estabelecimento de uma política pública permanente de acesso à água de boa qualidade para o consumo humano, promovendo e disciplinando a implantação, a recuperação e a gestão de sistemas de dessalinização ambiental e socialmente sustentáveis para atender, prioritariamente, as populações de baixa renda em comunidades difusas do semiárido (BRASIL, 2004).

Em relação às recomendações para procedimentos de licenciamento para projetos de reúso, foram utilizadas como referência as sugestões citadas por Rodrigues (2005), assim com, os procedimentos de licenciamento adotados pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Pernambuco – CPRH.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 POTENCIAL DE REÚSO AGRÍCOLA DO SEMIÁRIDO

A produção diária de esgoto em todo semiárido foi estimada em 161.857 m³, onde aproximadamente 15% (24.842 m³) desse volume é encaminhado para estações de tratamento de esgoto, o restante vem sendo disposto, depois de coletado por galerias de águas pluviais, no solo e em cursos de água próximos de suas respectivas fontes geradoras. Para o cenário populacional no ano de 2025, o volume estimado poderá ser de 274.174 m³/dia, representando um acréscimo de aproximadamente 70% em 15 anos, onde se espera que todo esse volume passe por algum tipo de tratamento. A Tabela 4.1 apresenta os volumes estimados de esgoto produzidos diariamente no semiárido, considerando as Regiões de Desenvolvimento e os cenários populacionais de 2010 e 2025.

Tabela 4.1 - Volumes estimados de esgoto nas Regiões de Desenvolvimento.

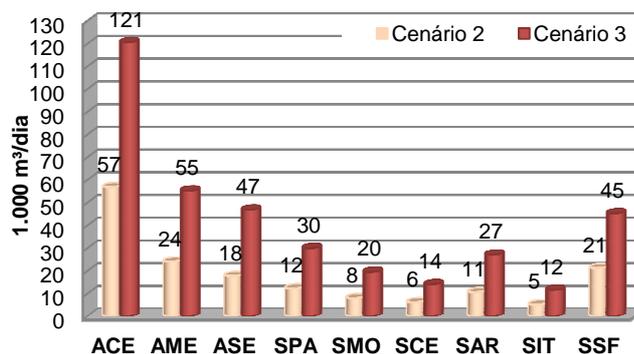
Região de Desenvolvimento	Cenário 2 ⁽¹⁾			Cenário 3 ^{(2) (4)}	
	População (hab.)	Volume (m ³ /dia)	Produção ⁽³⁾ (L/hab.dia)	População (hab.)	Volume (m ³ /dia)
Agreste Central (ACE)	781.897	56.842	72,70	1.005.115	120.614
Agreste Meridional (AME)	370.415	24.047	64,92	461.032	55.324
Agreste Setentrional (ASE)	268.352	17.734	66,08	390.872	46.905
Sertão do Pajeú (SPA)	199.763	12.219	61,17	250.190	30.023
Sertão do Moxotó (SMO)	133.802	7.976	59,61	163.241	19.589
Sertão Central (SCE)	97.761	6.160	63,01	117.742	14.129
Sertão do Araripe (SAR)	165.138	10.576	64,04	226.163	27.140
Sertão de Itaparica (SIT)	77.153	5.107	66,20	96.946	11.633
Sertão do São Francisco (SSF)	280.827	21.196	75,48	377.924	45.351
Total	2.375.108	161.857	65,91	3.089.223	370.708

1: Cenário considerando a população total urbana atendida por rede coletora no ano de 2010; 2: Cenário considerando a população total urbana atendida por rede coletora no ano de 2025; 3: Produção média per capita; 4: Produção média per capita igual a 120 L/hab.dia.

A Figura 4.1 apresenta a estimativa de produção de esgoto nas Regiões de Desenvolvimento pertencentes à área de estudo, considerando os cenários segundo a população de 2010 e a projeção populacional em 2025.

A RD Agreste Central apresentou a maior produção de esgoto, considerando o volume estimado dos seus 24 municípios (no semiárido), proporcionalmente associado à sua população, considerando os dois cenários propostos.

Figura 4.1 - Estimativa de produção de esgoto nas Regiões de Desenvolvimento.



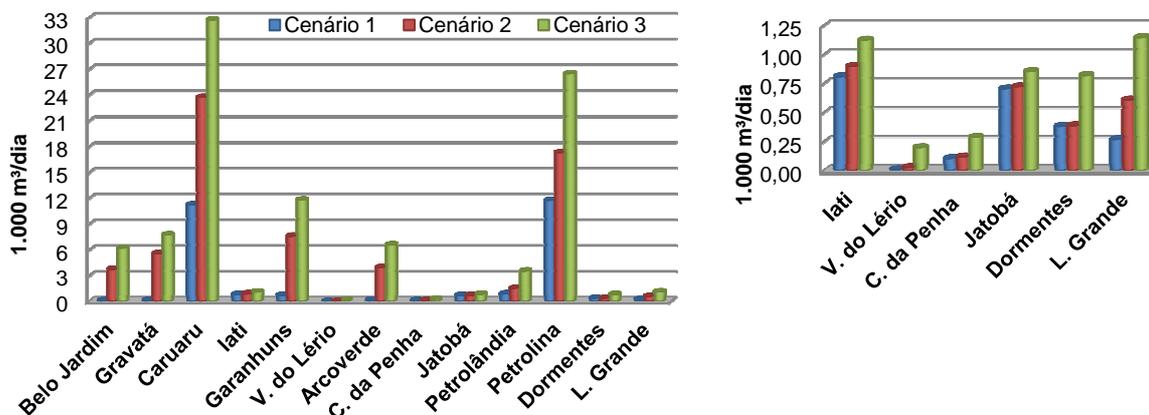
A produção de esgoto dos municípios que apresentam rede coletora foi estimada, segundo a população atendida por esse serviço e considerando sua população urbana total (Cenários 1, 2 e 3), como mostram a Tabela 4.2 e a Figura 4.2.

Tabela 4.2 - Esgoto produzido pelos municípios atendidos com rede coletora de esgoto, considerando a população atendida e a população urbana total em 2010 e 2025.

RD	Município	2010		2025
		Cenário 1 (m³/d)	Cenário 2 (m³/d)	Cenário 3 (m³/d)
ACE	Belo Jardim	79	3.757	6.199
	Caruaru	11.251	23.745	32.720
	Gravatá	110	5.578	7.767
AME	Garanhuns	725	7.594	11.808
	Iati	811	901	1.126
ASE	Vertente do Lério	11	29	201
SMO	Arcoverde	184	3.979	6.586
SIT	Carnaubeira da Penha	108	120	290
	Jatobá	707	724	855
	Petrolândia	903	1.545	3.557
SSF	Dormentes	384	389	821
	Lagoa Grande	271	610	1.148
	Petrolina	11.763	17.301	26.490
Total		27.307	66.272	99.567

RD: Região de Desenvolvimento; ACE: Agreste Central; AME: Agreste Meridional; ASE: Agreste Setentrional; SMO: Sertão do Moxotó; SIT: Sertão de Itaparica; SSF: Sertão do São Francisco.

Figura 4.2 - Comparação entre a estimativa da produção de esgoto pela população atendida por rede coletora e a população urbana total em 2010 e 2025.



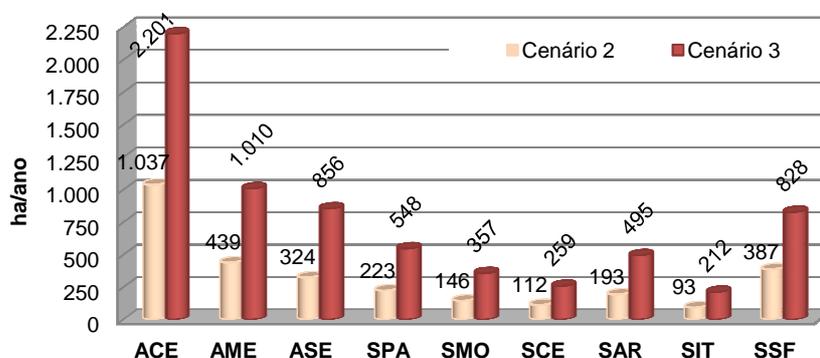
Os volumes de esgoto produzido (Tabela 4.2) em Belo Jardim, Gravatá, Garanhuns e Arcoverde, apresentaram valores consideráveis quando comparadas as situações entre a população atualmente atendida e a população urbana total, caso estivesse com o índice de atendimento de 100%; já Iati, Vertente do Lério, Carnaubeira da Penha, Jatobá e Dormentes apresentaram o percentual de habitantes ligados a rede coletora superior a 89%, indicando uma variação menos expressiva, como mostra a Tabela 4.2. As duas cidades mais populosas do semiárido pernambucano, Petrolina e Caruaru, apresentaram juntas um volume de produção estimado de esgoto equivalente a 30% do que é produzido em toda área de estudo, considerando o cenário 2, relativo a população do ano de 2010 e 22% quando comparado com a estimativa do cenário 3 no ano de 2025.

O volume de esgoto estimado, considerando os dois cenários para o índice de atendimento de coleta e tratamento de esgoto em 100%, nos anos de 2010 e 2025, projetou um quantitativo de área irrigável, caso não haja perdas, de 2.954 e 6.767 hectares respectivamente, que podem ser utilizados em todo semiárido pernambucano, considerando uma demanda hídrica genérica de 20.000 m³/ha.ano proposta por Bastos et al. (2003). Segundo Caixeta (2010), todo o Estado do Ceará possui um potencial de reúso agrícola de 3.279,66 hectares, considerando 178 sistemas de tratamento de esgoto operados pela CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará), na Região Metropolitana de Fortaleza e no interior do Estado, com uma demanda hídrica de 18.000 m³/ha.ano. Os dois cenários representam 9,76% e 22,35% do total da área atualmente irrigada no semiárido pernambucano (30.279 ha), através dos perímetros irrigados do DNOCS e da CODEVASF, como

mostra a Tabela 2.15 (Capítulo 2), possibilitando um considerável aumento na produção de alimentos e geração de renda.

A projeção das áreas estimadas para as Regiões de Desenvolvimento pode ser vista na Figura 4.3, onde mostra a RD Agreste Central com 35% e 32% (1.037 e 2.201 ha/ano) respectivamente para os cenários propostos, de toda área para reúso agrícola no semiárido (2.954 e 6.767 ha/ano). A menor demanda de área estimada foi a RD Sertão de Itaparica (93 a 212 ha/ano), entretanto não menos significativo, se for considerado o cultivo de algodão irrigado com esgoto doméstico tratado, com sua demanda hídrica específica (700 mm em 150 dias), a uma produtividade de 2.300 kg/ha, encontrada por Miranda (2010), poderia representar um acréscimo da área irrigada (109 e 249 ha/ano) e uma produção por ciclo, nos cenários estudados, de 250,7 a 572,7 toneladas de algodão, 89% de incremento em relação ao cultivo em sequeiro, com produtividade média de 1.220 kg/ha, segundo a Embrapa (EMBRAPA, 2004a), com 132,9 a 303,8 toneladas de algodão na mesma área, sem considerar possíveis perdas na irrigação.

Figura 4.3 - Projeção da demanda de área para reúso agrícola nos cenários propostos nas Regiões de Desenvolvimento pertencentes ao semiárido.



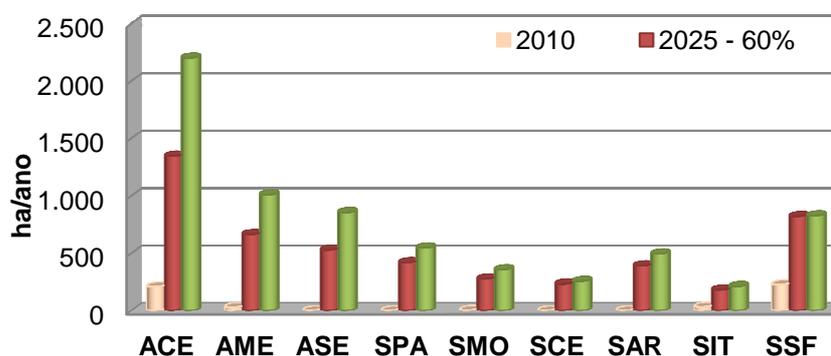
Para uma avaliação mais realista, considerando o esgoto atualmente coletado e a projeção populacional do ano de 2025, onde foram contabilizados separadamente os municípios que terão 100% de atendimento (40 municípios) e os municípios que não possuem ações previstas (82 municípios), atribuindo nesse caso, o índice de atendimento para esgotamento sanitário de 60%, obtivemos respectivamente um potencial de 498 ha e 4.869 ha, que representa 17% e 72% do potencial total do semiárido. A Tabela 4.3 e a Figura 4.4, apresentam o potencial de reúso agrícola das Regiões de Desenvolvimento considerando um cenário realista.

Tabela 4.3 - Potencial de reúso agrícola das Regiões de Desenvolvimento, considerando o esgoto atualmente coletado e a projeção para 2025.

RD	2010 (índice atual)		2025 (60%)	
	Esgoto coletado (m³/d)	Área Irrigável¹ (ha)	Esgoto coletado (m³/d)	Área Irrigável¹ (ha)
ACE	11.440	209	73.742	1.346
AME	1.536	28	36.428	665
ASE	11	0	29.027	530
SPA	0	0	22.980	419
SMO	184	3	15.238	278
SCE	0	0	12.813	234
SAR	0	0	21.529	393
SIT	1.718	31	9.999	182
SSF	12.418	227	45.055	822
TOTAL	27.307	498	266.811	4.869

RD: Região de Desenvolvimento; ACE: Agreste Central; AME: Agreste Meridional; ASE: Agreste Setentrional; SPA: Sertão do Pajeú; SMO: Sertão do Moxotó; SCE: Sertão Central; SAR: Sertão do Araripe; SIT: Sertão de Itaparica; SSF: Sertão do São Francisco. 1: Área estimada sem considerar possíveis perdas na irrigação.

Figura 4.4 - Projeção do potencial de reúso agrícola das Regiões de Desenvolvimento, para a produção de esgoto atualmente coletado, 60% e 100% de atendimento.



As RDs Sertão Central, de Itaparica e do São Francisco, apresentam perspectivas de atendimento em 100% da população urbana, para o ano de 2025, já que a maioria dos municípios dessas regiões possuem projetos de implantação de rede coletora e tratamento de esgoto.

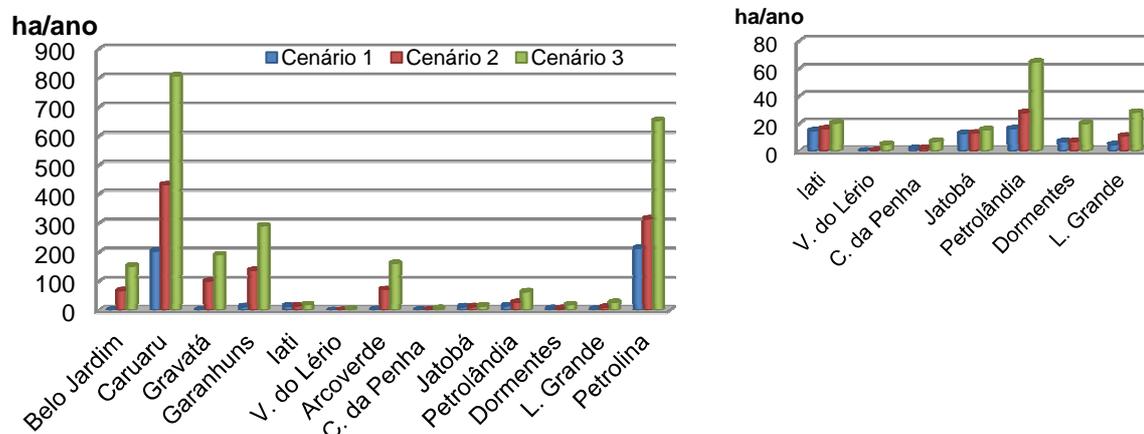
As Tabelas 4.4 e 4.5 apresentam o potencial de reúso agrícola dos 122 municípios do semiárido, em termos de área e tipo de solo, considerando os que possuem sistema de esgotamento sanitário e os demais que não tem acesso a esse serviço, para os cenários indicados. A Figura 4.5 apresenta a configuração gráfica dessa situação, para os municípios atendidos com esgotamento sanitário.

Tabela 4.4 - Potencial de reúso agrícola dos municípios pertencentes à região do semiárido que possuem sistema de esgotamento sanitário.

RD	MUNICÍPIO	Área Total Cultivada ⁽¹⁾ (ha)	Área (hectare) ⁽²⁾⁽³⁾			Solo Região Periurbana
			Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	
ACE	Belo Jardim	4.377	1,4	68,6	153,2	(SX/SN)
	Caruaru	2.433	205,3	433,3	808,4	(PVA)
	Gravatá	425	2,0	101,8	191,9	(PVA)
AME	Garanhuns	4.831	13,2	138,6	291,7	(LA)
	Iati	8.680	14,8	16,4	20,5	(RR)
ASE	Vertente do Lério	523	0,2	0,5	5,0	(CH/CY/CX)
SMO	Arcoverde	4.455	3,4	72,6	162,7	(RQ) e (CH/CY/CX)
	Carnaubeira da Penha	3.719	2,0	2,2	7,2	(SX/SN) e (RR)
SIT	Jatobá	1.926	12,9	13,2	15,6	(SX/SN)
	Petrolândia	3.070	16,5	28,2	64,9	(RQ)
SSF	Dormentes	6.820	7,0	7,1	20,3	(PVA)
	Lagoa Grande	4.925	4,9	11,1	28,4	(SX/SN)
	Petrolina	38.160	214,7	315,7	654,5	(RQ)
Total		81.274	481,9	1.181,3	2.359,3	-

1: Área total das culturas de algodão, banana, castanha de caju, feijão mamão, mamona, mandioca, manga, milho e goiaba no ano de 2009 segundo o IBGE (IBGE, 2010b); 2: Utiliza como referência a demanda hídrica genérica de 20.000 m³/ha.ano. 3: Área estimada sem considerar possíveis perdas na irrigação. RD: Região de Desenvolvimento; ACE: Agreste Central; AME: Agreste Meridional; ASE: Agreste Setentrional; SMO: Sertão do Moxotó; SIT: Sertão de Itaparica; SSF: Sertão do São Francisco. SX/SN: Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico); PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; LA: Latossolos Amarelos; RR: Neossolo Regolítico; CH/CY/CX: Cambissolos; RQ - Neossolo Quartzarênico.

Figura 4.5 - Projeção da demanda de área para reúso agrícola nos cenários propostos para os municípios dotados de sistema de esgotamento sanitário.



O município de Caruaru possui o maior potencial de reúso agrícola de todo semiárido, considerando somente a população atendida (cenário 1) possibilita a utilização de mais de 200 hectares irrigáveis, podendo chegar a mais de 800 hectares. Segundo a EMBRAPA (2002), a região periurbana de Caruaru é composta pelo solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA). Esse mesmo quadro ocorre também em Gravatá e Dormentes, assim como, também predomina na RD Sertão do Araripe, que são solos de muito baixa até média fertilidade natural. Esses solos, com uso de

técnicas corretivas e fertilizantes, podem aumentar significativamente a sua produtividade, ressaltando a importância e a necessidade do uso de matéria orgânica. São solos bastante usados com várias culturas, como mandioca, pastagens plantadas (com capins elefante, pangola e sempre-verde), milho, feijão e fruticultura diversa (jaca, manga, banana, caju).

O menor potencial de reúso agrícola, dos municípios com rede coletora, foi o de Vertente do Lério (0,2 - 5,0 ha). A região periurbana é composta pelos solos do tipo Cambissolos (CH/CY/CX), que em função da heterogeneidade de propriedades físicas e químicas, podem ser de alto, médio e até mesmo baixo potencial agrícola, dependendo dos fatores restritivos que os mesmos podem apresentar, principalmente relacionados a drenagem deficiente; dificuldades de manejo devido à alta pegajosidade da argila, níveis elevados de sodicidade e o déficit hídrico devido ao clima da região semiárida. A característica mais marcante e favorável ao uso agrícola é a alta fertilidade natural dos solos, com uso muito diversificado, ocorrendo cultivos de fruteiras como o abacaxi e o caju, e culturas de subsistência como o feijão, o milho e a mandioca (EMBRAPA, 2002).

Petrolina apresentou o segundo maior potencial de reúso agrícola do semiárido, em termos de área irrigável (214,7 - 654,5 ha), representando até 3% da área de seu perímetro irrigado (20.949 ha), que pode ser ampliado na produção agrícola no entorno da zona urbana. Segundo a EMBRAPA (2002) o solo periurbano de Petrolina é composto por Neossolo Quartzarênico (RQ), que são solos com textura arenosa profundos a muito profundos e permeáveis. Apresentam como principais fatores restritivos a baixa fertilidade natural e a textura muito arenosa. Entretanto, com manejo apropriado podem ser melhorados, através do uso de adubos orgânicos e minerais, bem como com a incorporação de materiais argilosos. São solos com vocação natural para fruticultura. Além da mandioca, ultimamente, tem-se destacado o uso com fruticultura particularmente a cultura do cajueiro, a qual se adapta bem a solos arenosos, profundos e pobres, e ainda tolera período seco longo. Os municípios de Ibimirim e Inajá também são compostos por Neossolo Quartzarênico (RQ) em seu entorno urbano, se destacando com seu perímetro irrigado de 8.596 hectares (Tabela 2.15) e um potencial de quase 60 hectares (Tabela 4.5) para reúso agrícola.

Tabela 4.5 - Potencial de reúso agrícola dos municípios pertencentes à região do semiárido que não possuem sistema de esgotamento sanitário.

Municípios	Área Total Cultivada ⁽¹⁾ (ha)	Cenário 2		Cenário 3		Solo Região Urbana ⁽³⁾	
		Esgoto (m³/dia)	Área ⁽²⁾ (ha)	Esgoto (m³/dia)	Área ⁽²⁾ (ha)		
Agreste Central	Chã Grande	79	855	15,6	1.989	36,3	(PA)
	Agrestina	1.649	1.104	20,2	2.765	50,5	(SX/SN)
	Alagoinha	2.100	411	7,5	1.118	20,4	(TC/TX)
	Altinho	1.692	875	16,0	1.937	35,3	(SX/SN)
	Bezerros	1.815	3.201	58,4	6.902	126,0	(SX/SN)
	Brejo da Madre de Deus	2.189	2.221	40,5	6.092	111,2	(PVA)
	Cachoeirinha	2.060	901	16,4	2.391	43,6	(SX/SN)
	Camocim de São Felix	15	1.085	19,8	2.287	41,7	(LA)
	Cupira	1.993	1.378	25,2	2.982	54,4	(SX/SN) e (RR)
	Ibirajuba	2.110	200	3,6	505	9,2	(SX/SN)
	Jatúba	1.512	398	7,3	1.561	28,5	(SX/SN)
	Lagoa dos Gatos	2.310	613	11,2	1.250	22,8	(PA)
	Panelas	3.075	873	15,9	2.237	40,8	(PA)
	Pesqueira	7.390	2.707	49,4	6.129	111,9	(PVA) e (RL) ⁽⁴⁾
	Poçoão	1.239	205	3,7	952	17,4	(PA)
	Riacho das Almas	1.769	532	9,7	1.532	28,0	(SX/SN)
	Sairé	550	448	8,2	875	16,0	(PVA)
	Sanharó	2.530	861	15,7	2.377	43,4	(RL) (SX/SN)
	São Bento do Una	6.605	1.749	31,9	4.207	76,8	(SX/SN)
	São Caitano	2.038	1.650	30,1	4.074	74,4	(SX/SN) e (RR)
São Joaquim do Monte	352	1.037	18,9	2.193	40,0	(SX/SN)	
Tacaimbó	1.620	459	8,4	1.056	19,3	(SX/SN)	
TOTAL	46.692	23.763	434	57.411	1.048	-	
Agreste Meridional	Águas Belas	14.764	1.513	27,6	3.701	67,5	(RR)
	Angelim	559	367	6,7	1.009	18,4	(PVA)
	Bom Conselho	12.179	1.794	32,7	4.395	80,2	(RR)
	Brejão	1.976	185	3,4	492	9,0	(PVA)
	Buíque	28.310	1.182	21,6	3.551	64,8	(PA)
	Caetés	11.956	468	8,5	1.265	23,1	(RR)
	Caçado	6.813	239	4,4	555	10,1	(SX/SN)
	Canhotinho	2.839	930	17,0	2.029	37,0	(PVA)
	Capoeiras	7.006	399	7,3	1.007	18,4	(RR)
	Correntes	1.721	641	11,7	1.507	27,5	(PVA)
	Itaíba	13.180	625	11,4	1.323	24,1	(RR)
	Jucatí	6.759	147	2,7	439	8,0	(RR)
	Jupi	8.112	576	10,5	1.467	26,8	(RR) e (PA)
	Jurema	6.300	583	10,6	1.250	22,8	(RR)
	Lagoa do Ouro	1.394	428	7,8	987	18,0	(RR)
	Lajedo	7.800	1.762	32,2	3.862	70,5	(RR)
	Palmeirina	414	362	6,6	691	12,6	(PVA)
	Paranatama	6.965	155	2,8	375	6,8	(RR)
	Pedra	4.362	750	13,7	1.754	32,0	(RR)
	Saloá	5.579	493	9,0	1.372	25,0	(RR)
São João	16.418	647	11,8	1.612	29,4	(RR) e (PA)	
Terezinha	2.954	183	3,3	520	9,5	(PVA)	
Tupanatinga	7.700	505	9,2	1.393	25,4	(RQ) e (RL) ⁽⁴⁾	
Venturosa	4.400	619	11,3	1.656	30,2	(SX/SN)	
TOTAL	180.460	15.553	284	38.212	697	-	
Agreste Setentrional	Bom Jardim	2.384	859	15,7	2.211	40,4	(TC/TX)
	Casinhas	810	115	2,1	250	4,6	(PVA)
	Cumarú	3.350	758	13,8	1.186	21,6	(SX/SN)
	Frei Miguelinho	3.097	254	4,6	589	10,8	(SX/SN)
	João Alfredo	2.694	1.101	20,1	2.651	48,4	(SX) e (RL) ⁽⁴⁾
	Orobo	2.743	455	8,3	1.459	26,6	(TC/TX)
	Passira	4.852	801	14,6	1.968	35,9	(TC/TX)
	Salgadinho	353	200	3,7	513	9,4	(TC/TX) e (PVA)
	Santa Cruz do Capibaribe	340	5.781	105,5	15.368	280,5	(SX/SN)
	Santa Maria do Cambuca	2.100	241	4,4	576	10,5	(RR)
	Surubim	1.489	2.593	47,3	7.235	132,0	(SX/SN)
	Taquaritinga do Norte	3.928	1.140	20,8	3.229	58,9	(PVA)
	Toritama	103	2.362	43,1	6.637	121,1	(SX) e (RL) ⁽⁴⁾
Vertentes	615	1.047	19,1	2.759	50,3	(SX/SN)	
TOTAL	28.858	17.707	323	46.631	851	-	

1: Área total das culturas de algodão, banana, castanha de caju, feijão mamão, mamona, mandioca, manga, milho e goiaba no ano de 2009 segundo o IBGE (IBGE, 2010b); 2: Utiliza como referência a demanda hídrica genérica de 20.000 m³/ha.ano; 3: Ver os tipos de solo periurbano no Anexo H; 4: solo impróprio.

Tabela 4.5 - Potencial de reúso agrícola dos municípios pertencentes à região do semiárido que não possuem sistema de esgotamento sanitário. (continuação)

Municípios	Área Total Cultivada ⁽¹⁾ (ha)	Cenário 2		Cenário 3		Solo Região Urbana ⁽³⁾	
		Esgoto (m³/dia)	Área ⁽²⁾ (ha)	Esgoto (m³/dia)	Área ⁽²⁾ (ha)		
Sertão Araripe	Araripina	30.041	3.085	56,3	7.855	143,4	(PVA)
	Bodoco	13.070	898	16,4	2.176	39,7	(SX/SN)
	Exu	18.770	1.009	18,4	2.817	51,4	(PA)
	Granito	2.621	192	3,5	665	12,1	(RL) ⁽⁴⁾
	Ipubi	10.490	1.211	22,1	2.766	50,5	(PVA)
	Moreilândia	3.610	395	7,2	1.047	19,1	(PA)
	Ouricuri	25.955	2.017	36,8	4.984	91,0	(SX/SN)
	Santa Cruz	14.022	290	5,3	821	15,0	(PVA) e (RL) ⁽⁴⁾
	Santa Filomena	9.101	149	2,7	363	6,6	(PVA)
	Trindade	6.530	1.330	24,3	3.644	66,5	(PVA)
TOTAL	134.210	10.576	193	27.138	495	-	
Sertão Central	Cedro	4.893	352	6,4	984	18,0	(VG/VE/VX)
	Mirandiba	7.040	334	6,1	995	18,2	(RQ)
	Parnamirim	2.469	512	9,3	1.196	21,8	(TC/TX)
	Salgueiro	2.433	3.208	58,6	6.535	119,3	(PVA)
	São José do Belmonte	14.665	1.011	18,4	2.193	40,0	(LA)
	Serrita	6.112	327	6,0	1.111	20,3	(RR)
	Terra Nova	220	264	4,8	790	14,4	(TC/TX)
	Verdejante	2.889	151	2,8	394	7,2	(RL) ⁽⁴⁾
	TOTAL	40.721	6.159	112	14.198	259	-
Sertão Itaparica	Belém de São Francisco	2.415	842	15,4	1.650	30,1	(TC/TX)
	Floresta	3.195	1.045	19,1	3.193	58,3	(TC/TX)
	Itacuruba	765	260	4,7	530	9,7	(TC/TX)
	Petrolândia	3.070	1.545	28,2	3.557	64,9	(RQ)
	Tacaratu	4.580	572	10,4	1.456	26,6	(PVA)
TOTAL	14.025	4.264	78	10.386	190	-	
Sertão Moxotó	Betânia	8.900	192	3,5	587	10,7	(SX/SN)
	Custódia	14.680	1.451	26,5	3.588	65,5	(SX/SN)
	Ibimirim	9.730	759	13,8	2.040	37,2	(RQ)
	Inajá	1.942	422	7,7	1.221	22,3	(RQ)
	Manari	15.940	111	2,0	742	13,5	(RR)
	Sertânia	8.243	1.061	19,4	2.496	45,6	(TC/TX)
TOTAL	59.435	3.996	73	10.674	195	-	
Sertão São Francisco	Afrânio	5.055	380	6,9	1.040	19,0	(CH/CY/CX)
	Cabrobó	2.340	1.279	23,3	3.105	56,7	(TC/TX)
	Orocó	4.117	268	4,9	741	13,5	(SX/SN)
	Sta. Maria da Boa Vista	9.557	970	17,7	1.938	35,4	(TC/TX)
	TOTAL	21.069	2.897	53	6.824	125	-
Sertão do Pajeú	Afogados da Ingazeira	18.681	1.683	30,7	4.055	74,0	(SX/SN)
	Brejinho	4.761	238	4,3	586	10,7	(RL) ⁽⁴⁾
	Calumbi	1.960	144	2,6	310	5,7	(TC/TX)
	Carnaíba	12.673	482	8,8	1.109	20,2	(TC/TX)
	Flores	22.804	580	10,6	1.344	24,5	(TC/TX)
	Ingazeira	8.056	188	7,3	878	16,0	(PA) e (RL) ⁽⁴⁾
	Iguaraci	9.283	400	3,4	354	6,5	(RL) ⁽⁴⁾
	Itapetim	7.321	540	9,9	1.162	21,2	(PA)
	Quixaba	7.304	134	2,4	380	6,9	(TC/TX)
	Sta. Cruz da Baixa Verde	1.833	266	4,8	837	15,3	(CH/CY/CX)
	Santa Terezinha	5.579	374	6,8	1.007	18,4	(RR)
	São José do Egito	18.368	1.428	26,1	3.105	56,7	(TC/TX)
	Serra Talhada	18.770	3.649	66,6	9.458	172,6	(RL) ⁽⁴⁾
	Solidão	3.691	99	1,8	315	5,7	(RL) e (PVA)
	Tabira	12.236	1.144	20,9	3.062	55,9	(SX/SN) e (RL) ⁽⁴⁾
	Triunfo	3.245	454	8,3	1.202	21,9	(PA) e (RL) ⁽⁴⁾
Tuparetama	3.169	415	7,6	860	15,7	(SX/SN) e (RL) ⁽⁴⁾	
TOTAL	159.734	12.218	223	30.024	548	-	

1: Área total das culturas de algodão, banana, castanha de caju, feijão mamão, mamona, mandioca, manga, milho e goiaba no ano de 2009 segundo o IBGE (IBGE, 2010b); 2: Utiliza como referência a demanda hídrica genérica de 20.000 m³/ha.ano; 3: Ver os tipos de solo periurbano no Anexo H; 4: solo impróprio.

O município de Garanhuns se apresentou com um considerável potencial, podendo chegar a 300 hectares de área irrigável, em projetos de reúso agrícola, com a predominância, em seu entorno, do solo Latossolos Amarelos (LA), que apresenta baixa e muito baixa fertilidade natural, com restrições climáticas provocadas pela irregularidade e má distribuição das precipitações pluviais, do semiárido. Os solos são quimicamente pobres e que necessitam além da adubação a correção da acidez e a prática de irrigação para obtenção de boas colheitas. São solos profundos, de fácil manejo e mecanização (relevo plano e suave ondulado), particularmente, nos solos não coesos. Na região de Garanhuns, as culturas do café, mandioca e pastagem de capim braquiária são bastante comuns (EMBRAPA, 2002).

As RDs Agreste Central e Setentrional apresentaram predominância do solo Planossolo (Hidromórfico, Háplico e Nátrico) (SX/SN) no entorno dos núcleos urbanos. Segundo a EMBRAPA (2002) entre os diversos solos dessa classe, destacam-se, com condições que permitem algumas formas de uso agrícola, os Planossolos que apresentam espessura dos horizontes superficiais A ou (A+E) superior a 30 cm. Os solos que apresentam horizonte A pouco espesso (a maioria) são bastante susceptíveis à erosão e podem apresentar excesso d'água no período chuvoso, por restrições de drenagem no horizonte Bt, e um grande ressecamento na época seca. Deve-se considerar, também, que esses solos, em sua quase totalidade, possuem saturação por sódio trocável elevada, podendo inviabilizar o uso de esgoto. São bastante utilizados com pastagem e também são encontradas culturas de algodão, milho, feijão e mandioca.

Na RD Agreste Meridional predomina o solo Neossolo Regolítico (RR), onde o potencial de área irrigada pode chegar a 452,6 hectares (Tabela 4.5). Apresentam baixa fertilidade natural e baixa capacidade de retenção de água, são solos bastante utilizados, sobretudo para pecuária extensiva de bovinos, caprinos e ovinos. São bastante usados também, embora, quase sempre, com baixa produtividade para culturas de mandioca, caju, feijão, melancia, amendoim, milho, pinha, tomate, palma forrageira, mamona e capim elefante (EMBRAPA, 2002).

Os solos Luvisolo (TC/TX), mais comuns nos municípios pertencentes as RDs Sertão Central, Sertão de Itaparica e Sertão do Pajeú, são solos que possuem ótimas condições químicas e mineralógicas, o que revela uma elevada fertilidade e

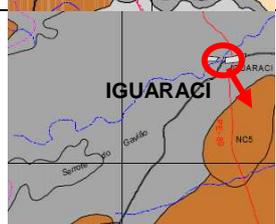
favorece a alta produtividade constatada, quando são submetidos à utilização agrícola, especialmente com uso da irrigação. Porém, apresentam evidentes restrições de propriedades físicas, basicamente por serem pouco profundos, o que acarreta, em princípio, elevada susceptibilidade à erosão. Cultivos, como de hortaliças, principalmente as culturas da cebola e do tomate, alguma cultura de subsistência, como feijão e milho e na sua maior extensão, são ocupados com pastagem natural, associada com pecuária extensiva, são comuns nesses solos (EMBRAPA, 2002).

Os municípios de Granito, Verdejante, Brejinho, Iguaraci e Serra Talhada, que juntos podem apresentar um potencial de reúso agrícola de 210 hectares, possuem em suas áreas periurbanas, solos Neossolo Litólico (RL), que são solos rasos e, em geral, apresentam restrições de uso em função do relevo movimentado, pedregosidade, rochiosidade, riscos de erosão, etc. Segundo a EMBRAPA (2002) são, portanto, considerados solos de muito baixo potencial ou inadequados para fins de uso agrícola, sendo, portanto, mais recomendados para preservação ambiental. Grande parte da área com estes solos, na região do Sertão, é utilizada com pecuária extensiva e pastagem natural. Entretanto algumas opções, para o incentivo a prática do reúso agrícola, podem ser adotadas, com mostra a Tabela 4.6.

Segundo Pompeo (2007), o transporte do efluente tratado através de caminhões-pipa pode ser uma alternativa interessante para volumes menores, ou ainda como solução a curto prazo para suprir a necessidade de água nas plantações, visto que os custos do uso de caminhões-pipa são mais onerosos do que o da adutora.

Os municípios com certa restrição de solo poderão realizar estudos pedológicos específicos nas áreas periurbanas, assim como incentivar o desenvolvimento de agricultura urbana e periurbana através de técnicas hidropônicas.

Tabela 4.6 - Alternativa para os municípios com restrição de solo para possíveis projetos de reúso agrícola.

RD	Município	Alternativa	
SAR	Granito	Transporte do efluente tratado para áreas com solo mais apropriado (Argissolo Vermelho-Amarelo - PVA a 5,81km);	
SCE	Verdejante	Transporte do efluente tratado para áreas com solo mais apropriado (Latosolos Amarelos – LA a 1,51 km);	
SPA	Brejinho	Transporte do efluente tratado para áreas com solo mais apropriado (Cambissolos - CH/CY/CX a 0,69 km);	
	Iguaraci	Transporte do efluente tratado para áreas com solo mais apropriado (Luvissole Crômicos - TC a 1,16 km);	
	Serra Talhada	Transporte do efluente tratado para áreas com solo mais apropriado (Planossolos Háplicos - SX a 1,16 km);	

4.1.1 Estudo de caso 1: Município de Petrolina

Os principais parâmetros avaliados, considerando o monitoramento das estações de tratamento da COMPESA no município de Petrolina, encontram-se apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Concentrações dos parâmetros monitorados dos efluentes das ETEs de Petrolina.

ETE		Condutividade (dS/m)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Clorofila "a" (µg/L)	Coli. Termotolerantes	
									(CTer/100mL)	Remoção (log ₁₀)
Lot. Recife	N. dados	3	25	25	22	25	25	22	25	3
	Méd.	0,67	559	65	662	9	7	1,36	4,93E+04	
	Mín.	0,38	100	21	350	6,67	4,17	0,33	1,80E+02	
	Máx.	0,92	1310	166	890	11,16	10,93	2,10	6,00E+05	
	C. V.	0,412	0,567	0,495	0,181	0,150	0,167	0,338	2,382	
Manoel dos Arroz	N. dados	3	25	25	25	25	25	25	25	2
	Méd.	0,58	304	40	444	9,71	4,76	0,91	1,77E+04	
	Mín.	0,36	30	7	188	2,37	0,77	0,00	1,00E+01	
	Máx.	0,82	1786	80	882	34,98	7,4	2,54	6,40E+04	
	C. V.	0,396	1,207	0,457	0,378	0,861	0,381	0,745	0,908	
Ouro Preto	N. dados	3	23	23	23	23	23	23	23	3
	Méd.	0,96	453	65	680	8,26	6,51	1,17	3,62E+04	
	Mín.	0,86	82	33	395	5,77	4,56	0,51	2,00E+03	
	Máx.	1,11	1310	178	893	12,94	7,92	3,06	2,90E+05	
	C. V.	0,135	0,604	0,504	0,144	0,241	0,171	0,460	1,744	
COHAB IV	N. dados	3	25	25	25	25	25	25	25	2
	Méd.	0,92	464	80	637	8,39	6,76	1,25	9,26E+04	
	Mín.	0,71	104	11	386	3,23	4,58	0,29	5,00E+02	
	Máx.	1,13	985	362	844	18,96	9,15	3,47	3,50E+05	
	C. V.	0,23	0,497	0,861	0,160	0,451	0,157	0,563	1,161	
COHAB VI	N. dados	3	24	24	24	24	24	24	24	2
	Méd.	0,79	485	57	579	9	7	1,582	1,14E+04	
	Mín.	0,76	50	10	400	5	2,37	0,480	1,00E+03	
	Máx.	0,82	985	102	767	16,5	8,73	9,84	4,50E+04	
	C. V.	0,04	0,477	0,422	0,145	0,233	0,208	1,149	0,959	
João de Deus	N. dados	3	24	24	24	24	24	24	24	2
	Méd.	0,64	578	55	631	8,18	6,22	1,31	1,41E+04	
	Mín.	0,05	255	11	530	0,88	3,95	0,17	1,00E+03	
	Máx.	1,12	1220	141	783	14,40	7,55	2,60	6,00E+04	
	C. V.	0,851	0,431	0,628	0,106	0,335	0,177	0,433	1,139	
Porto Fluvial	N. dados	3	24	24	24	24	24	24	24	2
	Méd.	1,07	491	114	622	8,98	6,88	1,37	7,85E+04	
	Mín.	0,77	140	14	485	6,00	2,49	0,25	3,00E+03	
	Máx.	1,66	952	293	733	13,22	10,10	3,04	3,36E+05	
	C. V.	0,485	0,441	0,650	0,104	0,192	0,238	0,498	1,143	
Rio Corrente	N. dados	2	16	16	16	16	16	16	16	4
	Méd.	0,59	470	74	654	8,44	2,24	1,78	5,45E+03	
	Mín.	0,45	219	9	449	0,02	0,20	0,01	3,00E+02	
	Máx.	0,74	744	154	850	14,83	7,44	4,40	4,00E+04	
	C. V.	0,343	0,383	0,627	0,172	0,348	0,881	0,609	1,889	
Vila Marcela	N. dados	2	23	23	23	23	23	23	23	2
	Méd.	0,62	487	85	611	9,18	7,07	1,57	6,36E+04	
	Mín.	0,49	104	17	406	5,08	2,52	0,10	1,00E+02	
	Máx.	0,75	938	160	829	13,80	10,62	4,48	1,30E+06	
	C. V.	0,301	0,427	0,455	0,177	0,205	0,224	0,659	4,239	
Izacolândia	N. dados	-	15	15	15	15	15	15	15	2
	Méd.	-	670	67	1088	8,20	2,24	2,54	2,21E+04	
	Mín.	-	238	24,5	502	5,28	0,08	0	1,00E+03	
	Máx.	-	1778	170	2790	14,43	5,37	5,96	2,00E+05	
	C. V.	-	0,691	0,639	0,633	0,307	0,808	0,730	2,259	

Fonte: COMPESA. 2010b

Para a Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005, os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGREH, dentre eles; a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE), a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH) e os Comitês de Bacias Hidrográficas, no âmbito de suas respectivas competências, deverão avaliar os efeitos sobre os corpos hídricos decorrentes da prática do reúso, devendo estabelecer instrumentos regulatórios e de incentivo para as diversas modalidades de reúso. Segundo Resolução CNRH nº 121, de 16 de dezembro de 2010, que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, o produtor da água de reúso é responsável pelas informações constantes de sua caracterização e monitoramento. Essa mesma Resolução define que a aplicação de água de reúso poderá ser condicionada, pelo órgão ou entidade competente, à elaboração de projeto que atenda os critérios e procedimentos por esses estabelecidos.

Na ausência de diretrizes, no âmbito nacional e estadual, foi possível avaliar os valores médios dos parâmetros monitorados pela COMPESA, dos sistemas de tratamento de esgoto de Petrolina, onde, em consideração às diretrizes da United States Environmental Protection Agency - USEPA, para irrigação agrícola de esgotos sanitários, os efluentes das ETEs de Petrolina apresentaram restrição ao uso em termos das concentrações mínimas de DBO e Coliformes Termotolerantes. É importante destacar que as referidas diretrizes consideram a aplicação de desinfecção através de cloração (USEPA, 2004), prática que é vista com ressalva no estado de Pernambuco, devido às grandes chances de formação de Trihalometanos (THM's), que são subprodutos provenientes da reação de compostos orgânicos com o cloro livre e possuem propriedades cancerígenas, tendo em vista que a eficiência de remoção de matéria orgânica, nas ETEs em operação geralmente é muito baixa.

Para as diretrizes da OMS, as ETEs Rio Corrente, Loteamento Recife e Ouro Preto apresentaram valores médios de remoção de patógenos na ordem de 4, 3 e 3 \log_{10} respectivamente, aproximando da categoria de irrigação irrestrita, onde a situação é mais desfavorável com cultivo de culturas comestíveis cruas e mais suscetíveis à contaminação devido ao contato com o solo. O mesmo ocorre para irrigação restrita, onde as culturas não são consumidas cruas, empregando ou não agricultura de alto nível tecnológico. Entretanto, as demais ETEs (Manoel dos Arroz,

COHAB IV, COHB VI, João de Deus, Porto Fluvial, Vila Marcela, Izacolândia) podem se enquadrar na mesma categoria, considerando a irrigação localizada de plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo e utilizando técnicas de irrigação com elevado potencial de minimização de exposição (irrigação subsuperficial) (WHO, 2006).

Em relação aos critérios sugeridos pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB, a ETE Rio Corrente apresentou valor médio de Coliformes Termotolerantes no efluente, ligeiramente superior ao especificado pelo PROSAB ($\leq 1 \times 10^3$ ou $\leq 1 \times 10^4$), para irrigação irrestrita, contudo o mesmo efluente poderá ser enquadrado, caso a irrigação seja por gotejamento de culturas que se desenvolvem distantes do nível do solo ou através de técnicas hidropônicas em que o contato com a parte comestível da planta seja minimizado. As demais ETEs apresentaram relação para irrigação restrita ($\leq 1 \times 10^4$ ou $\leq 1 \times 10^5$), sobretudo com a adoção de barreiras adicionais de proteção ao trabalhador, associado à irrigação subsuperficial (BASTOS e BEVILACQUA, 2006).

Em relação ao grau de restrição de uso para problema potencial de salinidade, as ETEs Ouro Preto, COHAB IV, COHAB VI e Porto Fluvial apresentaram, segundo Ayers e Westcot (1999), valores médios de condutividade elétrica respectivamente de 0,96, 0,92, 0,79 e 1,07 dS/m, dentro da faixa de ligeira a moderada restrição (07-3,0 dS/m). Entretanto, em dois anos de monitoramento a COMPESA somente realizou três análises desse parâmetro, necessitando, portanto, de um acompanhamento constante, com vista ao reúso agrícola.

Segundo a Norma Técnica CPRH Nº 2.002 de 21/02/00, que estabelece critérios e padrões de lançamento com objetivo de reduzir a carga orgânica lançada nos recursos hídricos do Estado de Pernambuco, carga orgânica entre 6 e 50 kgDBO/dia exige uma eficiência mínima de remoção de 80%, acima de 50 kgDBO/dia a eficiência deverá ser 90%, sendo assim, apenas as ETEs Manoel dos Arroz e Vila Marcela se enquadram na referida norma estadual (CPRH, 2000). O total de carga orgânica lançada foi em torno 1.100 kgDBO/dia, caso as ETEs não enquadradas atendessem aos respectivos índices de eficiência do padrão estadual, haveria uma redução de aproximadamente 140 kgDBO/dia do lançamento total.

A Tabela 4.8 apresenta os valores médios de carga orgânica do efluente produzido nas ETEs de Petrolina, assim com a eficiência de remoção média de DBO.

Tabela 4.8 - Valores médios de carga orgânica e eficiência de remoção de DBO das ETEs de Petrolina.

ETE	kgDBO/dia ⁽¹⁾	Efic. DBO ⁽²⁾ (%)
Loteamento Recife	136,69	82,0
Manoel dos Arroz	81,46	90,5
Ouro Preto	67,67	78,8
COHAB IV	292,31	77,10
COHAB VI	40,73	79,20
João de Deus	176,87	85,4
Porto Fluvial	167,15	70,8
Rio Corrente	50,64	79,6
Vila Marcela	19,98	83,2
Izacolândia	67,15	81,6

1: Carga diária de DBO segundo a Compesa. 2: Eficiência média de remoção de DBO.

Em termos de número máximo de Coliformes Termotolerantes, para descarga em corpos receptores do Estado, de acordo com a Norma Técnica N° 2.007, que limita em 1E+05 CTer/100mL, todas as ETEs avaliadas apresentaram valores médios, do referido parâmetro, em conformidade com critério supracitado (CPRH, 2001).

Em relação às condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, preconizados pela Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011, que complementa e altera a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, foi verificado que os dez sistemas de tratamento de esgoto de Petrolina, atendem ao padrão máximo, em termos de DBO (120 mg/L), para lançamento em corpos receptores.

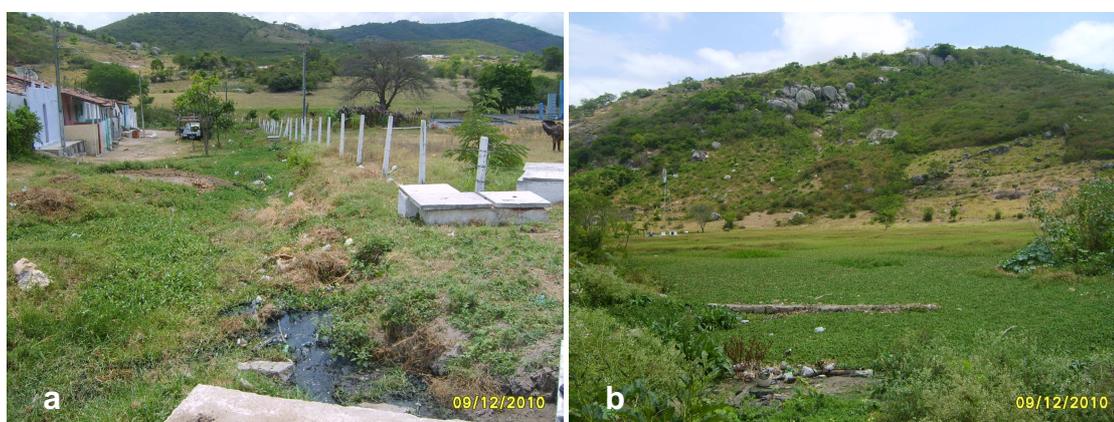
4.1.2 Estudo de Caso 2: Município de Pesqueira

Para o distrito de Mutuca, em Pesqueira, foi estimada uma produção diária de esgoto de aproximadamente 15,8 m³, considerando uma população de 300 habitantes, consumo per capita de água de 75,15 L/hab.dia e coeficiente de retorno de referência 70%, que passam pelo sistema de tratamento existente, antes de ser disposto no corpo receptor, açude de Mutuca. A ETE local estava inoperante

(dezembro de 2010) e o esgoto bruto estava sendo encaminhado direto para o açude, podendo contribuir com aproximadamente 300 kgP/hab.ano (VON SPERLING, 2005), o que acarreta na aceleração do processo de eutrofização desse corpo hídrico, como mostram as fotos da Figura 4.6.

O potencial relativo ao reúso agrícola do sistema de esgotamento e tratamento de esgoto se encontra estimado na Tabela 4.9.

Figura 4.6 - Esgoto bruto desviado para o açude de Mutuca (a); açude de Mutuca tomado por vegetação aquática (b).



Fonte: Autor.

Tabela 4.9 - Potencial de reúso agrícola do distrito de Mutuca, utilizando as culturas do milho, feijão e algodão como referência.

PESQUEIRA Distrito de Mutuca	Esgoto ⁽¹⁾ (m ³ /dia)	Cultivo Irrigado Milho		Cultivo Irrigado Feijão		Cultivo Irrigado Algodão	
		Área Estimada (ha)	Prod. ⁽²⁾ Estimada (kg)	Área Estimada (ha)	Prod. ⁽³⁾ Estimada (kg)	Área Estimada (ha)	Prod. ⁽⁴⁾ Estimada (kg)
Cenário 01	15,78	0,32	2.374	0,36	410	0,34	918
Cenário 02	133,30	2,67	19.811	3,03	3.451	2,85	7.695

Cenário 01: esgoto produzido pela população urbana atendida do distrito; Cenário 02: esgoto produzido pela população urbana total do distrito; 1: Estimativa em relação a população atendida com esgotamento sanitário. 2: Produção por ciclo, considerando produtividade encontrada por Reami (2008). 3: Produção por ciclo, considerando produtividade encontrada por Silva (2007). 4: Produção por ciclo, considerando produtividade encontrada por Miranda (2010).

Todo sistema de reúso agrícola implantado em Mutuca possui área útil de 0,36 hectares, sendo, portanto, compatível com os volumes de esgoto produzido pela população atendida pelo sistema de esgotamento sanitário, podendo produzir, em condições sanitárias adequadas do efluente da ETE, respectivamente 2.374 kg, 410 kg e 918 kg de milho, feijão e algodão. Entretanto, quando houver ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgoto, deverá ser incrementada uma área de

2,67 hectares, podendo produzir até 19.811 kg de milho, 3.451 kg de feijão e 7.695 kg de algodão.

Segundo a Secretaria Municipal de Agricultura de Pesca e a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA, toda região do distrito de Mutuca produziu no ano de 2010, 3.120 kg de milho e 4.700 kg de feijão, onde, em termos de potencial de reúso agrícola local, poderia considerar um acréscimo de produção de milho superior a 76% e de feijão em torno de 10%, tendo em vista apenas um ciclo de cultivo, assim como incentivar a produção de algodão na região, já que não há registro de seu cultivo.

Segundo a EMBRAPA (2010), a produtividade média de milho em condições de sequeiro no Brasil é de 3.175 kg ha⁻¹. Nascimento et al. (2003), estudando 12 cultivares de milho (híbridos e variedades), encontraram valores de produtividade variando de 4.215 a 4.938 kg ha⁻¹.

A produtividade de milho irrigado em Pernambuco, segundo o IPA, registrou valores na ordem de 3.600kg ha⁻¹ (PERNAMBUCO, 2008b), já Reami (2008), considerando a irrigação com esgoto doméstico tratado, encontrou uma produtividade de 7.420 kg ha⁻¹.

Para a produção de feijão, segundo a EMBRAPA (2003), destaca o feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) como uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média), apresentando todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média) e não conter colesterol, representando um alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro, que possui produtividade, em cultivo de sequeiro, de 303,5 kg ha⁻¹.

Santos et al. (2007), encontraram valor de produtividade máxima de 1.321 kg ha⁻¹, utilizando biofertilizante líquido aplicado nas folhas das plantas. De acordo com Silva (2007), a irrigação com esgoto doméstico tratado pode levar a uma produtividade de feijão-caupi de 1.138,80 kg ha⁻¹.

Em relação à cultura do algodão herbáceo, sua produtividade em sequeiro é em torno 844,5 kg ha⁻¹ de algodão em caroço (EMBRAPA, 2006a). Segundo EMBRAPA (2004), em estudo da variedade BRS Safira, em condições de sequeiro,

a produtividade média foi de 1.915 kg ha⁻¹; quando em condições irrigadas, a mesma variedade pode obter rendimento superior a 3.500 kg ha⁻¹.

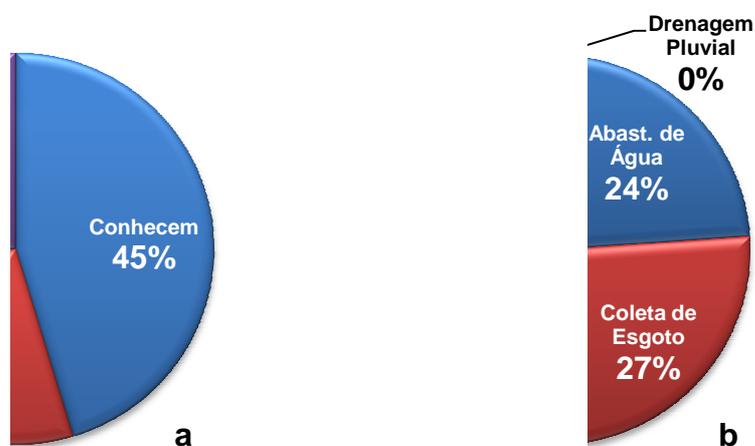
A produtividade de algodão irrigado em Pernambuco, segundo o IPA, as cultivares recomendadas (CNPA 7 H, CNPA 8 H e CNPA Precoce 2) têm um potencial genético para produzir acima de 3.000 kg ha⁻¹ de algodão em caroço (PERNAMBUCO, 2008a). Para Ferreira et al., (2005), a produtividade do algodão herbáceo irrigado com esgoto tratado, é de 3.000 kg ha⁻¹. Já Miranda (2010), avaliando a variação de lâminas de irrigação com o esgoto tratado de Mutuca, encontrou uma produtividade máxima de 2.700 kg ha⁻¹.

É importante destacar que a condução de qualquer cultivo com água residuária em Mutuca, deverá adotar um monitoramento efetivo e contínuo dos efluentes gerados em sua ETE, com vistas ao atendimento, de no mínimo, as diretrizes sugeridas pelo PROSAB e em consideração a Resolução CONAMA Nº 430, assim como a Resolução CNRH Nº 121.

4.1.2.1 Conhecimento sobre o Reúso

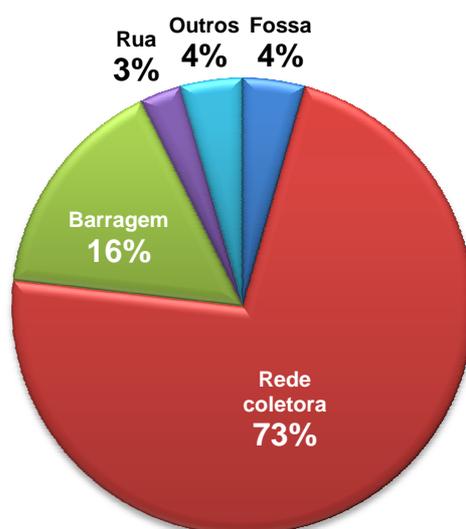
Para avaliar o conhecimento da população atendida por rede coletora de Mutuca, foi aplicado um questionário para 75 famílias atendidas por rede coletora, abordando temas sobre saneamento básico e reúso de água. O perfil da amostragem contou com 81% dos entrevistados do sexo feminino, a maioria com idades entre 31 e 50 anos, em relação à renda familiar, 62% possuem renda de até um salário mínimo e 39% não completaram se quer o ensino fundamental. Quando perguntados se conhecem ou já ouviram falar em saneamento básico, 55% demonstram desconhecimento total ao tema em questão, embora todos entrevistados disseram ter acesso a pelo menos um dos serviços relacionados ao saneamento básico, como limpeza pública, abastecimento de água, coleta de lixo e de esgoto (Figura 4.7).

Figura 4.7 - Conhecimento dos entrevistados em relação ao saneamento básico (a); e ao acesso dos serviços relacionados (b).



A maioria dos entrevistados demonstrou conhecimento a respeito do destino dos esgotos produzidos (72%), dos quais 73 % apontaram apenas a rede coletora como principal destino; os 4% destinados a outros, foram respostas atribuídas ao não conhecimento, como mostra o gráfico da Figura 4.8.

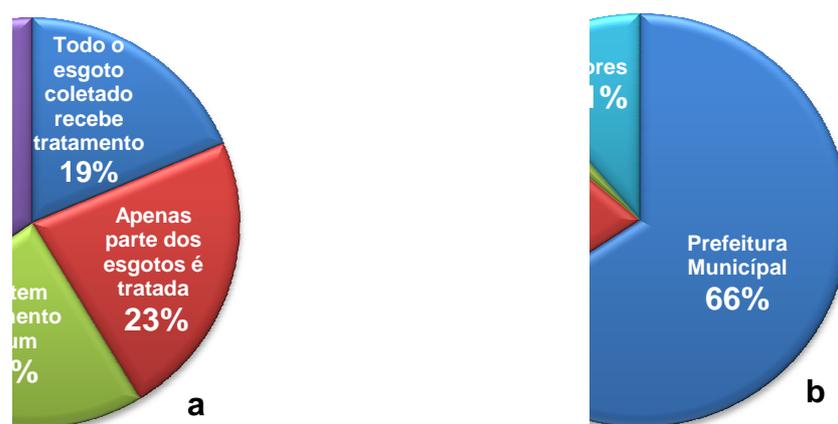
Figura 4.8 - Conhecimento dos entrevistados em relação ao destino do esgoto.



Alguns projetos de reúso agrícola vêm sendo desenvolvidos desde 2007, com parceria entre a UFPE, UFRPE e SRHE, porém 58% dos entrevistados desconhecem o funcionamento da ETE – Mutuca; e 66% atribuíram à

responsabilidade da gestão do sistema a Prefeitura de Pesqueira (Figura 4.9). Ainda, 96% afirmaram que era de grande importância a coleta do esgoto e todos acreditam que a coleta e o tratamento adequado dos esgotos de uma comunidade podem ter grandes implicações na melhoria da saúde da população.

Figura 4.9 - Conhecimento dos entrevistados em relação ao tratamento do esgoto (a); e responsabilidade pelo serviço (b).



Para os aspectos relacionados ao reúso agrícola, 92% não praticam agricultura irrigada, apenas de sequeiro, situação muito comum, sobretudo em toda área em estudo. Em relação ao tema reúso, 91% não sabem o que é reúso de água, entretanto 96% acreditam que o esgoto, quando tratado, pode ser utilizado para irrigação e 71% se mostraram favoráveis a essa prática, mas, 53% não comprariam produtos oriundos de áreas de cultivo irrigados com esgoto tratado. A principal preocupação para a não aceitação foi o aspecto sanitário associado aos riscos potenciais de transmissão de doenças (Figura 4.10). Segundo Trentin (2009), em pesquisa realizada com a população residente em áreas próximas de ETE's, na periferia de Curitiba-PR, foi identificado que 74,3% dos entrevistados são favoráveis ao uso de água residuária. O mesmo autor verificou que 71,3% comprariam produtos irrigados com água residuária.

Quando a população foi questionada sobre a segurança em consumir os produtos provenientes de reúso agrícola, caso o tratamento do esgoto apresentasse boa eficiência, possibilitando qualidade sanitária satisfatória, para sua utilização na irrigação agrícola, 83 % dos entrevistados se mostraram favoráveis ao consumo desses produtos.

Figura 4.10 - Opinião dos entrevistados em relação ao não consumo de produtos provenientes de reúso agrícola.



4.1.3 Estudo de Caso 3: Município de Salgueiro

O município de Salgueiro apresentou um importante potencial produtivo na RD Sertão Central, tendo em vista a sua considerável produção de esgoto e o interesse, por parte dos governos Municipal e Estadual, para a implantação de um projeto sustentável de reúso agrícola. A Tabela 4.10 apresenta o potencial de reúso agrícola, considerando as culturas do milho, algodão e manga, culturas essas, já praticadas no município.

Tabela 4.10 - Potencial de reúso agrícola no município de Salgueiro.

SALGUEIRO	Esgoto (m ³ /dia)	Cultivo Irrigado Milho		Cultivo Irrigado Algodão		Cultivo Irrigado Manga	
		Área Estimada (ha)	Prod. ⁽¹⁾ Estimada (t)	Área Estimada (ha)	Prod. ⁽²⁾ Estimada (t)	Área Estimada (ha)	Prod. ⁽³⁾ Estimada (t)
Cenário 01	3.208	64	476	69	185	85	2.115
Cenário 02	6.466	129	959	138	374	170	4.262

Cenário 01: esgoto produzido pela população urbana de referência do ano de 2010, considerando a contribuição de esgoto per capita 90 L/hab.dia, especificada no projeto da ETE; Cenário 02: esgoto produzido pela população urbana final de projeto para o ano de 2025, considerando a contribuição de esgoto per capita 90 L/hab.dia, especificada no projeto da ETE 1: Produção por ciclo, considerando produtividade encontrada por Reami (2008). 2: Produção por ciclo, considerando produtividade encontrada por Miranda (2010). 3: Produtividade encontrada pela EMBRAPA (2004).

Segundo o IBGE, em 2009 o município de Salgueiro produziu 880 toneladas de milho, 20 toneladas de algodão e 75 toneladas de manga, representando 7% (12.765 toneladas), 42% (47 toneladas) e 7% (1.059 toneladas) das respectivas produções na RD Sertão Central.

Para a cultura do milho o potencial produtivo, no cenário 01, representou 54% da produção local, no ano de 2009, e superando em quase 10% a produção local para as condições do cenário 02.

O potencial de produção de algodão, no cenário 01, representou quase 10 vezes a produção no município, segundo os dados do IBGE, e aproximadamente o dobro quando comparado os dois cenários. A produção representada pelo cenário 01 demonstrou um importante potencial, tendo em vista que a RD Sertão Central, produziu apenas 47 toneladas de algodão e representou aproximadamente 10% do algodão produzido em todo semiárido (1.837 toneladas) no ano de 2009.

Em relação ao potencial de produção de manga, segundo a EMBRAPA (2004), sua produtividade plena é alcançada a partir do sexto ano e está em torno de 25 t.ha⁻¹, entretanto a partir do quarto e quinto já se registram produtividades significativas com respectivamente 15 e 20 t.ha⁻¹. Para Caldas (2009), a produtividade máxima estimada de manga da variedade Tommy Atkins, é de 14,14 t.ha⁻¹ com aplicação de doses de nitrogênio de 174,59 g/planta.

Segundo Von Sperling (1995), Pessoa & Jordão (1982), Metcalf & Eddy (1991) a produção per capita de Nitrogênio Total pode ser de até 112 g/hab.dia, considerando a população urbana de Salgueiro, o número de plantas por hectare (250 plantas), especificado pela EMBRAPA (2004), e a dose de Nitrogênio Total atribuída por Caldas (2009), o potencial de reúso para o cultivo de manga seria em torno de 117 hectares com uma produção de aproximadamente 1.654 toneladas de manga na referida área.

Para a avaliação dos efluentes produzidos na ETE de Salgueiro, segundo os parâmetros de projeto especificados na Tabela 3.3 do capítulo 03, o sistema de tratamento de esgoto de Salgueiro, que é composto por um reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB), filtro biológico, decantador secundário e leito de secagem, apresentou uma carga de DBO estimada de aproximadamente 718 kgDBO.dia⁻¹, DBO efluente em torno de 20 mg/L e eficiência global de 93%. Em termos de padrões de lançamento de efluentes em corpos receptores, a ETE se encontra em conformidade com o que preconiza a Norma Técnica CPRH Nº 2.002, para carga acima de 50 kgDBO.dia⁻¹, onde o sistema deverá ter eficiência mínima de 90% e concentração de DBO máxima permitida de 30 mg/L, atendendo também a Resolução CONAMA Nº 430.

Em relação ao aspecto microbiológico, a referida ETE apresenta reduzida eficiência para remoção de Coliformes Termotolerantes, apresentando uma concentração efluente de $3,31 \times 10^6$ CTer/100mL e eficiência média de remoção de 90%. Para o enquadramento a Norma Técnica CPRH N° 2.007, seria necessário uma eficiência mínima de 99,99% e uma concentração efluente de 5×10^3 CTer/100mL. Para a aplicação desse efluente em irrigação de culturas, considerando as diretrizes da OMS (WHO, 2006a), somente seria possível, para técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos, se associada ao emprego de técnicas de irrigação com elevado potencial de minimização de exposição (irrigação subsuperficial).

Com a adoção de desinfecção, através de lagoas de polimento, técnica eficiente e bastante apropriada para a região, segundo Chernicharo (2006), considerando o clima favorável e o baixo nível tecnológico para sua operação, a qualidade do efluente com valores na ordem de 1×10^3 CTer/100mL, para Coliformes Termotolerantes, e inferiores a 1 ovo/L, para Ovos de Helmintos, que atenderia as diretrizes da OMS e do PROSAB (BASTOS e BEVILACQUA, 2006), para irrigação irrestrita.

Segundo Von Sperling et al. (2003), as lagoas de maturação devem, e podem, atingir elevadíssimas eficiências na remoção de coliformes ($E > 99,9$ ou 99,99%), como indicadores da remoção correspondente de bactérias e vírus, sendo, portanto, cumpridos padrões ou recomendações usuais para utilização direta do efluente para irrigação, ou para a manutenção de diversos usos no corpo receptor.

Para a irrigação irrestrita, utilizando o efluente da ETE de Salgueiro, seria necessária a adoção de quatro lagoas de polimento em série, apresentando cada lagoa as seguintes dimensões: largura igual a 46 m, comprimento igual 186 m e profundidade de 0,8 m, com o tempo de detenção hidráulico total de 12 dias. O sistema representaria uma área total, acrescido de 25% para vias de acesso, de aproximadamente 4,32 hectares (VON SPERLING et al., 2003). A Tabela 4.11 apresenta um resumo do dimensionamento do sistema de desinfecção proposto.

Tabela 4.11 - Resumo do dimensionamento do sistema de desinfecção proposto.

DETERMINAÇÕES	EXPRESSÃO	VALORES
Tempo de Detenção Hidráulica por Lagoa (t)	<i>Adotado</i>	3 dias
Número de Lagoas (n)	<i>Adotado</i>	4 -
Vazão (Q)	<i>Projeto</i>	2.302 m ³ /dia
Profundidade Útil (H)	<i>Adotado</i>	0,8 m
Volume por Lagoa (v)	$v = t \times Q$	6.906 m ³
Volume Total (V)	$V = v \times n$	27.624 m ³
Área Superficial por Lagoa (a)	$a = v/H$	8.632 m ²
Área Superficial Total (A)	$A = a \times n$	34.530 m ²
Relação L/B (r)	<i>Adotado</i>	4 -
Largura (L)	$L = \sqrt{a/r}$	46 m
Comprimento (B)	$B = a/L$	186 m
Fator Adicional de Área (f)	<i>Adotado</i>	25 %
Área Requerida Total (At)	$At = A \times 1,25$	43.163 m ²

4.1.3.1 Avaliação de Custos para o Reúso

Com a implantação do sistema de esgotamento sanitário e estação de tratamento de esgoto, o município de Salgueiro poderá ter um projeto de reúso agrícola, abrangendo o esgoto produzido em toda sua área urbana, pioneiro em todo Estado. Com vistas à compreensão das proporções financeiras empregadas em um projeto de reúso agrícola, foram quantificados os principais custos envolvidos, desde a implantação da rede coletora, até o sistema de drenagem da área irrigada que estão apresentados na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Estimativa dos custos envolvidos em um projeto de esgotamento sanitário e reúso agrícola.

SERVIÇOS		VALOR (R\$)	%	R\$/hab.	
A	01	Instalação e Manutenção do Canteiro de Obras	119.688,96	0,35	2,62
	02	Rede Coletora	19.938.756,85	58,54	436,12
	03	Estação Elevatória	1.049.258,27	3,08	22,95
	04	Ligações Domiciliares	5.447.221,08	15,99	119,15
TOTAL		26.554.925,16	77,96	580,84	
B	05	ETE	1.494.990,06	4,39	32,70
	06	Emissário de Recalque Final	50.713,54	0,15	1,11
TOTAL		1.545.703,60	4,54	33,81	
C	07	Estação Elevatória para Reúso e Adutora	1.861.483,75	5,47	40,72
	08	Sistema de Pós-tratamento	1.234.889,07	3,63	27,01
	09	Aquisição de Área	1.278.200,00	3,75	27,96
	10	Levantamentos, Estudos e Proj. Executivo de Reúso Agrícola	402.255,55	1,18	8,80
	11	Sistema de Irrigação e Drenagem	1.184.400,00	3,48	25,91
TOTAL		5.961.228,37	17,50	130,39	
TOTAL GERAL		34.061.857,13	100	745,04	

A, B: Valores quantificados no projeto de esgotamento sanitário de Salgueiro segundo COMPESA (2008; 2011); C: Composição de valores segundo COMPESA (2011), SINAPI (05/2011), BRASIL (2011), PERNAMBUCO (2010a; 2011c) e GHEYI et al. (2010).

O custo da rede coletora de Salgueiro representou, sem considerar a estação elevatória, 74,88% de todo valor investido com o projeto de reúso, assim como a ETE com pós-tratamento representou cerca de 8%, percentuais esses, próximos dos mencionados por Alem Sobrinho e Tsutiya (2000), que destacaram o maior custo de sistemas de esgotamento e tratamento de esgoto, a implantação de rede coletoras, consumindo cerca de 75% do total investido, cabendo a estação de tratamento cerca de 14%.

Em termos de custo per capita para o tratamento de esgoto, em Salgueiro cada habitante representaria R\$ 59,71, considerando a ETE (UASB, filtro biológico, decantador secundário) e pós-tratamento com quatro lagoas de polimento e série. Para Nascimento e Ferreira (2007), em estudo comparativo de custo e avaliação de eficiência, encontraram um valor per capita de R\$ 43,31 para implantar um sistema de tratamento composto de reator UASB seguido de uma lagoa facultativa e uma de maturação. Segundo Von Sperling et al. (2003), um sistema de tratamento de esgoto, através de reator UASB seguido de uma lagoa de maturação, apresentando boa compatibilidade para aplicações na prática do reúso agrícola, possui uma faixa de custo de implantação entre R\$ 40 e R\$ 70 por habitante. Portanto, o sistema proposto para tratar os esgotos de Salgueiro, se mostra dentro do contexto técnico-financeiro do que é praticado no Brasil.

Para a situação estuda o custo para a implantação do projeto de reúso foi estimado na ordem de R\$ 130,00 por habitante, representando 17,5% do total gasto. Municípios que já possuem sistema de tratamento de esgoto, na implantação de projeto de reúso agrícola, disponibilizariam pouco mais de R\$ 60,00 por pessoa atendida, representando menos de 10% de uma obra completa de esgotamento e tratamento de esgoto e reúso. O custo ambiental, considerando a redução da poluição dos corpos receptores, e o custo social, com a geração de renda com o projeto de reúso, não foram contabilizados.

Os municípios que possuem sistema de tratamento de esgoto (Arcoverde, Caruaru, Carnaubeira da Penha, Garanhuns, Iati, Jatobá, Petrolina e Vertente do Lério) precisariam condicionar suas ETEs, com vistas à ampliação ao atendimento do serviço de coleta, observando a Resolução CONAMA Nº 430, onde os valores per capita de referência, dependerão do conjunto de ações previstas para cada caso. Os 79 municípios onde não possuíam ações previstas para a implantação de

rede coletora e ETE podem prever recursos na ordem de R\$ 745,00 por pessoa atendida, para compor a ação de saneamento associada ao reúso agrícola.

Os principais sistemas de tratamento de esgoto abordados no Item 2.3 do capítulo 2, através de lagoas (Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação), Leito de Macrófitas (wetlands) e reator anaeróbio (Reator UASB + Lagoa de Polimento), podem ser utilizados em projetos de reúso agrícola na região estudada (CHERNICHARO, 2006; RELVÃO, 1999).

Os investimentos em questão devem atender a requisitos técnicos, ambientais, sociais e econômicos, de forma a se trabalhar o conceito de preservação e conservação do meio ambiente, dos recursos hídricos e particularmente o desenvolvimento sustentável, refletindo diretamente no planejamento das ações de saneamento.

4.2 DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DE PROJETOS DE REÚSO

A gestão deve ser implantada como um processo de melhoria contínua, segundo uma visão de desenvolvimento sustentável. Todo processo deve contar com a integração participativa entre as Prefeituras, a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE-PE), a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) e a Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária (SARA-PE). A proposta para o desenvolvimento de sistemas de reúso possui a seguinte sistemática:

- promover a educação ambiental, levando em consideração a aceitação dos produtos pela população, combatendo algum preconceito que venha a existir, tornando o reúso conhecido pela população, mostrando seus benefícios e sua importância;
- realizar diagnósticos técnicos e ambientais, que são fundamentais para o conhecimento das áreas mais próximas possíveis das ETEs, com solos aptos para a agricultura;
- criar um sistema de informações;
- promover mobilização social;
- apoiar e controlar o gerenciamento do sistema;
- criar um sistema de monitoramento, operacionalização e manutenção dos sistemas;

- beneficiar famílias de baixa renda, dando a oportunidade de produzir seu próprio sustento;
- capacitar técnicos, para gerenciarem os sistemas de reúso.

As principais atividades envolvidas na implantação do projeto de reúso devem apresentar um plano de ação, objetivando a identificação dos envolvidos e o ordenamento de suas etapas. A Tabela 4.13 apresenta a proposta de plano de ações necessárias ao bom desenvolvimento de projetos de reúso.

Tabela 4.13 - Plano de ação para projetos de reúso agrícola.

Plano de Ação para Projetos de Reúso Agrícola			
Etapas	Proponente	Ações Propostas	Resultados Esperados
Proposta de Projeto de Reúso Agrícola	Prefeituras em parceria com SRHE, Compesa e SARA.	Identificação das vazões diárias, áreas e tipos de solos disponíveis e culturas que deverão ser empregadas.	Projeto Definido
Licenciamento	CPRH	Termo de Referência para estudos necessários (EIA/RIMA, Estudo Ambiental Simplificado - EAS); Diretrizes para reúso; Plano de controle Ambiental - PCA.	Licença Prévia - LP, Licença de Instalação - LI e Licença de Operação - LO.
Audiência Pública	Prefeituras em parceria com a SRHE.	Diretamente com a comunidade beneficiada: possíveis agricultores para o projeto e consumidores potenciais.	Aceitação dos atores envolvidos na proposta.
Implantação do Projeto de Reúso Agrícola	Prefeituras em parceria com SRHE, Compesa e SARA.	Levantamentos, Estudos e Projeto Executivo incluindo aquisição de área, sistema de irrigação e drenagem.	Projeto Implantado.
Monitoramento	Prefeituras e Compesa	Monitoramento dos Afluentes e Efluentes do Sistema de Tratamento, com vistas ao atendimento às diretrizes propostas pelo licenciamento.	Resultados compatíveis com as diretrizes e o tipo de irrigação proposto.
Barreiras de Segurança	Prefeituras, SRHE e Compesa.	Adoção de orientações e monitoramento de práticas seguras de irrigação e cultivos, para os agricultores envolvidos.	Atuação segura por parte dos agricultores.
Escoamento da Produção	Prefeituras e SARA	Projetos de incentivo ao escoamento da produção com selo de garantia de qualidade, mediante informações do monitoramento.	Comercialização da produção com aceitação dos consumidores.
Educação Ambiental Continuada	Prefeituras em parceria com a SRHE.	Diretamente com a comunidade beneficiada: agricultores atuantes no projeto e consumidores.	Participação ativa da comunidade.

O sistema de informações e o sistema de monitoramento são instrumentos básicos para o gerenciamento, contando com o acompanhamento técnico e o controle social da metodologia aplicada.

Deve-se fazer um acordo através de um documento aprovado pela comunidade, no qual estarão estabelecidas as regras que irão definir os direitos e os deveres de todas as pessoas beneficiadas pela água do reúso. Esse documento deverá ser assinado por todas as famílias beneficiadas e também pelos representantes das instituições públicas que irão apoiar a gestão desse sistema. A resolução de conflitos internos e a possibilidade da própria comunidade tomar as decisões, relacionadas à gestão do sistema, está vinculada a efetivação desse acordo.

Em relação ao sistema de tratamento de esgoto será necessária a presença de operador, que deverá cumprir com um protocolo de cuidados sanitários necessários para os procedimentos de operação da ETE. Na estação de tratamento deverá determinar o horário e vazão necessária dos efluentes para os agricultores. Será importante estabelecer a vazão destinada para cada família de acordo com cada cultura, sob orientação do protocolo de cuidados sanitários.

Para realizar esse modelo de gestão é preciso assegurar a melhoria contínua da qualidade mínima dos efluentes que possam ser utilizadas na agricultura, visando elevar os padrões de desempenho globais do sistema e garantir segurança e saúde dos envolvidos. O atendimento a legislação, respeitando os padrões determinados por esta, através de monitoramento dos efluentes produzidos, será imprescindível para a prevenção de efeitos adversos, tais como: poluição de aquíferos, salinização do solo e problemas de saúde aos beneficiados pelo reúso.

Os processos de licenciamento realizados sob responsabilidade da Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), além dos itens já exigidos, deverá solicitar a apresentação de informações relacionadas aos recursos hídricos, especificamente sobre:

- bacia hidrográfica em que o empreendimento está inserido;
- volume consumido de água;
- tipo de abastecimento (público ou individual);
- volume de efluentes lançados;
- qualidade dos efluentes lançados;

- definição do tratamento dos efluentes;
- planos de monitoramento da qualidade das águas superficiais, subterrâneas e do tratamento dos efluentes (CONAMA 430/2011);
- diagnóstico dos impactos aos corpos hídricos causados pela atividade; e
- planos de controle ambiental.

O empreendedor, que na maioria dos municípios do semiárido pernambucano é configurado pela COMPESA, deve considerar e apresentar a descrição de todos esses aspectos.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões descritas nessa tese são apresentadas a seguir, de acordo com os resultados discutidos.

5.1 POTENCIAL DE REÚSO AGRÍCOLA DO SEMIÁRIDO

- O semiárido pernambucano apresenta um considerável potencial para a prática de reúso agrícola, tendo em vista o volume de esgoto produzido previsto, porém devem ser considerados investimentos contínuos em busca da universalização do acesso ao esgotamento e tratamento de esgoto.
- O volume de esgoto produzido estimado para o ano de 2025 poderia irrigar uma área de 6.767 ha em todo semiárido, para uma demanda hídrica genérica de 20.000 m³/ha.ano, estimulando a formação de núcleos produtivos locais, que proporciona a geração de renda, ao passo que evita o lançamento de esgotos, mesmo tratados, em corpos receptores com processo histórico de degradação.
- As características das regiões periurbanas de 96% dos municípios avaliados mostraram viabilidade para implantação de projetos de reúso agrícola. Apenas, cinco municípios, sendo eles Granito, Verdejante, Brejinho, Iguaraci e Serra Talhada, apresentaram essas características desfavoráveis, como solos rasos, relevo desfavorável, pedregosidade, rochosidade e riscos de erosão.

5.1.1 Estudo de caso 1: Município de Petrolina

- No município de Petrolina, as ETEs monitoradas pela COMPESA apresentaram restrição de uso, considerando as diretrizes vigentes da USEPA, para irrigação agrícola. Entretanto as diretrizes da OMS e do PROSAB apresentaram compatibilidade para a prática de irrigação irrestrita e restrita, condicionando a adoção de barreiras sanitárias adicionais.

- A COMPESA realiza o monitoramento de alguns parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 em efluentes tratados em suas ETEs. Todavia, não existe em todos os sistemas uma uniformidade da frequência e nos parâmetros adotados nesse monitoramento, diminuindo a confiabilidade da eficácia dos sistemas de tratamentos.
- Todos os sistemas avaliados apresentaram conformidade com as condições e padrões, para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, preconizados pela Resolução CONAMA Nº 430/2011.

5.1.2 Estudo de Caso 2: Município de Pesqueira

- O distrito de Mutuca apresentou um importante potencial para a produção local com o reúso agrícola, podendo ser ampliado com a implantação de rede coletora em todo núcleo urbano. Todavia, o sistema de tratamento de esgoto existente não possui controle rigoroso através do monitoramento de seus efluentes, comprometendo o seu uso para irrigação, devendo esse, atender no mínimo às diretrizes propostas pelo PROSAB.
- No distrito de Mutuca o conhecimento de seus moradores, em relação ao saneamento básico, é variável: a maioria desconhece o tema; para a prática do reúso agrícola a população acha viável, apesar de afirmar que não consumiriam os produtos. Entretanto, na certeza de um processo eficiente de tratamento de esgoto, demonstraram interesse na produção e consumo.

5.1.3 Estudo de Caso 3: Município de Salgueiro

- O município de Salgueiro poderá ser um importante e pioneiro pólo produtivo, com a implantação de reúso agrícola, na Região de Desenvolvimento do Sertão Central, considerando a sua rede coletora e tratamento de esgoto implantados, assim como o interesse do Estado de Pernambuco, por meio da COMPESA, a SRHE e da Prefeitura Municipal na adoção dessa prática.

- A configuração da ETE do município de Salgueiro apresenta reduzida eficiência para remoção de coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, para a utilização de seus efluentes em irrigação. Será necessário adotar tratamento complementar na configuração existente, que pela eficiência e simplicidade na operação pode ser através de lagoas de polimento.
- O custo para implantação de um projeto de reúso agrícola em Salgueiro foi de R\$ 130,39 por habitante, representando pouco mais de 17% do investimento global no município, considerando o SES, a ETE e o reúso.
- O semiárido pernambucano poderia, além de consideráveis volumes de água de abastecimento previstos com a transposição do rio São Francisco, ter disponível diariamente mais 370 mil metros cúbicos de águas residuárias, complementando os recursos hídricos da região.

5.2 DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DE PROJETOS DE REÚSO

- A implementação de projetos de reúso deverá contar com um plano de ação integrado com as Prefeituras, a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE-PE), a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) e a Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária (SARA-PE).
- O órgão ambiental estadual (CPRH) deverá se responsabilizar pelo controle ambiental e pelo estabelecimento de diretrizes para a prática de projetos de reúso agrícola, considerando o que preconiza a Resolução CNRH nº 121/2010, assim como, a definição de critérios e padrões de qualidade de interesse para o estabelecimento do plano de monitoramento.
- Diante das considerações apresentadas neste estudo, pode-se afirmar que os gestores públicos possuem, no reúso de água, um importante mecanismo de controle de poluição, racionalização do uso da água e geração de renda na gestão de bacias hidrográficas, devendo portando fazer parte dos programas de cada governo.

5.3 RECOMENDAÇÕES

Em vista do possível emprego da prática do reúso agrícola no semiárido pernambucano, para o aproveitamento do seu potencial, estimado recomenda-se que:

- Estudos mais específicos das características dos solos nas áreas selecionadas deverão ser realizados, nos municípios que implantarem projetos de reúso agrícola, como forma de auxiliar na definição das culturas e tecnologia de irrigação.
- Estudos voltados ao incentivo da prática do reúso adaptados a realidade das zonas rurais.
- Os órgãos envolvidos conduzam a implantação da política de reúso no Estado, estimulando o desenvolvimento contínuo de pesquisas em parceria com instituições de ensino superior.
- Os projetos de reúso agrícola devem contemplar um plano de controle sanitário, com o intuito de preservar a saúde dos envolvidos diretamente em cada etapa do empreendimento.
- A implementação de um programa de educação ambiental contínuo com a finalidade específica do projeto, objetivando uma maior sensibilização do público alvo.
- O processo de universalização do saneamento no Estado deverá contemplar configurações de sistemas de tratamento de esgoto compatíveis com a proposta do reúso agrícola, ou seja, eficientes principalmente na remoção de patógenos. Nesse sentido, as tecnologias estudadas, sobretudo pelo PROSAB, podem ser amplamente utilizadas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (CPRH). **Controle de carga orgânica não industrial**. Norma Técnica. CPRH Nº 2.002. 2000. Disponível em: <URL <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/normas-cprh-2002.pdf>>. Acesso em: 16 de mai. 2011.

_____. **Coliformes fecais – padrão de lançamento para efluentes domésticos e/ou industriais**. Norma Técnica. CPRH Nº 2.007. 2001. Disponível em: <URL <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/normas-cprh-2007.pdf>>. Acesso em: 16 de mai. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas nordeste: abastecimento urbano de água**. Brasília, DF, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução – RDC n. 12, de 2 de jan. 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

AL-JALOURED, A. A.; HUSSAIN, G.; AL-SAATI, A. J.; KARIMULLA, S. Effect of wastewater irrigation on mineral composition of corn and sorghum plants in a pot experiment. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, n. 8, p.1677-1692, 1995.

ALBUQUERQUE, C. G. **Estudo da eficiência de remoção de DBO nas ETES em operação no Estado de Pernambuco**. 2009. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Recife.

ALEM SOBRINHO, P., TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. São Paulo, SP. USP, 2ª Ed., 2000. 547 p.

AQUAREC. **Integrated concepts for reuse of upgraded wastewater**. Final Project Report. 22 Apr. 2006. Disponível em: <<http://www.aquarec.org/>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

AQUINO, B. F.; CHAVES, A. F.; ALVES, I. R. Impactos do reúso de água no solo. In: MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B (Org.). **Reúso de águas em irrigação e piscicultura**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, 2007. p. 103-117.

A SABER. **Mapa do Brasil regiões**. Disponível em: <<http://www.asaber.com.br/mapa-do-brasil-para-pintar/>>. Acesso em: 29 ago. 2011.
AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999.

BAHRI, A.; BRISSAUD, F. **Wastewater reuse in Tunisia: assessing a national policy**. Water Science and Technology, Oxford, v. 33, n. 10/11, p. 87–94, 1996.

BARBOSA, J. E. de L. **Uso e reúso da água em sistemas de produção animal.** ZOOTEC 2008, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: Associação Brasileira de Zootecistas: Universidade Federal da Paraíba, 2008. Disponível em: <<http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/palestras/4257-Uso-Reuso-gua-Sistemas-Produo-Animal.html>>. Acesso em: 19 jul. 2010.

BASTOS, R. K. X. **Fertirrigação com águas residuárias.** WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO: CITRUS, FLORES E HORTALIÇAS, 1., 1999, Piracicaba. Resumo dos artigos. Piracicaba: ESALQ-LER, 1999. p. 279-291.

BASTOS, R. K. X. (Coord.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB)

BASTOS, R. K. X.; ANDRADE, C. O. N.; FILHO, B. C.; MARQUES, M. O. Disposição no solo com método de tratamento, reciclagem ou destino final de esgotos sanitários. In: BASTOS, R. K. X. (Coord.). **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. p. 01-21. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB)

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. Normas e critérios de qualidade para reúso da água. In: SANTOS, M. L. F. (Coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. p. 17-61. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB).

BELTRÃO, N. E. M.; MELO, F. B.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Mamona: árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semi-árido brasileiro.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPAT, 2003. (Circular técnica, 70).

BENETTI, A. D. . **Reúso de águas residuárias na agricultura: cenário atual e desafios a serem enfrentados.** In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 2., 2006, Passo Fundo, RS. Passo Fundo, RS: Universidade de Passo Fundo, 2006.

BERNARDI C. C. **Reúso de água para irrigação.** 2003. 52 f. Monografia (Especialização modalidade MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) - ISEA – FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília, DF, 2003. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/Docs/Publicacoes/PublicacoesIIICA/CristinaCosta.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2007.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 5. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1989.

BERTONCINI, E. I. **Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola.** Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, [São Paulo], p. 52-169 jun. 2008.

BERTONE, C. R. **Waste stabilization ponds and reuse of effluents (Summary)**. In: SEMINARIO REGIONAL DE INVESTIGACION SOBRE LAGUNAS DE ESTABILIZACION, 1986, Lima, Peru. Resumo... Lima: CEPIS, 1986. Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencia del Ambiente – OMS/OPS, 1986. p. 13-25.

BIXIO, D., De HEYDER B., CHIKUREL, H., MUSTON, M., MISKA, V., JOKSIMOVIC, D., SCHÄFER, A. I., RAVAZZINI, A., AHARONI, A., SAVIC, D., THOEYE, C. **Municipal wastewater reclamation: where do we stand? An overview of treatment technology and management practice**. Water Supply, Oxford, v. 5, n. 1, p.77–85,. 2005.

BIXIO, D.; THOEYE, C.; DE KONING, J.; JOKSIMOVIC, D.; SAVIC, D.; WINTGENS, T.; MELIN, T. **Wastewater Reuse in Europe**. Desalination, Amsterdam, v. 187, n. 1/3, p. 89-101, 2006.

BIXIO, D.; THOEYE, C.; RAVAZZINI, A.; WINTGENS, T.; MISKA, V.; MUSTON, M.; CHIKUREL, H.; AHARONI, A.; JOKSIMOVIC, D.; MELIN, T. **Water reclamation and reuse: implementation and management issues**. Desalination, Amsterdam, v. 218, n. 1/3, p. 13–23, 2008.

BLUM, J. R. C. **Cr terios e padrões de qualidade da  gua**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. (Ed.). Re so de  gua. Barueri: Manole, 2003. p. 125-174.

BOND, W. J. **Effluent irrigation – an environmental challenge for soil science**. Australian Journal of Soil Research, Melbourne, v. 36, p.543-555, 1998.

BOUWER, H.; IDELOVITCH, E. **Quality requirements for irrigation with sewage water**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, New York, v. 113, n. 4, p.516-535, 1987.

BRASIL. Ministério da Integra o Nacional. Câmara dos Deputados. **Nova delimita o do semi- rido brasileiro**. Estudo. Brasília, DF, nov. 2007. p. 24.

BRASIL. Ministério da Integra o Nacional. **Projeto de Transposi o de águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional**. Brasília, DF, 2000. 10 v.

BRASIL. Ministério da Integra o Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimita o do semi- rido nordestino e do polígono das secas**. Brasília, DF, 2005a. p. 33.

BRASIL. Ministério da Integra o Nacional/SDR. **Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Semi- rido-PDSA**. Agência de Desenvolvimento do Nordeste - ADENA. Brasília, DF, 2005b. p.134.

BRASIL. Ministério das Cidades/SNSA. Sistema Nacional de Informa es sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de água e Esgotos - 2008**. Brasília, março de 2010a.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: Pernambuco**. CPRM. Recife, 2005c.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Avaliação das águas do Brasil**. Brasília, DF, 2002a. p. 86.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Departamento de Revitalização de Bacias Hidrográficas. **Programa Água Doce - PAD**. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <URL <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=212>>. Acesso em: 7 de set. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno Setorial de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 2006. 4 v. Localização: Acervo da Biblioteca da ANA AG 5142.

BRASIL. Portal da Imprensa Nacional. **Diário Oficial da União – Suplemento**. ISSN 1677-7042. Nº 29, 10 de fevereiro de 2011. p. 1284. Disponível em: <URL <http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?jornal=1020&pagina=1284&data=10/02/2011>>. Acesso em: 9 de mai. 2011.

BRASIL. Programa de Aceleração do Crescimento – PAC 2. **Relatório**. Comitê Gestor do PAC. 29 de março de 2010b.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. **O conceito de reúso de água**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Ed.). Reúso de água. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002. p. 21-36.

CAIXETA, C. E. T. **Avaliação do atual potencial de reúso de água no Estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. 2010. 323 f. Tese (Doutor em Engenharia Hidráulica e Ambiental). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

CALDAS, A. V. C. **Produção e qualidade de manga sob adubação nitrogenada e potássica no vale do Açu**. 2009. 79 f. Dissertação (Mestre em Agronomia: ciência do solo) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido . Mossoró-RN.

CARARO, D. C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores**. 2004. 129 f. Tese (Doutor em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CARMAN, D. **Reuse of agricultural wastewater**. California Agricultural Water Stewardship Initiative. Disponível em: <<http://agwaterstewards.org/txp/Resource-Center-Articles/25/reuse-of-agricultural-wastewater>>. Acesso em: 4 jan. 2011.

CAVARARO, R. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, Centro de Documentação e Disseminação de Informações, 2010.

CHERNICHARO C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5).

CHERNICHARO, C. A. L. ; SANTOS, M. L. F. ; BASTOS, R. K. X. ; PIVELI, R. P. ; SPERLING, M. V. ; MONTEGGIA, L. O. . **Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso agrícola**. In: DOS SANTOS, M. L. F. (Org.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. 1 ed. Petrópolis, RJ: Sermograf, 2006. v. 1, p. 63-110.

CIRILO, J. A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200005>. Acesso em: 3 fev. 2011.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. **Estados, Áreas e Municípios**. Mar. 2010a. Disponível em: <URL: <http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao-francisco/estados>>. Acesso em: 26 abr. 2011.

_____. **Perímetros irrigados**. Elenco de projetos. Abr. 2010b. Disponível em: <URL: <http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/elenco-de-projetos>>. Acesso em: 24 abr. 2011.

_____. **Salinização do solo**. Programas e ações. Irrigação. Mar. 2010c. Disponível em: <URL: http://www.codevasf.gov.br/programas_acoes/irrigacao/salinizacao-do-solo/>. Acesso em: 28 out. 2011.

_____. **Saneamento básico**. Mar. 2010d. Disponível em: <URL: http://www.codevasf.gov.br/programas_acoes/revitalizacao-1/saneamento-basico>. Acesso em: 26 abr. 2011.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA. **Controle mensal das estações de tratamento de esgoto**: laboratórios Cabanga e Petrolina. Dez 2008 à dez 2010. Recife, 2010b.

_____. **A logística do abastecimento d'água em Pernambuco: um desafio do semi-árido nordestino**. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL – UFRPE, 1., 2010, Recife. **Apresentação...** Recife: UFRPE, 2010a

_____. **Projeto básico do sistema de esgotamento sanitário de Salgueiro**: tratamento com reator Uasb + filtro biológico. Recife, 2008.

_____. **Relatório de obras**. Recife, jan de 2011.

_____. **Sistema de informações operacionais – SIP**. Banco de dados alfanumérico. Recife, 2010c.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992, Rio de Janeiro. **Agenda 21...** 3. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2000.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução CNRH nº 054, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não-potável de água.** Disponível em: <URL: http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=14>. Acesso em: 3 jan. 2011.

_____. **Resolução CNRH nº 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005.** Disponível em: <URL: http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=14>. Acesso em: 16 mai. 2011.

COSTA, M. R. da. **Avaliação das estratégias de convivência com o semi-árido.** 2009. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

COUTO, L.; SANS, L. M. A. **Características físico-hídricas e disponibilidade de água no solo.** Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Circular técnica, 21).

CROOK J. **Crítérios de qualidade da água para reuso.** Revista DAE-SABESP, [São Paulo], n. 174, p. 10-15, nov./dez. 1993. Disponível em: <URL:http://www.usp.br/cirra/arquivos/criterios_crook.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2011.

DAKER, A. **A água na agricultura.** 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1988. v. 3: Irrigação e drenagem.

DAY, A. D.; McFADYEN, J. A.; TUCKER, T. C.; CLUFF, C.B. **Effects of municipal waste water on the yield and quality of cotton.** Journal of Environmental Quality, Madison, Wis., US, v.10, p.47-49, 1981.

DAY, A. D.; TUCKER, T. C. **Effects of treated municipal wastewater on growth, fiber, protein and amino acid content of sorghum grain.** Journal of Environmental Quality, Madison, Wis., US, v.6, p.325-327, 1977.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS. **Perímetros irrigados.** Engenharia. 2011. Disponível em: < URL: <http://apoena.dnocs.gov.br/~apoena/php/projetos/projetos.php?>>. Acesso em: 24 abr. 2011.

DUARTE A. S. **Reúso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*).** 2006. 187 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. Catálogo BRS Safira. 1 ed. Campina Grande EMBRAPA – CNPA, 2004a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Semiárido. **Cultivo do algodão herbáceo na agricultura familiar.** Embrapa Algodão. Sistemas de Produção, 1 - 2a. edição ISSN 1678-8710 Versão Eletrônica Set/2006a. Disponível em: < URL: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/importancia.html>. Acesso em: 31 mai. 2011

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Semiárido. **Cultivo do algodão irrigado.** Embrapa Algodão. Sistemas de Produção, 3 - 2a. edição ISSN 1678-8710 Versão Eletrônica Set/2006b. Disponível em: < URL: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrigado_2ed/irrigacao.html>. Acesso em: 19 abr. 2011

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Semiárido. **Cultivo de feijão caupi.** Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2 ISSN 1678-8818 Versão Eletrônica. Jan/2003. Disponível em: < URL: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/index.htm>>. Acesso em: 24 mai. 2011

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Semiárido. **Cultivo de mangueira.** Sistemas de Produção, 2 ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica Julho/2004b. Disponível em: < URL: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/index.htm>>. Acesso em: 17 abr. 2011

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Semiárido. **Cultivo do milho.** Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª edição Set./2010. Disponível em: < URL: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_6ed/imanejo.htm>. Acesso em: 19 abr. 2011

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006c. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Solos. **Levantamento de baixa e média intensidade de solos do Estado de Pernambuco.** Recife. 2002. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/zapenet/index.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2011

FABY, J. A.; BRISSAUD, F.; BONToux, J. **Wastewater research France: water quality standards and wastewater treatment technologies.** Water Science and Technology, Oxford, v. 40, n. 4/5, p. 37-42, 1999.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent. management for environmental protection.** Berlin: Spring-Verlang. 1991.

FERREIRA, O. E.; BELTRÃO, N. E. M.; KONIG, A. **Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo.** Rev. bras. ol. fibros., Campina Grande, v.9, n.1/3, p.893-902, jan./dez. 2005.

FIGUEIREDO, I. C. M.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, M. G. F. ; SANTOS, T. S; AZEVEDO, C. A. V. **Uso da água residuária tratada e do biossólido no algodão colorido: produção e seus componentes.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.9, p.288-291, 2005. Suplemento

FLORÊNCIO, L. **Tratamento e pós-tratamento de efluentes domésticos para reúso agrícola.** Disponível em:<
http://www.finep.gov.br/prosab/4_esgoto_ufpe.htm> Acesso em: 16 jan. 2011.

FONSECA, A. F. **Viabilidade agrônomo-ambiental da disposição de efluente tratado em um sistema solo-pastagem.** 2005. 126 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.

GENERINO, R. C. M. **Contribuição da abordagem multicritérios na seleção de alternativas de reúso de água: aplicação em um caso de irrigação agrícola e paisagística no Distrito Federal.** 2006. 136 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (editores). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados.** Fortaleza: INCTSal. 2010. 472 p.

GUIDOLIN, J. C. **Reúso de efluentes.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

HARUVY, N. **Agricultural reuse of wastewater: nation-wide cost-benefit analysis.** Agriculture Ecosystems and Environment, Amsterdam, v.66, n.2, p.113-119, 1997.

HARUVY, N. **Wastewater for agriculture economic and environmental perspectives.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND IRRIGATION, 7th ., 1996, Tel Aviv, Israel. Proceedings ... Tel Aviv, Israel: Agronitech Technology ,1996, p. 64–72.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos.** In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. Barueri: Manole, 2003. p.37-95.

HESPANHOL, I. **Resolução de reúso para fins agrícolas e florestais**. Primeira Reunião do GT-Reúso. CNRH. Brasília. 20 de setembro de 2006. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=111:grupo-1-reuso-&catid=29:grupos-de-trabalho-ctct&Itemid=73>. Acesso em: 30 dez. 2010.

HESPANHOL, I. **Saúde pública e reúso agrícola de esgoto e biossólidos**. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Ed.). Reúso de água. Barueri: Manole, 2003b. p.97-123.

HUSSAIN, G.; AL-JALOOD, A. A. **Effect of irrigation and nitrogen on yield, yield components and water use efficiency of barley in Saudi Arabia**. Agricultural Water Management, Amsterdam, v.36, p.55-70, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área Territorial Oficial**. Resolução da Presidência do IBGE de nº 5 (R.PR-5/02) de 10 de outubro de 2002, publicada no Diário Oficial da União em 11 de outubro de 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: 24 fev. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico: 2008**. Rio de Janeiro, 2010a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal 2009**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010b

INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE; INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE. **Água e irrigação segundo IFPRI e IWMI**. In: LISTA fonte de água. Washington, D.C.: Florida Center for Environmental Studies, 2002. Relatório "Global water outlook to 2025: averting an impending crises". Publicação no Dia Mundial do Alimento.

ISRAEL. **Ministry of Foreign Affairs**. 2011. Disponível em: <<http://www.mfa.gov.il/MFA/>>. Acesso em: 19 jan. 2011.

ISRAEL. Ministry of Foreign Affairs. **Economy: sectors of the Israeli economy**. 2010. Disponível em: <<http://www.mfa.gov.il/MFA/Facts+About+Israel/Economy/ECONOMY-+Sectors+of+the+Economy.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

JIMÉNEZ, B. **Mexican experience in el Mezquital Valley**. Mexico: Instituto de Ingeniería UNAM. Disponível em: <[http://www.sabesp.com.br/sabesp/filesmng.nsf/91E5863CCFFF11668325722D00688528/\\$File/Blanca%5B1%5D.pdf](http://www.sabesp.com.br/sabesp/filesmng.nsf/91E5863CCFFF11668325722D00688528/$File/Blanca%5B1%5D.pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2011

JIMÉNEZ, B. **The unintentional and intentional recharge of aquifers in the Tula and the Mexico Valleys: the megalopolis needs mega solutions**. Disponível em: <http://rosenberg.ucanr.org/documents/argentina/B_Jimenez_Final%20.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2010.

JIMÉNEZ, B.; CHÁVEZ, A. **Quality assessment of an aquifer recharged with wastewater for its potential use as drinking source: “El Mezquital Valley” case.** *Water Science and Technology*, Oxford, v. 50, n. 2, p. 269–273, 2004..

JIMÉNEZ-CISNEROS, B.; CHÁVEZ-MEJÍA, A. **Treatment of Mexico city wastewater for irrigation purposes.** *Environmental Technology*, London, v. 18, n. 7, p. 721-729, 1997.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 4. ed. Belo Horizonte: Segrac, 2005. v. 1.

KOURAA, A.; FETHI, F.; FAHDE, A.; LAHLOU, A.; QUAZZANI, N. **Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilization pond system in Benslimane (Morocco).** *Urban Water*, Amsterdam, v. 4, n. 4, p. 373-378, 2002.

LANDES, D. S. **The wealth and poverty of nations: why some are so rich and some so poor.** New York: Norton, 1999.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil.** 1987. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo.

LAYTON, J. **What is wastewater agriculture?.** Disponível em: <<http://science.howstuffworks.com/environmental/earth/geophysics/wastewater-agriculture.htm/printable> >. Acesso em: 4 jan. 2011.

LEITE A. M. F. **Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos.** 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília.

LIMA, A. P.; BASSO, N.; NEUMANN, P. S.; SANTOS, A. C.; MÜLLER, A. G. **Administração da unidade de produção familiar: modalidade de trabalho com agricultores.** Ijuí, RS: Editora Unijuí, 1995.

LUCAS FILHO, M.; ANDRADE NETO, C. O.; MELO, H. N. S.; PEREIRA, M. G. **Disposição controlada de esgotos em solo preparado com cobertura vegetal através do escoamento subsuperficial.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

MACEDO M. A. A. **Desenvolvimento agrícola e reuso de águas residuais no semi-árido brasileiro: proposta de um modelo de ações baseado na experiência israelense.** 2008. Disponível em: <http://www.sedur.ba.gov.br/pdf/art_dorabreu_Ml.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2011.

MAEDA, M.; NAKADA, K.; KAWAMOTO, K.; IKEDA, M. **Area-wide use of reclaimed water in Tokyo - Japan.** Water Science and Technology, Oxford, v. 33, n. 10/11, p. 51-57, 1996.

MANCUSO, P. C. S. **O reúso de água e sua possibilidade na região metropolitana de São Paulo.** 1992. 132 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo.

MANSUR, A. **Os inovadores que tiram água do deserto.** Revista Época, n. 478, p. 116-117, jun. 2009.

MARA, D.; CAIRNCROSS, S. **Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture.** Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1989. 187 p,

MARA, D. D.; SILVA, S. A. **Removal of intestinal nematode eggs in tropical waste stabilization ponds.** Journal of Tropical Medicine and Hygiene, Oxford, v. 89, n. 2, p. 71-74, 1986.

MARECOS DO MONTE, M.H.F. **Major benefits and minor disadvantages of crop irrigation with pond effluent: a case study.** In: IAWQ INTERNATIONAL SPACIALIST CONFERENCE ON WASTE STABILIZATION PONDS, 3, João Pessoa, 1995. Proceedings... João Pessoa: International Association on Water Quality, 1995.

MEDEIROS, H. C.; NETO, C. O. A. **A visão do agricultor na prática do reúso agrícola não controlado na cidade de Caicó / RN.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2007. 1 CD-ROM.

MEDEIROS, S. S. **Alteração física e química do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta a fertirrigação com água residuária de origem doméstica.** 2005 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MEKOROT, Israel National Water Company. **Wastewater treatment and effluent reuse.** Company Profile. 2011. Disponível em:<<http://www.mekorot.co.il/Eng/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S. A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. **Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition.** Science of the Total Environment, Amsterdam, v. 285, n. 1/3, p. 69-77, 2002.

MENEZES, C. E. **Controle de pressão às perdas físicas no sistema de abastecimento de água.** 2006. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.

MENEZES, L. C. P.; LEITÃO, D. A. H. S.; BEZERRA, A. C.; LIMA, A. N. F.; GÓIS, T. M. L.; OLIVEIRA, A. K. S.; TAVARES, R. G. **Evolução do acesso ao esgotamento sanitário no Estado de Pernambuco**. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO (JEPEX), 10., 2010, Recife: UFRPE, 2010. Disponível em: <<http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/R0973-2.PDF>>. Acesso em: 22 fev. 2011.

METCALF; EDDY. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4th ed. New York: McGrawHill, 2003.

MIRANDA, R. J. A. **Lâminas de irrigação com água residuária e adubação orgânica na cultura do algodão BRS safira**. 2010. 76 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

MIRANDA, T. L. G. **Reúso de efluente de esgoto doméstico na irrigação de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1995. 109 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, RS.

MOLINIER, M.; ALBUQUERQUE, C.H.C.; CARDIER, E. **Análise de pluviometria e isoietas homogeneizadas do nordeste brasileiro**. Recife: Sudene, 1994. (Hidrologia, 32).

MONTE, M. H. F. M. **Contributo para a utilização de águas residuais tratadas para irrigação em Portugal, Lisboa**. 1994. 2 v. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

MOTA, J. C. R. **A universalização do saneamento e o desenvolvimento sustentável**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, DF.

MOTA, S. **Aplicação de esgotos domésticos em irrigação**. _____. (Org.). **Reúso de águas: a experiência da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 2000. p. 17-30.

MOTA, S. **Potencialidades do aproveitamento de esgoto sanitário tratado no programa do biodiesel e na piscicultura**. PROSAB. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab/5_esgoto_ufc.htm>. Acesso em: 26 jan. 2011.

MUFFAREG, M. R. **Análise e discussão dos conceitos e legislação sobre reúso de águas residuárias**. 2003. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro.

NARDOCCI, A. C. **Avaliação de riscos em reúso de água**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. (Ed.). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. p. 404-431.

NASCIMENTO, M. M. A.; TABOSA, J. N.; FILHO, J. J. T. **Avaliação de cultivares de milho no agreste semi-árido de Pernambuco.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 7, n. 1, p. 53 – 56. 2003.

NASCIMENTO, M. S. F.; FERREIRA, O. M. **Tratamento de esgoto urbano: comparação de custos e avaliação da eficiência.** 2007. Universidade Católica de Goiás. Departamento de Engenharia. Engenharia Ambiental. Disponível em: <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/TRATAMENTO%20DE%20ESGOTO%20URBANO%20-%20COMPARA%C3%87%C3%83O%20DE%20CUSTOS%20E%20AVALIA%C3%87%C3%83O%20DA%20EFICI%C3%8ANCIA.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2011.

NEILSEN, G. H.; STEVENSON, D. S.; FITZPATRICK, J. J. & BROWNLLE, C. H. **Yield and plant nutrient content of vegetable trickle-irrigated with municipal wastewater.** HortScience, Alexandria, Va., US, v. 24, n. 2, p. 249-252, 1989.

OLIVEIRA, E. L. L.; BEZERRA, F. M. L.; REGO, J. L.; COSTA, M. C.; MOTA, F. S. B. **Uso de esgotos domésticos tratados na irrigação de culturas alimentícias.** In: MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B (Org.). Reúso de águas em irrigação e piscicultura. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, 2007. v.1, p. 225-238.

ORON, G. **Soil as complementary treatment component for simultaneous wastewater disposal and reuse.** Water Science and Technology, Oxford, v. 34, n. 11, p. 243 – 252, 1996.

ORTEGA-LARROCEA, M. P. et al. **Impact of a century of wastewater irrigation on the abundance of arbuscular mycorrhizal spores in the soil of the Mezquital Valley of Mexico.** Applied Soil Ecology. Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 149-157, 2001.

PAGANINI, W. S. **Reúso de água na agricultura.** In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003. p. 339-402.

PEREIRA, J. A. R.; SOARES, J. M. **Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação.** Belém: Núcleo de Meio Ambiente/UFGPA, 2006.

PERNAMBUCO. **Caracterização do Território.** Disponível em: <<http://www.bde.pe.gov.br/site/ConteudoRestrito2.aspx?codGrupoMenu=445&codPermissao=5>>. Acesso em: 2 de fev. 2011a.

_____. Instituto Agrônômico de Pernambuco. **Cultivo do algodoeiro herbáceo irrigado em Pernambuco.** Recife, 2008a. Disponível em: <<http://www.ipa.br/resp31.php>>. Acesso em: 31 mai. 2011.

_____. Instituto Agrônômico de Pernambuco. **Cultivo de milho irrigado no semi-árido de Pernambuco.** Recife, 2008b. Disponível em: <<http://www.ipa.br/resp59.php>>. Acesso em: 24 mai. 2011.

_____. AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO (CONDEPE/FIDEM). **Dados e informações.** Recife, 2011b.

_____. Instituto Agrônomo de Pernambuco. **Irrigação e drenagem**. Recife, 2011c. Disponível em: < <http://www.ipa.br/resp54.php>>. Acesso em: 9 mai. 2011.

_____. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife, 2006. 104 p.

_____. Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos. **Bacias hidrográficas de Pernambuco**. 2011d. Disponível em: <<http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/bacias.php>>. Acesso em: 7 fev. 2011.

_____. **Estudos técnicos para implantação de um projeto de reúso hidroagrícola: Salgueiro / PE**. Recife, 2010a.

_____. **Plano estadual do programa água doce: Estado de Pernambuco (2010 a 2015)**. Recife, 2010b.

_____. **Plano estratégico de recursos hídricos e saneamento**. Recife, 2008c. p.112.

_____. **Relatórios de acompanhamento de projetos e programas**. Recife, abr. 2011e.

_____. AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE PERNAMBUCO (ARPE). **Fiscalização dos Sistemas de Abastecimento de Água – Gerência de Garanhuns**. 2006b.

_____. AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE PERNAMBUCO (ARPE). **Fiscalização dos Sistemas de Abastecimento de Água – Gerência de Arcoverde**. 2007.

_____. AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE PERNAMBUCO (AD DIPER). **Regiões de desenvolvimento de Pernambuco**. 2011f. Disponível em: < http://www.addiper.pe.gov.br/site/page.php?page_id=26>. Acesso em: 2 fev. 2011.

PESCOD, M. B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome. FAO, 1992. (Irrigation and drainage paper, 47)

PHILIPPI JR., A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005. p. 117-180.

PIVELI R. P. **Monitoramento de sistema de lagoas de estabilização, pós-tratamento por processo físico-químico, desinfecção final e utilização agrícola**. 2006. 86 f. Tese (Livre-docência) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo.

PIVELI, R. P. (Coord.). **Avaliação da toxicidade de efluente de lagoa facultativa clorado e dos impactos sobre o solo em sistema de fertirrigação**. PROSAB. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/Prosab/4_esgoto_usp.htm>. Acesso em: 5 jan. 2011.

PLANETA SUSTENTÁVEL. **Universalização do saneamento em 125 municípios de São Paulo.** 2011. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/sabesp/universalizacao-saneamento-125-municipios-sao-paulo-575387.shtml>>. Acesso em: 28 fev. 2011.

POMPEO, R. P. **Avaliação técnica e econômica da utilização do efluente da ETE Martinópolis - São José dos Pinhais (PR).** 2007. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) -. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PRESCOTT, L. M.; HARLEY, J. P.; KLEIN, D. A. **Microbiology.** Dubuque, EUA: Wm. C. Brown Publishers, 1990.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas do desenvolvimento humano.** 2000. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/>>. Acesso em: 24 fev. 2011.

QADIR, M.; BAHRI, A.; SATO, T.; AL-KARADSHEH, E. Wastewater production, treatment, and irrigation in Middle East and North Africa. **Irrigation and Drainage Systems**, Slough, Inglaterra, v. 24, n. ½, p. 37-51, 2009.

RAINHO, J. **Pós-tratamento de ETE composta por Ralf & lagoa de polimento, empregando reservatório profundo de estabilização, visando a fertirrigação: estudo de caso.** 2010. 208 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1995.

REAMI, L. **Avaliação de produtividade agrícola e de concentrações de metais nos grãos, de cultura de milho irrigada com efluente anaeróbico.** 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Ambiente) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

REBOUÇAS, A. C. **Água e desenvolvimento rural.** Estudos Avançados, São Paulo, v. 15, n. 43, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142001000300024&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 jan. 2007.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G., **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Escrituras, 1999.

RELVÃO, A. M. **Sistemas de tratamento de efluentes em aglomerados urbanos por leito de macrófitas emergentes.** Coimbra: Comissão de Coordenação da Região Centro, 1999.

RESENDE, A. A. P. **Fertirrigação do eucalipto com efluente tratado de fábrica de celulose kraft branqueada**. 2003. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

RIBEIRO, M. F. S.; LUGÃO, S. M. B.; MIRANDA, M.; MERTEN, G. H. **Métodos e técnicas de diagnóstico de sistemas de produção**. In: ENFOQUE sistêmico em P&D. a experiência metodológica do IAPAR. Londrina: IAPAR, 1997. p 55 - 79. (Circular, 97).

RIBEIRO, M.R.; FREIRE, F.J.; MONTENEGRO, A.A.A. **Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável**. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ V., V.H. (eds.) Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.165-208.

RODRIGUES R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. 2005. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo.

SANDRI, D.; VALENTIM, M. A. A.; ROSTON, D. M.; MATSURA, E. E.; MAZZOLA, M. Tratamento e aplicação de água residuária na irrigação: implantação de um protótipo experimental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 29, 2000, Fortaleza: UFC, 2000. CD-ROM.

SANTOS, H. F. **Custos dos sistemas de reúso de água**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003. p. 433-468.

SANTOS, H. F.; MANCUSO, P. C. S. **Participação comunitária e aceitabilidade da água de reúso**. In: MANCUSO, P. C. S. & SANTOS, H. F. Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003. p. 469-477.

SÃO PAULO (Estado). Portal do Governo. **Sabesp pesquisa utilização da água de reúso para irrigação no campo**. 2007. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/sis/lenoticia.php?id=86172&c=5102>>. Acesso em: 27 fev. 2011.

SANTOS, J. F.; LEMOS, J. N. R.; NÓBREGA, J. Q.; GRANGEIRO, J. I. T.; BRITO, L. M. P.; OLIVEIRA, M. E. C. **Produtividade de feijão caupi utilizando biofertilizante e uréia**. Tecnol. & Ciên. Agropec., João Pessoa, v.1, n.1, p.25-29, set. 2007. Disponível em: <http://www.emepa.org.br/revista/volumes/tca_v1_n1/tca05_feijao_vigna.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2011.

SARTORELLI, A. **Brasil aprende com México a reutilizar água em regiões secas**. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/tecnologia-e-ciencia/noticias/brasil-aprende-com-mexico-a-reutilizar-agua-em-regioes-secas-20100817.html>>. Acesso em: 4 jan. 2011.

SCHALSHA, E. B.; VERGARA, I.; SCHIRADO, T.; MORALES, M. **Nitrate movement in a Chilean agricultural area irrigated with untreated sewage water.** Journal of Environmental Quality, Madison, Wis., US, v.8, n. 1, p. 27-30, 1979.

SHUVAL, H.; AMPERT, Y.; FATTAL, B. **Development of a risk assessment approach for evaluating wastewater reuse standards for agriculture.** Water Sci Tech 1997; 35 (10-11): 15-20.

SILVA, M. M. **Irrigação com efluentes secundários no crescimento, produtividade e concentração de nutrientes no solo e na mamoneira.** 2010. 100p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, V, de P. **Efeitos da fertirrigação com efluente de lagoa de polimento nos atributos do solo e na produção de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).** 2007. 128 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SOUSA, J. R.; QUEIROZ, J. E.; GHEYI, H. R. **Variabilidade espacial de características físico-hídricas e de água disponível em um solo aluvial no semi-árido Paraibano.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 3, n. 2, p. 140 - 144, 1999.

SOUSA, J. T.; LEITE, V. D.; LUNA, J. G. **Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.5, n.1, p.107-110, 2001.

SOUZA, N. C.; MOTA, S.; DOS SANTOS, A. B. **Avaliação da produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado.** In: MOTA, S.; AQUINO, M, D.; DOS SANTOS, A. B. (Org.). Reúso de águas em irrigação e piscicultura. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, 2007. p. 253-268.

STRAUSS, M.; BLUMENTHAL, U. J. **Use of human wastes in agriculture and aquaculture: utilization, practices and health perspectives.** Duebendorf, Switzerland: IRCWD, 1990. (IRCWD report, 8).

TRENTIN, C. V. **Diagnóstico voltado ao planejamento do uso de águas residuárias para irrigação nos cinturões verdes da região metropolitana de Curitiba – PR.** 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

TUROLLA, F. A. **Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas.** Brasília: IPEA, 2002.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Agenda 21.** Rio de Janeiro, 1992.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse: 625/R-04/108.** Washington (DC); 2004. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ord/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108.htm>>. Acesso em: 6 maio 2009.

UNITED STATES. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Land treatment of municipal wastewater effluents: process design manual.** Cincinnati, Ohio, 2006. (EPA/625/R-06/016). Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r06016/625r06016whole.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2011.

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

VON SPERLING, M.; JORDÃO, E. P.; KATO, M. T.; SOBRINHO, P. A.; BASTOS, R. K. X.; PIVELLI R.. **Lagoas de estabilização.** In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). Desinfecção de efluentes sanitários. Vitória: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. p. 277-336. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB)

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking: water quality.** 3rd ed. Gene, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater.** Geneva, 2006. v. 2.: Wastewater use in agriculture

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture.** Geneva, 1989. (Technical Report Series, n. 778)

APÊNDICE A

Modelo do questionário aplicado no Distrito de Mutuca no Município de Pesqueira.

QUESTIONÁRIO

PERCEPÇÃO SOBRE SANEAMENTO BÁSICO E REÚSO AGRÍCOLA

1. INFORMAÇÕES PESSOAIS

- 1.1. Nome: _____
- 1.2. Sexo: () Feminino () Masculino
- 1.3. Idade: () 16 – 21 () 22 – 30 () 31 – 50 () 51 em diante.
- 1.4. Renda (Salário Mínimo): () até 1 () até 2 () até 3 () acima de 3.
- 1.5. Número de moradores: _____

2. GRAU DE ESCOLARIDADE

- | | | |
|--------------------|----------------|--------------------------|
| Ensino fundamental | () completo | () incompleto |
| Ensino médio | () completo | () incompleto |
| Ensino superior | () completo | () incompleto |
| | () Analfabeto | () Analfabeto funcional |

3. ORIGEM DA ÁGUA DE CONSUMO

- 3.1. Possui água encanada em casa (fornecida pela COMPESA)? () Sim () Não
- 3.2. Em caso de não ter fornecimento da COMPESA, qual a fonte de abastecimento de água de sua casa? () Rio () Barragem () Cisterna () Poço () Carro pipa
- 3.3. Faz algum tratamento complementar na água em casa?
 () Sim. Quais? () Fervura () Filtração () Cloração
 () Não. Por que? _____

4. INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO BÁSICO

- 4.1. Conhece ou já ouviu falar em saneamento básico?
 () Sim () Não () Nunca ouviu falar () Já ouviu falar mas não conhece
- 4.2. Quais desses serviços você tem acesso?
 Abastecimento de Água () Coleta de Esgoto () Coleta de Lixo () Limpeza Pública () Tratamento de Esgoto () Drenagem Pluvial ()
- 4.3. Conhece o destino do esgoto da sua casa? () Sim () Não
- 4.5. Aonde ele é disposto? () Fossa () Rede coletora () Barragem/Rio () Rua
 () Outros _____

5. INFORMAÇÕES SOBRE TRATAMENTO DE ESGOTO

- 5.1. Como é feito o tratamento dos esgotos da sua comunidade?
 () Todo o esgoto coletado recebe tratamento
 () Apenas parte dos resíduos é tratado
 () Não tem tratamento algum
 () Não conhece.
- 5.2. Você sabe de quem é a responsabilidade de tratar os esgotos?
 () Prefeitura do município
 () Governo do Estado
 () Compesa
 () Governo Federal
 () moradores das casas

6. IMPORTÂNCIA DA COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS

- 6.1. Qual o grau de importância que a coleta de esgotos possui para você?
 () Grande () Média () Pequena () Não tem importância
- 6.2. Você acredita que o saneamento básico melhora a qualidade de vida da comunidade? () Sim () Não () Não sabe informar
- 6.3. Você acha que a coleta e tratamento adequado dos esgotos de uma comunidade podem ter grandes implicações na melhoria da saúde da população?
 () Sim () Não () Não sabe informar
- 6.4. Quais as doenças mais frequentes em sua comunidade?

Continua na próxima página.

7. REÚSO DE ÁGUA

7.1. Você pratica algum tipo de agricultura? () Sim () Não

7.1.1. Em caso de sim, de onde você retira água para irrigar as culturas?

() Poço () Barragem () Rio () outro _____

7.1. Você sabe o que é reúso de água? () Sim () Não

7.2. Você sabia quando o esgoto doméstico é tratado, resulta em uma água que é jogada na natureza, mas poderia ser utilizada para irrigação na agricultura? () Sim () Não

7.3. Você é favorável ao uso dessa água na agricultura, ou seja, para ser utilizada na irrigação de produtos agrícolas? () Sim () Não

7.4. Você compraria um produto agrícola sabendo que foi irrigado com esgoto doméstico tratado? () Sim () Não

7.4.1. **Caso a resposta seja sim, que produtos você compraria?**

- () Hortaliças Folhosas - Alface, repolho, almeirão, couve-flor, brócolis, etc.
- () Hortaliças frutos - Tomate, pimentão, berinjela, pepino, vagem, morango entre outros etc.
- () Hortaliças Raiz - Beterraba, rabanete, cenoura, batata doce, () mandioca, etc.
- () Grãos - feijão, arroz, ervilha, milho, soja, etc.
- () Frutos em geral
- () Outros ...

7.4.2. **Caso a resposta seja não, Por quê?**

- () Aspectos Sanitários ou riscos de doenças
- () Falta de informação sobre o assunto - insegurança
- () Aversão ou nojo
- () Contaminantes
- () Outros _____

7.5. Qual seria a sua reação caso você soubesse que está consumindo um produto agrícola (hortaliças, grãos e verduras), que foi irrigado com esgoto doméstico e o vendedor do produto agrícola não está lhe informando devidamente esta informação?

- () Mudaria de estabelecimento
- () Procuraria as autoridades de saúde
- () Não compraria mais o produto
- () Outros...

7.6. Caso você soubesse que o tratamento do esgoto é bastante eficiente possibilitando boa qualidade sanitária de sua utilização na irrigação agrícola, você se sentiria mais seguro em consumir os produtos dessa irrigação? () Sim () Não

Observações: _____

Responsável pela pesquisa: _____

Local _____, de _____ de 2010.

ANEXO A

Municípios que integram a região do semiárido em Pernambuco.

ORDEM	MUNICÍPIO	ÁREA (km²)	POP. TOTAL	POP. URBANA	POP. RURAL	RD
1	AFOGADOS DA INGAZEIRA	377,86	35.091	27.406	7.685	SPA
2	AFRÂNIO	1490,61	17.588	5.859	11.729	SSF
3	AGRESTINA	201,44	22.680	16.955	5.725	ACE
4	ÁGUAS BELAS	885,98	40.007	24.300	15.707	AME
5	ALAGOINHA	200,42	13.761	7.770	5.991	ACE
6	ALTINHO	454,89	22.363	12.781	9.582	ACE
7	ANGELIM	118,03	10.204	6.089	4.115	AME
8	ARARIPINA	1847,47	77.363	46.975	30.388	SAR
9	ARCOVERDE	353,38	69.157	62.899	6.258	SMO
10	BELÉM DE SÃO FRANCISCO	1830,81	20.236	12.582	7.654	SIT
11	BELO JARDIM	647,70	72.412	58.208	14.204	ACE
12	BETÂNIA	1244,07	12.005	3.709	8.296	SMO
13	BEZERROS	492,56	58.675	49.747	8.928	ACE
14	BODOCÓ	1553,85	35.178	12.836	22.342	SAR
15	BOM CONSELHO	786,19	45.506	29.782	15.724	AME
16	BOM JARDIM	222,47	37.828	15.191	22.637	ASE
17	BREJÃO	159,80	8.851	3.571	5.280	AME
18	BREJINHO	106,30	7.307	3.386	3.921	SPA
19	BREJO DA MADRE DE DEUS	762,09	45.192	35.135	10.057	ACE
20	BUIQUE	1345,13	51.990	21.121	30.869	AME
21	CABROBÓ	1658,07	30.883	19.811	11.072	SSF
22	CACHOEIRINHA	179,27	18.833	15.221	3.612	ACE
23	CAETÉS	330,47	26.577	7.520	19.057	AME
24	CAÇADO	114,44	11.125	3.810	7.315	AME
25	CALUMBI	221,04	5.651	2.181	3.470	SPA
26	CAMOCIM DE SÃO FÉLIX	53,58	17.104	14.329	2.775	ACE
27	CANHOTINHO	423,07	24.536	14.121	10.415	AME
28	CAPOEIRAS	335,26	19.593	6.263	13.330	AME
29	CARNAÍBA	436,98	18.585	7.633	10.952	SPA
30	CARNAUBEIRA DA PENHA	1010,17	11.782	1.982	9.800	SIT
31	CARUARU	920,61	314.951	278.098	36.853	ACE
32	CASINHAS	125,28	13.791	1.688	12.103	ASE
33	CEDRO	144,08	10.778	6.291	4.487	SCE
34	CHÃ GRANDE	70,19	20.020	13.670	6.350	MSU
35	CORRENTES	339,30	17.421	10.329	7.092	AME
36	CUMARU	292,94	17.166	8.032	9.134	ASE
37	CUPIRA	105,93	23.392	20.790	2.602	ACE
38	CUSTÓDIA	1404,10	34.305	21.947	12.358	SMO
39	DORMENTES	1537,59	16.915	6.004	10.911	SSF
40	EXU	1473,96	31.636	16.303	15.333	SAR
41	FLORES	953,85	22.171	9.364	12.807	SPA
42	FLORESTA	3643,97	29.284	19.972	9.312	SIT
43	FREI MIGUELINHO	212,70	14.231	3.383	10.848	ASE
44	GARANHUNS	472,46	129.392	115.344	14.048	AME
45	GRANITO	521,86	6.857	3.178	3.679	SAR
46	GRAVATÁ	513,37	76.669	68.389	8.280	ACE
47	IATI	635,14	18.271	7.718	10.553	AME
48	IBIMIRIM	2033,59	26.959	14.897	12.062	SMO
49	IBIRAJUBA	189,60	7.534	3.140	4.394	ACE
50	IGUARACI	838,12	11.780	6.112	5.668	SPA
51	INAJÁ	1182,16	19.081	7.958	11.123	SMO
52	INGAZEIRA	243,67	4.496	2.456	2.040	SPA
53	IPUBI	665,62	28.120	17.284	10.836	SAR
54	ITACURUBA	430,01	4.369	3.708	661	SIT
55	ITAÍBA	1068,29	26.264	9.651	16.613	AME
56	ITAPETIM	404,82	13.882	8.427	5.455	SPA
57	JATAÚBA	719,22	15.810	9.181	6.629	ACE
58	JATOBÁ	277,86	13.982	6.097	7.885	SIT
59	JOÃO ALFREDO	133,52	30.735	15.015	15.720	ASE
60	JUCATI	120,65	10.604	2.828	7.776	AME
61	JUPI	112,53	13.709	8.360	5.349	AME
62	JUREMA	148,25	14.494	8.748	5.746	AME
63	LAGOA DO OURO	198,77	12.121	6.018	6.103	AME

Continua na próxima página.

ORDEM	MUNICÍPIO	ÁREA (km²)	POP. TOTAL	POP. URBANA	POP. RURAL	RD
64	LAGOA DOS GATOS	233,16	15.615	8.641	6.974	ACE
65	LAGOA GRANDE	1852,19	22.719	10.369	12.350	SSF
66	LAJEDO	189,05	36.606	26.391	10.215	AME
67	MANARI	406,64	18.187	3.844	14.343	SMO
68	MIRANDIBA	809,25	14.308	7.141	7.167	SCE
69	MOREILÂNDIA	637,60	11.137	6.843	4.294	SAR
70	OROBÓ	140,78	22.865	8.216	14.649	ASE
71	OROCÓ	554,75	13.176	4.614	8.562	SSF
72	OURICURI	2423,00	64.335	32.577	31.758	SAR
73	PALMEIRINA	158,01	8.188	5.178	3.010	AME
74	PANELAS	371,16	25.654	13.966	11.688	ACE
75	PARANATAMA	230,88	11.001	2.238	8.763	AME
76	PARNAMIRIM	2608,07	20.227	8.380	11.847	SCE
77	PASSIRA	329,75	28.664	13.956	14.708	ASE
78	PEDRA	803,00	20.950	12.008	8.942	AME
79	PESQUEIRA	1000,22	62.793	45.026	17.767	ACE
80	PETROLÂNDIA	1056,65	32.485	23.615	8.870	SIT
81	PETROLINA	4558,54	294.081	219.309	74.772	SSF
82	POÇÃO	199,74	11.242	6.988	4.254	ACE
83	QUIXABA	209,96	6.735	2.491	4.244	SPA
84	RIACHO DAS ALMAS	314,00	19.158	8.779	10.379	ACE
85	SAIRÉ	195,46	11.242	6.305	4.937	ACE
86	SALGADINHO	88,81	9.287	3.062	6.225	ASE
87	SALGUEIRO	1689,00	56.641	45.718	10.923	SCE
88	SALOÁ	252,00	15.283	7.659	7.624	AME
89	SANHARÓ	256,18	21.960	12.492	9.468	ACE
90	SANTA CRUZ	1256,00	13.594	4.453	9.141	SAR
91	SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	114,93	11.769	5.277	6.492	SPA
92	SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE	1005,00	87.538	85.562	1.976	ASE
93	SANTA FILOMENA	195,58	13.322	2.226	11.096	SAR
94	SANTA MARIA DA BOA VISTA	335,53	39.473	14.861	24.612	SSF
95	SANTA MARIA DO CAMBUCÁ	92,14	13.023	3.277	9.746	ASE
96	SANTA TEREZINHA	727,00	10.991	6.876	4.115	SPA
97	SÃO BENTO DO UNA	382,48	53.232	28.007	25.225	ACE
98	SÃO CAITANO	244,44	35.278	27.081	8.197	ACE
99	SÃO JOÃO	242,63	21.305	9.661	11.644	AME
100	SÃO JOAQUIM DO MONTE	1479,96	20.489	14.122	6.367	ACE
101	SÃO JOSÉ DO BELMONTE	791,90	32.620	16.168	16.452	SCE
102	SÃO JOSÉ DO EGITO	2979,97	31.838	20.968	10.870	SPA
103	SERRA TALHADA	1603,60	79.241	61.288	17.953	SPA
104	SERRITA	2421,51	18.331	6.356	11.975	SCE
105	SERTÂNIA	138,40	33.723	18.548	15.175	SMO
106	SOLIDÃO	3001,17	5.744	1.831	3.913	SPA
107	SURUBIM	252,85	58.444	44.004	14.440	ASE
108	TABIRA	388,00	26.430	19.772	6.658	SPA
109	TACAÍMBÓ	227,60	12.704	7.076	5.628	ACE
110	TACARATU	1264,54	22.073	9.197	12.876	SIT
111	TAQUARITINGA DO NORTE	475,18	24.923	17.977	6.946	ASE
112	TEREZINHA	151,45	6.737	2.860	3.877	AME
113	TERRA NOVA	360,86	9.256	5.015	4.241	SCE
114	TORITAMA	30,93	35.631	34.198	1.433	ASE
115	TRINDADE	230,00	26.116	22.463	3.653	SAR
116	TRIUNFO	191,52	15.006	7.944	7.062	SPA
117	TUPANATINGA	795,64	24.254	8.496	15.758	AME
118	TUPARETAMA	185,54	7.925	6.351	1.574	SPA
119	VENTUROSA	338,12	16.064	10.351	5.713	AME
120	VERDEJANTE	476,06	9.142	2.692	6.450	SCE
121	VERTENTE DO LÉRIO	67,07	7.894	1.813	6.081	ASE
122	VERTENTES	191,09	18.267	12.978	5.289	ASE
TOTAL		86.183,95	3.656.169	2.375.108	1.281.061	10 RD's

RD: Região de Desenvolvimento; ASE: Agreste Setentrional; ACE: Agreste Central; AME: Agreste Meridional; SAR: Sertão do Araripe; SCE: Sertão Central; SSF: Sertão do São Francisco; SIT: Sertão de Itaparica; SPA: Sertão do Pajeú; SMO: Sertão do Moxotó; MSU: Mata Sul.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2007.

ANEXO B

Distritos dos municípios que integram a região do semiárido em Pernambuco.

RD	MUNICÍPIOS	Nº	DISTRITOS	
MSU	Chã Grande	0	-	
	Agrestina	2	Barra do Chata e Barra do Jardim	
	Alagoinha	1	Perpétuo Socorro	
	Altinho	1	Ituguaçu	
	Belo Jardim	3	Água Fria, Serra do Vento e Xucuru	
	Bezerros	2	Boas Novas e Sapucarana	
	Brejo da Madre de Deus	4	Barra do Farias, Fazenda Nova, Mandacaia e São Domingos	
	Cachoeirinha	1	Cabanas	
	Camocim de São Felix	0	-	
	Caruaru	3	Carapotós, Gonçalves Ferreira e Lajedo do Cedro	
	Cupira	1	Laje de São José	
	Gravatá	2	Mandacaru e Uruçu-Mirim	
	ACE	Ibirajuba	0	-
		Jatáuba	4	Jacu, Jundiá, Passagem do Tó e Riacho do Meio
		Lagoa dos Gatos	3	Entroncamento, Igarapeassu e Lagoa do Souza
		Panelas	3	Cruzes, São José e São Lázaro
		Pesqueira	5	Cimbres, Mimoso, Mutuca, Papagaio e Salobro
		Poção	1	Pão de Açúcar do Poção
		Riacho das Almas	4	Couro de Antas, Pinhões, Trapiá e Vitorino
		Sairé	0	-
Sanharó		2	Jenipapo e Mulungu	
São Bento do Una		1	Espírito Santo	
São Caetano		2	Maniçoba e Tapiraim	
São Joaquim do Monte		2	Barra do Riachão e Santana de São Joaquim	
Tacaimbó		1	Riacho Fechado	
Total		48	-	
AME		Águas Belas	1	Curral Novo
		Angelim	0	-
		Bom Conselho	4	Barra do Brejo, Caldeirões, Lagoa de São José e Rainha Isabel
		Brejão	0	-
	Buíque	3	Carneiro, Catimbau e Guanumbi	
	Caetés	0	-	
	Calçado	0	-	
	Canhotinho	2	Olho de Água de Dentro e Paquevira	
	Capoeiras	0	-	
	Correntes	1	Poço Comprido	
	Garanhuns	3	Iratama, São Pedro e Miracica	
	Iati	0	-	
	Itaíba	1	Negras	
	Jucatí	0	-	
	Jupi	0	-	
	Jurema	1	Santo Antônio das Queimadas	
	Lagoa do Ouro	1	Igapó	
	Lajedo	0	-	
	Palmeirina	0	-	
	Paranatama	0	-	
	Pedra	4	Horizonte Alegre, Poço do Boi, Santo Antônio e São Pedro do Cordeiro	
	Saloá	1	Iatecá	
	São João	0	-	
	Terezinha	0	-	
	Tupanatinga	0	-	
	Venturosa	1	Grotão	
	Total	23	-	

Continua na próxima página.

RD	MUNICÍPIOS	Nº	DISTRITOS
ASE	Bom Jardim	4	Bizarra, Encruzilhada, Tamboatá e Umari
	Casinhas	0	-
	Cumarú	1	Ameixas
	Frei Miguelinho	1	Lagoa de João Carlos
	João Alfredo	0	-
	Orobó	2	Chã do Rocha e Umburetama
	Passira	1	Bengalas
	Salgadinho	0	-
	Santa Cruz do Capibaribe	2	Pará e Poço Fundo
	Santa Maria do Cambuca	0	-
	Surubim	1	Chéus
	Taquaritinga do Norte	2	Gravatá do Ibiapina e Pão de Açúcar
	Toritama	0	-
	Vertente do Lério	0	-
	Vertentes	0	-
Total	14	-	
SAR	Araripina	6	Bom Jardim do Araripe, Gergelim, Lagoa do Barro, Morais, Nascente e Serrânia
	Bodoco	2	Claranã e Feitoria
	Exu	4	Tabocas, Timorante, Viração e Zé Gomes
	Granito	0	-
	Ipubi	2	Serra Branca e Serrolândia
	Moreilândia	1	Caririmirim
	Ouricuri	1	Barra de São Pedro
	Santa Cruz	0	-
	Santa Filomena	0	-
	Trindade	0	-
Total	16	-	
SCE	Cedro	0	-
	Mirandiba	1	Tupanaci
	Parnamirim	2	Icaçara e Veneza
	Salgueiro	4	Conceição das Crioulas, Pau Ferro, Umãs e Vasques
	São José do Belmonte	1	Bom Nome
	Serrita	2	Ipuera e Ori
	Terra Nova	0	-
	Verdejante	0	-
Total	10	-	
SIT	Belém do São Francisco	2	Ibó e Riacho Pequeno
	Carnaubeira da Penha	0	-
	Floresta	2	Airi e Nazaré do Pico
	Itacuruba	0	-
	Jatobá	1	Volta do Moxotó
	Petrolândia	0	-
	Tacaratu	1	Caraibeiras
Total	6	-	
SMO	Arcoverde	0	-
	Betânia	1	São Caetano do Navio
	Custódia	2	Maravilha e Quitimbu
	Ibimirim	1	Moxotó
	Inajá	0	-
	Manari	0	-
	Sertânia	4	Albuquerque Né, Algodões, Henrique Dias e Rio da Barra
Total	8	-	

Continua na próxima página.

RD	MUNICÍPIOS	Nº	DISTRITOS
SSF	Afrânio	3	Arizona, Cachoeira do Roberto e Poção de Afrânio
	Cabrobo	0	-
	Dormentes	4	Caatinga Grande, Lagoa de Fora, Lagoas e Monte Orebe
	Lagoa Grande	1	Jutaí
	Orocó	0	-
	Sta Maria da Boa Vista	2	Caraíbas e Urimamã
	Petrolina	3	Cristália, Curral Queimado e Rajada
	Total	13	-
SPA	Afogados da Ingazeira	0	-
	Brejinho	0	-
	Calumbi	0	-
	Carnaíba	1	Ibitiranga
	Flores	2	Fátima e Sítio dos Nunes
	Iguaraci	2	Irajaí e Jabitacá
	Itapetim	1	São Vicente
	Quixaba	0	-
	Santa Cruz da Baixa Verde	0	-
	Santa Terezinha	0	-
	São José do Egito	2	Bonfim e Riacho do Meio
	Serra Talhada	8	Bernardo Vieira, Caiçarina da Penha, Logradouro, Luanda, Pajeú, Santa Rita, Tauapiranga e Varzinha.
	Solidão	0	-
	Tabira	0	-
	Triunfo	2	Canaã e Iraguaçu
	Tuparetama	1	Santa Rita
	Ingazeira	0	-
	Total	19	-
TOTAL GERAL	157	-	

RD: Região de Desenvolvimento; MSU: Mata Sul; ASE: Agreste Setentrional; ACE: Agreste Central; AME: Agreste Meridional; SAR: Sertão do Araripe; SCE: Sertão Central; SSF: Sertão do São Francisco; SIT: Sertão de Itaparica; SPA: Sertão do Pajeú; SMO: Sertão do Moxotó.

Fonte: Adaptado de PERNAMBUCO, 2011b.

ANEXO C

Características das bacias hidrográficas pertencentes à região do semiárido em Pernambuco.

Bacia Hidrográfica				Municípios Totalmente Inseridos	Municípios Parcialmente Inseridos	RD
Rio / Riacho	Extensão (km)	Área (km²)	%			
Riacho Imburana ⁽¹⁾ (UP-27)	34	1.298,22	1,32	-	Petrolina	SSF
Riacho do Pontal (UP-13)	200	6.015,33	6,12	Afrânio	Petrolina, Dormentes e Lagoa Grande.	SSF
Riacho Recreio ⁽²⁾ (UP-26)	59	1.205,91	1,23	-	Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista.	SSF
Riacho Caraibas (UP-25)	69	838,24	0,85	-	Orocó e Santa Maria da Boa Vista.	SSF
Riacho do Oiti ⁽³⁾ (UP-24)	-	706,67	0,72	-	Cabrobó e Orocó.	SSF
Riacho das Garças (UP-12)	192	4.094,10	4,16	-	Santa Maria da Boa Vista Dormentes, Lagoa Grande.	SSF
				-	Parnamirim.	SCE
				-	Santa Filomena, Santa Cruz, Ouricuri,	SAR
Brígida (UP-11)	193	13.495,73	13,73	Araripina, Bodocó, Moreilândia, Granito, Ipubi, Trindade, Exú, Ouricuri.	Santa Cruz, Santa Filomena.	SAR
				-	Cabrobó, Orocó, e Santa Maria da Boa Vista,	SSF
				Parnamirim	Serrita.	SCE
Terra Nova (UP-10)	40	4.887,71	4,97	Cedro, Salgueiro e Terra Nova.	Mirandiba, São José do Belmonte, Serrita, Parnamirim, Verdejante.	SCE
				-	Cabrobó e Orocó.	SSF
				-	Belém do São Francisco, Carnaubeira da Penha.	SIT
Riacho de Baixo ⁽⁴⁾ (UP-23)	27	1.308,72	1,33	-	Belém do São Francisco e Itacuruba.	SIT
Pajeú (UP-09)	353	16.685,63	16,97	-	Carnaubeira da Penha, Floresta, Itacuruba, Belém do São Francisco.	SIT
				Afogados da Ingazeira, Brejinho, Calumbi, Flores, Ingazeira, Itapetim, Quixabá, Santa Cruz da Baixa Verde, Santa Terezinha, São José do Egito, Serra, Talhada, Solidão, Tabira, Triunfo e Tuparetama.	Carnaíba, Igaraci.	SPA
				-	Mirandiba, São José do Belmonte, Salgueiro.	SCE
				Betânia.	Ibimirim, Custódia.	SMO
Riacho dos Mandantes ⁽⁵⁾ (UP-22)	54	2.284,78	2,32	-	Inajá.	SMO
				Petrolândia.	Jatobá, Floresta Tacaratu.	SIT
Moxotó (UP-08)	226	9.744,01 8.772,32 ⁽⁶⁾	8,92	-	Tacaratu, Floresta, Jatobá.	SIT
				Inajá e Sertânia.	Arcoverde, Custódia, Ibimirim, Manari.	SMO
				-	Igaraci, Buíque, Tupanatinga.	SPA AME

Continua na próxima página.

Bacia Hidrográfica				Municípios Totalmente Inseridos	Municípios Parcialmente Inseridos	RD
Rio / Riacho	Extensão (km)	Área (km ²)	%			
Riacho do Trapiche ⁽⁷⁾ (UP-21)	13	159,73	0,16	-	Itaíba	AME
Ipanema (UP-07)	139 ⁽⁸⁾	6.209,67	6,32	-	Arcoverde, Ibimirim, Manari.	SMO
				-	Alagoinha, Pesqueira.	ACE
				Águas Belas e Pedra	Bom Conselho, Caetés, Buíque, Iati, Itaíba, Paranatama, Saloá, Tupanatinga, Venturosa.	AME
Riacho Seco ⁽⁹⁾ (UP-20)	90	1.364,39	1,39	Terezinha	Bom Conselho, Brejão, Paranatama, Caetés, Capoeira, Garanhuns, Iati, Lagoa do Ouro e Saloá.	AME
Mundaú (UP-06)	69 ⁽⁸⁾	4.090,39 2.154,26 ⁽⁶⁾	2,19	Angelim, Correntes, Palmeirina e São João.	Caetés, Canhotinho, Garanhuns, Lagoa do Ouro, Brejão, Calçado, Capoeira, Jucati, Jurema, Jupi e Lajedo.	AME
Una (UP-05)	290	6.740,31 6.262,78 ⁽⁶⁾	6,37	-	Bonito, Caetés, Calçado, Canhotinho, Capoeiras, Jucati, Jupi, Jurema, Lajedo, São Bento do Una, São Joaquim do Monte, Venturosa.	AME
				Cupira, Lagoa dos Gatos, Ibirajuba, Panelas.	Agrestina, Altinho, Barra de Guabiraba, Bezerros, Cachoeirinha, Camocim de São Félix, Caruaru, Pesqueira, Sanharó, São Caetano, Tacaimbó.	ACE
				Belém de Maria, Catende, Jaqueira, Maraial, Palmares, São Benedito do Sul e Xexéu.	Água Preta, Barreiros, Quipapá, Gameleira, Joaquim Nabuco, Rio Formoso, São José da Coroa Grande, Tamandaré	MSU
Sirinhaém (UP-04)	158	2.090,64	2,13	Cortês e Ribeirão.	Água Preta, Amaraji, Escada, Gameleira, Joaquim Nabuco, Sirinhaém, Primavera, Tamandaré, Rio Formoso.	MSU
				-	Camocim de São Félix, Barra de Guabiraba, Sairé, Bezerros, Bonito, Gravatá, São Joaquim do Monte,	ACE
				-	Ipojuca.	RMR
Ipojuca (UP-03)	320	3.435,34	3,49	-	Ipojuca,	RMR
				-	Amaraji, Escada, Vitória de Santo Antão. Chã Grande, Pombos, Primavera,	MSU
				-	Arcoverde	SMO
				-	Venturosa	AME
				-	Agrestina, Alagoinha, Altinho, Belo Jardim, Bezerros, Cachoeirinha, Caruaru, Gravatá, Sanharó, São Caetano, Tacaimbó, Pesqueira, Poção, Sairé, São Bento do Uma, Riacho das Almas.	ACE

Continua na próxima página.

Rio / Riacho	Bacia Hidrográfica			Municípios Totalmente Inseridos	Municípios Parcialmente Inseridos	RD
	Extensão (km)	Área (km ²)	%			
Capibaribe (UP-02)	280	7.454,88	7,58	Brejo da Madre de Deus, Jataúba.	Bezerros, Belo Jardim, Caruaru, Gravatá, São Caetano, Tacaimbó, Riacho das Almas, Sanharó, Pesqueira, Poção.	ACE
				Cumarú, Feira Nova, Frei Miguelinho, Passira, Santa Cruz do Capibaribe, Santa Maria do Cambucá, Surubim, Toritama, Vertentes e Vertente do Lério.	Bom Jardim, Casinhas, João Alfredo, Limoeiro, Salgadinho, Taquaritinga do Norte.	ASE
				-	Camaragibe, Recife, São Lourenço da Mata, Moreno.	RMR
				-	Chã Grande, Pombos, Vitória de Santo Antão.	MSU
				Chã de Alegria, Glória do Goitá, Lagoa de Itaenga.	Carpina, Lagoa do Carro, Paudalho, e Tracunhaém.	MNO
Goiana (UP-01)	18	2.847,53	2,90	Aliança, Buenos Aires, Camutanga, Condado, Ferreiros, Nazaré da Mata, Timbaúba e Vicência.	Carpina, Goiana, Itaquitinga, Itambé, Lagoa do Carro, Macaparana, Tracunhaém, Paudalho.	MNO
				Machados.	Bom Jardim, Casinhas, João Alfredo, Limoeiro, Salgadinho.	ASE
				-	Araçoiaba, Igarassu,	RMR

RD: Região de Desenvolvimento; ASE: Agreste Setentrional; ACE: Agreste Central; AME: Agreste Meridional; SAR: Sertão do Araripe; SCE: Sertão Central; SSF: Sertão do São Francisco; SIT: Sertão de Itaparica; SPA: Sertão do Pajeú; SMO: Sertão do Moxotó; MSU: Mata Sul. MNO: Mata Norte. 1 - Grupo G18 formado por pequenos riachos destacando-se, dentre eles, os riachos Vitória, das Porteiras, Salina, Bebedouro e Imburana, que drenam a porção sul do município de Petrolina. O riacho que merece maior destaque é o riacho Imburana. 2 - Destacam-se ainda o riacho Curral Novo e o riacho Canaã, com aproximadamente 14 km e 20 km de extensão, respectivamente. 3 - O G15 é formado por 5 pequenas sub-bacias que deságuam diretamente na margem esquerda do rio São Francisco, destacando-se, dentre elas, a sub-bacia do riacho do Oiti, que serve de limite entre os municípios de Orocó e Cabrobó, e a sub-bacia do rio Saco da Serra. 4 - O G14 é formado por diversos rios de pequena extensão, que é constituído pelas bacias do riacho da Porta, Ipueira, de Baixo (destaque), da Simpatia, do Mocó, do Cachorro e da Coroa. 5 - O grupo G1-3 é composto por uma grande quantidade de pequenos rios e riachos que deságuam no lago formado pelo reservatório de Itaparica, no rio São Francisco. Pertencem a esse grupo o riacho do Caldeirão, riacho das Areias, riacho dos Mandantes (destaque), riacho da Barreira e riacho da Quixabinha. 6 - Área pertencente ao Estado de Pernambuco. 7 - O grupo G12 é composto por diversas nascentes do riacho do Capim, afluente pela margem esquerda do Rio São Francisco que se encontra em território alagoano. Destacam-se o riacho do Trapiche e o riacho do Mel. 8 - Extensão pertencente ao Estado de Pernambuco. 9 - O grupo G11 tem como principais cursos d'água o rio Traipu, o rio Paraíba e o riacho Seco, com extensões aproximadas de 12 km, 46 km e 90 km, respectivamente.

Fonte: Adaptado de PERNAMBUCO, 2006.

ANEXO D

Principais sistemas adutores do semiárido pernambucano.

Adutora	Extensão (km)	Manancial	Vazão de Projeto (l/s)	Principal Uso (Previsto)	População Beneficiada (hab.)	Região Beneficiada
Afogados da Ingazeira (construída)	110,00	12 poços, a partir do Aquífero Fátima – Tacaratu, Floresta/PE	84,78	Abastecimento Humano	Ano 2001: 33.175 Ano 2031: 46.086	Afogados da Ingazeira, Carnaíba, Ibiritanga, Quixaba, São João, Solidão, Comunidades rurais e pequenas comunidades ao longo da adutora.
Afrânio/ Dormentes (construída)	180,00	Reservatório R-3 da CODEVASF, a partir das águas do Rio São Francisco.	52,37	Abastecimento Humano	Projeção inicial: 38.000 Ano 2024: 52.000	Afrânio, Dormentes e comunidades ao longo da adutora.
Arcoverde (construída)	74,00	04 poços artesianos instalados na Bacia Sedimentar do jatobá, situada em Ibimirim.	91,04	Abastecimento Humano	70.000	Sertânia, Arcoverde e o Distrito de Cruzeiro do Nordeste, bem como as comunidades de Frutuoso, Moderna, Campos e Umburana.
Bituri (construída)	100,00	Barragem Bituri	250,00	Abastecimento Humano	197.700	Belo Jardim, Cachoeirinha, Pesqueira, Sanharó, São Bento do Una e Tacaimbó.
Canal do Sertão Pernambucano (projetada)	578,00	Rio São Francisco	139.400,00	Irrigação, Dessedentação animal e Abastecimento	Ano 2020: 640.000	Petrolina, Afrânio, Dormentes, santa Filomena, Santa Cruz, Parnamirim, Serrita, Bodocó, Granito, Ouricuri, Trindade, Cedro, Moreilândia, Ipubi, Araripina e Exú.
Eixo Leste (trecho situado em Pernambuco) (projetada)	171,55	Reservatório de Itaparica	18.000,00	Irrigação	-	Perímetro irrigado: 20.000 ha.
Eixo Norte (trecho situado em Pernambuco)	Trecho I:143,00	Rio são Francisco	99.000,00	-	-	-
	Trecho VI: 170,28 PE	Rio são Francisco	25.000,00	Irrigação	-	Perímetro irrigado: 12.600 ha.
Frei Damião (projetada)	595,00	Rio São Francisco	1.700,00	Abastecimento Humano	1.215.000	Jatobá, Tacaratu, Inajá, Manari, Tupanatinga, Buíque, Pedra, Venturosa, Arcoverde, Alagoinha, Pesqueira, Itaíba, Águas Belas, Iati, Saloá, Pesqueira, Brejão, Capoeiras, Paranatama, Caetés, Jupi, Jucati, Garanhuns, São João, Lajedo e Angelim.

Continua na próxima página.

Adutora	Extensão (km)	Manancial	Vazão de Projeto (l/s)	Principal Uso (Previsto)	População Beneficiada (hab.)	Região Beneficiada
Jucazinho (construída)	297,00	Barragem Antônio Gouveia (Reservatório Jucazinho)	1.600,00	Abastecimento Humano	844.000	Bezerros, Caruaru, Casinhas, Chã Grande, Cumarú, Frei Miguelinho, Gravatá, Jurema, Passira, Riacho das Almas, Salgadinho, Santa Cruz do Capibaribe, Santa Maria do Cambucá, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama, Vertente do Lério e Vertentes, além de outras localidades ao longo da adutora.
Luiz Gonzaga (Ramal II da Adutora do Oeste) (construída)	122,00	Rio São Francisco	103,70	Abastecimento Humano	55.000	Bodocó, Exú, Granito, Moreilândia e outras localidades ao longo da adutora.
Oeste (construída)	725,00	Rio São Francisco Reservatório de Sobradinho	500,00	Abastecimento Humano	270.000 (PE / PI)	Araripina, Bodocó, Exú, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Jatobá, Parnamirim, Santa Cruz, Santa Filomena, Santa Maria da Boa Vista e Trindade.
Pajeú (projetada)	425,60	Reservatório de Itaparica	831	Abastecimento Humano	450.000	Floresta, Serra Talhada, Calumbi, Triunfo, Santa Cruz da Baixa Verde, Flores, Caraíba, Afogados da Ingazeira, Igaraci, Ingazeira, Solidão, Tabira, Santa Terezinha, Tuparetama, São José do Egito, Itapetim, Brejinho.
Prata (construída)	35,00	Barragem do Prata	480,00	Abastecimento Humano	265.000	Agrestina, Caruaru e Belém de Maria.
Ramal do Agreste (projetada)	213,78	Rio São Francisco	6.000,00	Abastecimento Humano	4.608.000	Belo Jardim, Caruaru, Bezerros, Gravatá e municípios da bacia leiteira de Ipanema e o Alto Capibaribe.
Salgueiro (construída)	188,80	Rio São Francisco	400,00	Abastecimento Humano	107.371	Salgueiro, Cabrobó, Parnamirim, Serrita, Terra Nova, Verdejante e outras localidades ao longo da adutora.

Fonte: Adaptado de PERNAMBUCO, 2006.

ANEXO E

Informações sobre abastecimento de água na região do semiárido segundo o SNIS.

Município	População (habitante)	Índice Atendimento (%)	Pop. Urbana Atendida (habitante)	Volume de Água Consumido (1.000 m³/ano)
Afogados da Ingazeira	35.091	84,17	29.536	809
Afrânio	17.588	41,12	7.232	218
Agrestina	22.680	79,68	18.072	540
Águas Belas	40.007	48,03	19.216	527
Alagoinha	13.761	41,33	5.687	136
Altinho	22.363	63,64	14.232	439
Angelim	10.204	53,73	5.483	151
Araripina	77.363	56,02	43.341	1.254
Arcoverde	69.157	80,90	55.950	1.548
Belém de São Francisco	20.236	63,93	12.936	392
Belo Jardim	72.412	97,35	70.491	2.018
Betânia	12.005	39,09	4.693	109
Bezerras	58.675	75,32	44.196	1.211
Bodocó	35.178	41,51	14.602	420
Bom Conselho	45.506	53,37	24.288	650
Bom Jardim	37.828	58,03	21.950	534
Brejão	8.851	37,48	3.317	75
Brejinho	7.307	48,32	3.531	110
Brejo da Madre de Deus	45.192	47,74	21.575	612
Buíque	51.990	24,06	12.507	319
Cabrobó	30.883	75,66	23.367	666
Cachoeirinha	18.833	75,89	14.292	372
Caetés	26.577	20,86	5.545	144
Calçado	11.125	32,40	3.604	102
Calumbi	5.651	41,25	2.331	69
Camocim de São Félix	17.104	66,99	11.458	385
Canhotinho	24.536	51,30	12.588	370
Capoeiras	19.593	29,20	5.721	161
Carnaíba	18.585	40,90	7.602	217
Carnaubeira da Penha ⁽¹⁾	11.782	-	-	-
Caruaru	314.951	91,09	286.874	10.540
Casinhas	13.791	10,40	1.434	42
Cedro	10.778	69,58	7.499	182
Chã Grande	20.020	53,08	10.626	296
Correntes	17.421	58,15	10.130	283
Cumaru	17.166	29,57	5.076	162
Cupira	23.392	91,30	21.357	639
Custódia	34.305	46,69	16.018	475
Dormentes	16.915	37,15	6.284	179
Exu	31.636	40,47	12.803	318
Flores	22.171	47,63	10.560	296
Floresta	29.284	67,70	19.825	468
Frei Miguelinho	14.231	10,48	1.492	45
Garanhuns	129.392	86,10	111.406	3.271
Granito	6.857	47,83	3.280	78
Gravatá	76.669	112,37	86.150	3.035
Iati	18.271	50,57	6.720	736
Ibimirim	26.959	48,52	13.080	299
Ibirajuba	7.534	41,80	3.149	91
Iguaraci	11.780	60,59	7.138	209
Inajá	19.081	69,18	12.700	-
Ingazeira	4.496	36,81	1.655	57
Ipubi	28.120	41,90	11.783	308
Itacuruba	4.369	99,70	4.356	136
Itaíba	26.264	56,68	14.887	436
Itapetim	13.882	60,31	8.372	238
Jataúba	15.810	19,06	3.013	58
Jatobá	13.982	73,72	5.956	-
João Alfredo	30.735	51,54	15.842	523
Jucati	10.604	33,67	3.570	84
Jupi	13.709	19,64	2.693	81

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2010a.

1: o SNIS não dispõe de informações.

Continua na próxima página.

Município	População (habitante)	Índice Atendimento (%)	Pop. Urbana Atendida (habitante)	Volume de Água Consumido (1.000 m ³ /ano)
Jurema	14.494	68,10	9.871	299
Lagoa do Ouro	12.121	45,24	5.484	173
Lagoa dos Gatos	15.615	49,31	7.699	243
Lagoa Grande	22.719	73,36	16.666	430
Lajedo	36.606	87,66	32.089	893
Manari	18.187	19,31	3.512	46
Mirandiba	14.308	71,33	10.206	214
Moreilândia	11.137	45,97	5.120	136
Orobó	22.865	22,21	5.079	126
Orocó	13.176	35,23	4.642	117
Ouricuri	64.335	64,04	41.197	1.134
Palmeirina	8.188	45,66	3.739	114
Panelas	25.654	53,70	13.775	386
Paranatama	11.001	10,36	1.140	35
Parnamirim	20.227	47,33	9.573	264
Passira	28.664	49,31	14.133	358
Pedra	20.950	45,57	9.547	265
Pesqueira	62.793	64,95	40.786	1.080
Petrolândia	32.485	73,56	23.895	702
Petrolina	294.081	73,16	215.159	7.377
Poção	11.242	34,92	3.926	52
Quixaba	6.735	42,12	2.837	68
Riacho das Almas	19.158	45,06	8.632	219
Sairé	11.242	49,44	5.558	175
Salgadinho	9.287	36,29	3.370	98
Salgueiro	56.641	97,97	55.489	1.726
Saloá	15.283	30,18	4.613	132
Sanharó	21.960	72,01	15.813	484
Santa Cruz	13.594	39,24	5.334	156
Santa Cruz da Baixa Verde	11.769	2,18	256	6
Santa Cruz do Capibaribe	87.538	72,46	63.427	1.905
Santa Filomena	13.322	21,27	2.834	84
Santa Maria da Boa Vista	39.473	41,15	16.245	464
Santa Maria do Cambucá	13.023	19,70	2.565	73
Santa Terezinha	10.991	68,06	7.480	176
São Bento do Una	53.232	47,11	25.079	704
São Caitano	35.278	60,51	21.345	580
São João	21.305	46,54	9.915	297
São Joaquim do Monte	20.489	66,38	13.600	434
São José do Belmonte	32.620	45,93	14.981	419
São José do Egito	31.838	69,14	22.013	674
Serra Talhada	79.241	83,40	66.087	1.729
Serrita	18.331	47,89	8.779	203
Sertânia	33.723	48,43	16.332	419
Solidão	5.744	23,17	1.331	32
Surubim	58.444	83,59	48.854	1.252
Tabira	26.430	75,40	19.928	514
Tacaimbó	12.704	57,26	7.274	212
Tacaratu	22.073	38,92	8.590	228
Taquaritinga do Norte	24.923	14,68	3.658	104
Terezinha	6.737	42,24	2.846	78
Terra Nova	9.256	87,27	8.078	189
Toritama	35.631	84,45	30.091	888
Trindade	26.116	92,23	24.086	638
Triunfo	15.006	47,40	7.113	183
Tupanatinga	24.254	33,54	8.136	218
Tuparetama	7.925	98,78	7.828	228
Venturosa	16.064	53,47	8.589	214
Verdejante	9.142	93,42	8.540	215
Vertente do Lério	7.894	48,95	2.994	25
Vertentes	18.267	59,37	10.846	329
Total	3.656.169	63,78	2.323.675	69.334

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2009.

ANEXO F

Principais ações propostas para adequação do fornecimento de água de abastecimentos no semiárido.

	Municípios	Pop. Atend. (hab.)	Vazão (L/s)	Ação	Proponente
ACE	Agrestina	15.961	53,2	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	COMPESA
	Altinho	16.991	37,33		
	Bezerros	59.096	196,99		
	Brejo da Madre de Deus	20.063	66,88		
	Caruaru	339.869	830,00	Sistema Adutor do Comevô	
	Ibirajuba	2.340	7,8	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
	Jatáuba	9.181	27,05	Adutora Poço Fundo/ETA	
	Pesqueira	49.000	137,22	Ampliação e Adequação da Rede e Reforma das ETAs	
	Riacho das Almas	18.823	62,74	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
	São Bento do Una	32.304	106,78		
São Caitano	28.389	94,63			
São Joaquim do Monte	14122	-	Ampliação do SES	FUNASA	
AME	Bom Conselho	43.972	146,57	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	COMPESA
	Caetés	6.334	21,11		
	Canhotinho	14.000	30,00	Adequação e Ampliação do SAA - reforma ETA	
	Garanhuns	31.847	107,00	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
	Itaíba	14.782	49,27		
	Jurema	7.400	24,67	Ampliação e Reforma do SAA	
	Lajedo	52.910	-		
	São João	12.036	25,07	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
Venturosa	10.669	35,56	Manutenção, setorização da rede e hidrometração		
ASE	Bom Jardim	20.440	68,13	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	COMPESA
	Casinhas	1.468	46,79		
	Frei Miguelinho	3.383	28,85		
	João Alfredo	13.797	45,99		
	Orobo	6.050	20,17		
	Santa Maria do Cambuca	7.000	-	Ampliação do SAA	
	Surubim	61.432	204,77	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
	Taquaritinga do Norte	9.000	21,55	Ampliação do SAA - Barragem Mateus Vieira	
	Toritama	31115	103,72	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
	Vertente do Lério	3727	12,42		
Vertentes	18102	60,34			
SAR	Araripina	41.386	137,95	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	COMPESA
	Bodocó	11.851	39,5		
	Exu	13.537	45,12		
	Ipubi	14.694	48,98		
	Ouricuri	120.000	200,00	ETA compacta - adutora do oeste	
	Santa Cruz	3.932	13,11	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
	Santa Filomena	1.965	6,55	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
Trindade	22.463	-	Ampliação do SAA	FUNASA	
SCE	Salgueiro	1.200	-	SAA de Pau Ferro	COMPESA
	São José do Belmonte	16.168	-	Ampliação do SAA	FUNASA
	Serrita	6.356	-		
	Terra Nova	5.015	-		
SIT	Belém de São Francisco	13.752	44,94	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
	Floresta	28.629	89,47	Ampliação do SAA	
	Jatobá	20.000	42,54	Sub-adutora - Jatobá e Vila de Itaparica	
	Tacaratu	10.000	10,76	Sistema Integrado Jatobá/Tacaratu	
SMO	Betânia	3.709	-	Ampliação do SAA	FUNASA
	Custódia	17.846	60,23	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	COMPESA
	Ibimirim	14.169	47,23		
SSF	Afrânio	5.274	17,58	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	
	Cabrobó	20.407	68,03		
	Dormentes	6.004	-	Ampliação do SAA	FUNASA
	Lagoa Grande	10.369	-	Ampliação do SAA	
	Orocó	4.248	14,16	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	COMPESA
	Sta. Maria da Boa Vista	16.330	54,43		
Carnaíba	8.558	26,15			
SPA	Quixaba	2.873	9,58	Manutenção, setorização da rede e hidrometração	COMPESA
	São José do Egito	24.979	83,26		
	Serra Talhada	70.190	237,97		
	Solidão	1.729	5,76		
	Tabira	27.417	89,6		

ANEXO G

Municípios do semiárido com ações de implantação sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto.

	Municípios	População Atendida (hab.)	Proponente	Ação
ACE	Sanharó	12.492	FUNASA	Execução das obras e serviços relativos ao sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto
	Tacaimbó	7076		
AME	Buíque	21.121	CODEVASF	Execução das obras e serviços relativos ao sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto
	Pedra	12.008	FUNASA	
	Venturosa	10.351		
ASE	Bom Jardim	15.191	FUNASA	Execução das obras e serviços relativos ao sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto
SAR	Bodoco	12.836	CODEVASF	Execução das obras e serviços relativos ao sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto
	Exu	16.303		
	Granito	3.178		
	Ipubi	17.284		
	Moreilândia	6.843		
	Trindade	22.463		
SCE	Cedro	6.291	CODEVASF	Execução das obras e serviços relativos ao sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto
	Parnamirim	8.380		
	Salgueiro	45.718	COMPESA	
	São José do Belmonte	16.168	FUNASA	
SIT	Belém de São Francisco	12.582	CODEVASF	Execução das obras e serviços relativos ao sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto
	Carnaubeira da Penha	1.982	FUNASA	
	Floresta	19.972	CODEVASF	
	Jatobá	6.097	COMPESA	
	Tacaratu	9.197	FUNASA	
SMO	Betânia	3.709	FUNASA	Execução das obras e serviços relativos ao sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto
	Custódia	21.947		
	Ibimirim	14.897	CODEVASF	
	Sertânia	18.548		
SSF	Afranio	5.859	CODEVASF	Execução das obras e serviços relativos ao sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto
	Cabrobo	19.811		
	Lagoa Grande	10.369	FUNASA	
	Sta. Maria da Boa Vista	14.861	CODEVASF	
SPA	Afogados da Ingazeira	27.406	CODEVASF	Execução das obras e serviços relativos ao sistema de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto
	Calumbi	2.181		
	Iguaraci	6.112		
	Santa Terezinha	6.876		
	São José do Egito	20.968		
	Tabira	19.772		

Fonte: PERNAMBUCO, 2011e.

ANEXO H

Principais tipos de solos localizados nas proximidades da zona urbana dos municípios da região do semiárido.

MUNICÍPIO	TIPO DE SOLO
AFOGADOS DA INGAZEIRA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
AFRÂNIO	Cambissolos (CH/CY/CX)
ÁGUAS BELAS	Neossolo Regolítico (RR)
AGRESTINA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
ALAGOINHA	Luvissolo (TC/TX)
ALTINHO	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
ANGELIN	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
ARARAPINA	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
ARCOVERDE	Neossolo Quartzarênico (RQ) e Cambissolos (CH/CY/CX)
BREJO DA MADRE DE DEUS	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
BELÉM DE SÃO FRANCISCO	Luvissolo (TC/TX)
BELO JARDIM	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
BETÂNIA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
BEZERROS	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
BOM CONSELHO	Neossolo Regolítico (RR)
BODOCÓ	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
BOM JARDIM	Luvissolo (TC/TX)
BREJÃO	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
BREJINHO	Neossolo Litólico (RL)
BUIQUE	Argissolo Amarelo (PA)
CABROBÓ	Luvissolo (TC/TX)
CACHOEIRINHA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
CAETÊS	Neossolo Regolítico (RR)
CAÇADO	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
CALUMBI	Luvissolo (TC/TX)
CANHOTINHO	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
CAPOEIRAS	Neossolo Regolítico (RR)
CARNAIBA	Luvissolo (TC/TX)
CARUARU	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
CASINHAS	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
CAMOCIM DE SÃO FÉLIX	Latossolos Amarelos (LA)
CEDRO	Vertissolos (VG/VE/VX)
CHÁ GRANDE	Argissolo Amarelo (PA)
CORRENTES	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
CUMARU	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
CUPIRA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN) e Neossolo Regolítico (RR)
CUSTÓDIA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
CARNAUBEIRA DA PENHA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN) e Neossolo Regolítico (RR)
DORMENTES	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
EXU	Argissolo Amarelo (PA)
FLORES	Luvissolo (TC/TX)
FLORESTA	Luvissolo (TC/TX)
FREI MIGUELINHO	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
GARANHUNS	Latossolos Amarelos (LA)
GRANITO	Neossolo Litólico (RL)
GRAVATÁ	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
IATI	Neossolo Regolítico (RR)
IBIMIRIM	Neossolo Quartzarênico (RQ)
IBIRAJUBA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
IGUARACI	Neossolo Litólico (RL)
INAJÁ	Neossolo Quartzarênico (RQ)
INGAZEIRA	Argissolo Amarelo (PA) e Neossolo Litólico (RL)
ITACARUBA	Luvissolo (TC/TX)
IPUBI	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
ITAIBA	Neossolo Regolítico (RR)
ITAPETIM	Argissolo Amarelo (PA)
JATOBÁ	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
JOÃO ALFREDO	Neossolo Litólico (RL), Planossolo (Hidromórfico e Háptico) (SX)
JATAUBA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
JUCATI	Neossolo Regolítico (RR)

Continua na próxima página.

MUNICIPIO	TIPO DE SOLO
JUREMA	Neossolo Regolítico (RR)
JUPI	Neossolo Regolítico (RR) e Argissolo Amarelo (PA)
LAGOA DO OURO	Neossolo Regolítico (RR)
LAGOA DOS GATOS	Argissolo Amarelo (PA)
LAGOA GRANDE	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
LAJEDO	Neossolo Regolítico (RR)
MANARI	Neossolo Regolítico (RR)
MIRANDIBA	Neossolo Quartzarênico (RQ)
MOREILÂNDIA	Argissolo Amarelo (PA)
OROBÓ	Luvissolo (TC/TX)
OROCÓ	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
ORICURI	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
PALMERINA	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
PANELAS	Argissolo Amarelo (PA)
PARANATAMA	Neossolo Regolítico (RR)
PARNAMIRIM	Luvissolo (TC/TX)
PASSIRA	Luvissolo (TC/TX)
PEDRA	Neossolo Regolítico (RR)
PESQUEIRA	Neossolo Litólico (RL) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
PETROLÂNDIA	Neossolo Quartzarênico (RQ)
PETROLINA	Neossolo Quartzarênico (RQ)
POÇÃO	Argissolo Amarelo (PA)
QUIXABÁ	Luvissolo (TC/TX)
RIACHO DAS ALMAS	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
SAIRÉ	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
SALGADINHO	Luvissolo (TC/TX) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
SALGUEIRO	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
SALOÁ	Neossolo Regolítico (RR)
SANHARÓ	Neossolo Litólico (RL) e Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
SANTA CRUZ	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e Neossolo Litólico (RL)
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	Cambissolos (CH/CY/CX)
SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
SANTA FILOMENA	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
SANTA MARIA DA BOA VISTA	Luvissolo (TC/TX)
SANTA MARIA DO CAMBUCA	Neossolo Regolítico (RR)
SANTA TEREZINHA	Neossolo Regolítico (RR)
SÃO BENTO DA UNA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
SÃO CAITANO	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN) e Neossolo Regolítico (RR)
SÃO JOÃO	Neossolo Regolítico (RR) e Argissolo Amarelo (PA)
SÃO JOAQUIM DO MONTE	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
SÃO JOSÉ DO BELOMONTE	Latossolos Amarelos (LA)
SÃO JOSÉ DO EGITO	Luvissolo (TC/TX)
SERRA TALHADA	Neossolo Litólico (RL)
SERRITA	Neossolo Regolítico (RR)
SERTÂNIA	Luvissolo (TC/TX)
SOLIDÃO	Neossolo Litólico (RL) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
SURUBIM	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
TABIRA	Neossolo Litólico (RL) e Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
TACAIMBÓ	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
TACARATU	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
TAQUARITINGA DO NORTE	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
TEREZINHA	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
TERRA NOVA	Luvissolo (TC/TX)
TORITAMA	Planossolo (Hidromórfico e Háptico) (SX) e Neossolo Litólico (RL)
TRINDADE	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
TRIUNFO	Neossolo Litólico (RL) e Argissolo Amarelo (PA)
TUPANATINGA	Neossolo Litólico (RL) e Neossolo Quartzarênico (RQ)
TUPARETAMA	Neossolo Litólico (RL) e Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
VERTENTE DO LÉRIO	Cambissolos (CH/CY/CX)
VENTUROSA	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)
VERDEJANTE	Neossolo Litólico (RL)
VERTENTES	Planossolo (Hidromórfico, Háptico e Nátrico) (SX/SN)

Fonte: EMBRAPA, 2002.