

**METODOLOGIA PARA ESCOLHA DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE
ESGOTO DOMÉSTICO PARA COMUNIDADES NUCLEADAS PELO EXÉRCITO
BRASILEIRO .**

por

GIUSEPPE HENRIQUES GOUVEIA DANTAS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos seguintes Professores :

Presidente :

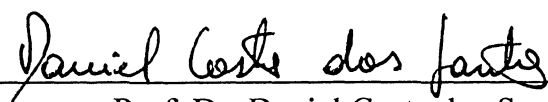


Prof. Dr. Carlos Mello Garcias
Departamento de Hidráulica e Saneamento
Setor de Tecnologia, UFPR

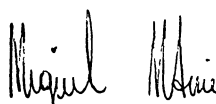
Membros:



Prof. Dr. Cléverson Vitório Andreoli
Departamento de Solos
Setor de Tecnologia, UFPR



Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos
Departamento de Hidráulica e Saneamento
Setor de Tecnologia, UFPR



Prof. Dr. Miguel Mansur Aisse
Departamento de Hidráulica e Saneamento
Setor de Tecnologia, UFPR

Curitiba, 22 de maio de 2003

*“Dedico esta dissertação a minha esposa
Lilian e aos meus filhos Pedro e Gabriel.
Por tudo que vocês representam na minha
vida”*

AGRADECIMENTOS

Durante estes dois anos de pesquisa, além do período de preparação, contei com a cooperação de diversas pessoas e instituições, que permitiram que este trabalho pudesse ser concluído. Como sinal de profundo reconhecimento, desejo apresentar-lhes a minha homenagem.

Ao meu Orientador, Professor Dr. Carlos Mello Garcias, pela extrema cordialidade, organização e dedicação com que conduziu a minha pesquisa. Espero ter correspondido às expectativas.

Ao meu Co-orientador, Professor Dr. Miguel Mansur Aisse, pela enorme dedicação e zelo com que conduziu a pesquisa. Sacrificando os próprios projetos, sempre esteve presente com orientações precisas e dedicação pessoal ao meu trabalho,

Ao Coronel Engº Militar Dr. Amir Elias Abdalla Kurban, com quem tive o privilégio de servir como aluno e depois como seu Oficial. Pelo seu empenho pessoal em garantir o transcurso de minha pesquisa,

Ao Coronel Engº Militar José Filizola Mascarenhas de Abreu, que me conduziu nos trabalhos junto a Projeto Calha Norte e permitiu dar continuidade aos meus estudos,

Ao Professor Francisco Firmo, da Universidade Federal do Amazonas, pela inestimável ajuda no período de preparação para o curso;

Ao Professor Marco Antonio Almeida de Souza, Oscar de Moraes Cordeiro Netto e ao Engº Civil Reynaldo Pena Lopes Júnior, autores do SAD, pela extrema cordialidade e cooperação com que me atenderam em todas as dúvidas e necessidades de suporte ao programa,

Ao Exército Brasileiro, pelo reconhecimento profissional e possibilidade de realizar este curso.

A Deus, pela sua imensa generosidade, pela minha família e pela minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE SIGLAS..	X
RESUMO.....	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 JUSTIFICATIVA PARA O TRABALHO	3
2. AS NUCLEAÇÕES E O ECOSISTEMA URBANO.....	6
2.1 GENERALIDADES	6
2.2 A ORIGEM DA CIVILIZAÇÃO	6
2.3 AS PRIMEIRAS CIDADES NA MESOPOTÂMIA	8
2.4 AS CIDADES EGÍCIAS	12
2.5 AS CIDADES NO EXTREMO ORIENTE	13
2.6 AS CIDADES GREGAS	14
2.7 AS CIDADES ROMANAS	16
2.8 AS CIDADES MEDIEVAIS	20
2.9 EVOLUÇÃO URBANA NO BRASIL	24
2.10 ORIGEM DAS CIDADES BRASILEIRAS	26
2.10.1 AS PRIMEIRAS CIDADES	26
2.10.2 CICLOS ECONÔMICOS	26
2.10.3 HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE ESGOTO SANITÁRIO NO BRASIL	28
2.11 O AMBIENTE URBANO.....	29
2.12 GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS	32
3. O ESGOTO DOMÉSTICO.....	38
3.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES	38
3.2 COMPOSIÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO	40
3.2.1 MATÉRIA ORGÂNICA	40
3.2.1.1 MATÉRIA CARBONÁCEA	41
3.2.1.2 MATÉRIA NITROGENADA	42
3.2.1.3 BIOMASSA	43
3.3 PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO	44
3.3.1 PARÂMETROS FÍSICOS	44
3.3.2 PARÂMETROS BIOQUÍMICOS	45
4. EFEITOS E IMPACTOS DO ESGOTO DOMÉSTICO AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE PÚBLICA.....	49
4.1 PADRÕES DE QUALIDADE E LANÇAMENTO	49
4.2 IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO SOB O PONTO DE VISTA DE SAÚDE PÚBLICA.....	53
4.3 IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO SOB O PONTO DE VISTA AMBIENTAL	63
4.4 IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO SOB O PONTO DE VISTA URBANO	65
4.5 DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES DE COBERTURA DE SISTEMAS DE ESGOTO NO BRASIL.....	66
5. SISTEMAS URBANOS DE ESGOTO DOMÉSTICO.....	71
5.1 GENERALIDADES	71
5.2 TIPOS DE SISTEMAS DE COLETA E TRANSPORTE..	71
5.2.1 SISTEMAS INDIVIDUAIS	72
5.2.2 SISTEMAS COLETIVOS	72
5.2.3 SISTEMA UNITÁRIO OU COMBINADO..	73

5 2 4 SISTEMA SEPARADOR ..	73
5 2.5 SISTEMA SEPARADOR CONVENCIONAL..	74
5 2.6 SISTEMA CONDOMINIAL ..	75
5 3 SISTEMAS DESCENTRALIZADOS E MODULARES DE ESGOTO SANITÁRIO ..	76
5.3.1 ASPECTOS ECONÔMICOS ..	77
5.3 2 ASPECTOS AMBIENTAIS ..	78
5.3 3 ASPECTOS URBANOS ..	78
5.3 4 ASPECTOS OPERACIONAIS ..	79
5.3 5 REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA SISTEMAS MODULARES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO ..	79
6. ROTEIRO PLANEJAMENTO DE UM SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO	80
6 1 GENERALIDADES ..	80
6 2 DADOS REFERENTES AOS ASPECTOS FÍSICOS ..	80
6.3 DADOS REFERENTES AOS ASPECTOS URBANÍSTICOS E DE SERVIÇOS DE INFRA-ESTRUTURA ..	81
6 4 DADOS REFERENTES AOS ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS ..	82
6 5 DADOS REFERENTES AOS ASPECTOS SANITÁRIOS..	82
6 6 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS ..	83
6 7 FIXAÇÃO DOS CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO ..	83
6 8 CONCEPÇÃO GERAL DO SISTEMA ..	85
7. SISTEMAS SIMPLIFICADOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	88
7.1 GENERALIDADES ..	88
7 2 NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO ..	88
7 2.1 TRATAMENTO PRELIMINAR ..	89
7 2.2 TRATAMENTO PRIMÁRIO ..	89
7.2.3 TRATAMENTO SECUNDÁRIO ..	89
7.2.4 TRATAMENTO TERCIÁRIO ..	90
7 3 PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO ..	91
7.3.1 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO ..	91
7.3 1.1 LAGOAS ANAERÓBIAS ..	93
7 3 1.2 LAGOAS FACULTATIVAS ..	94
7.3.1.3 LAGOA AERADA FACULTATIVA ..	95
7.3.1.4 LAGOA AERADA DE MISTURA COMPLETA ..	96
7.3.1 5 LAGOA DE MATURAÇÃO ..	96
7.3.2 SISTEMAS ANAERÓBIOS ..	100
7.3.2.1 REATORES ANAERÓBIOS CONVENCIONAIS ..	101
7 3 2.2 TANQUE SÉPTICO (OU FOSSA SÉPTICA) ..	102
7.3.2.3 FILTROS ANAERÓBIOS ..	103
7.3 2.4 REATORES ANAERÓBIOS DE ALTA TAXA ..	109
7 3.3 SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO NO SOLO ..	113
7 3.3.1 IRRIGAÇÃO DE CULTURAS..	113
7 3.3.2 INFILTRAÇÃO RÁPIDA..	114
7.3.3.3 VALA DE INFILTRAÇÃO ..	114
7.3.3.4 ESCOAMENTO NA SUPERFÍCIE ..	115
7 3.3.5 TERRAS ÚMIDAS (ALAGADOS OU WETLANDS) ..	118
7.3.3.6 TERRAS ÚMIDAS NATURAIS ..	119
7.3 3.7 TERRAS ÚMIDAS CONSTRUÍDAS ..	120
8. AS COMUNIDADES NUCLEADAS PELO EXÉRCITO BRASILEIRO NA AMAZÔNIA.....	122
8 1 A AMAZÔNIA - ASPECTO GERAL ..	122
8 2 A OCUPAÇÃO MILITAR NA AMAZÔNIA ..	124
8 3 O PROJETO CALHA NORTE ..	127
8 4 AS ORGANIZAÇÕES MILITARES DE COMANDOS DE FRONTEIRA ..	129
8.4 1 O BATALHÃO DE INFANTARIA DE SELVA ..	121
8 4.2 A COMPANHIA DE FUZILEIROS DE SELVA ..	133
8.4 3 O PELOTÃO ESPECIAL DE FRONTEIRA ..	134
9. METODOLOGIA DE SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO.....	137
9 1 INTRODUÇÃO. ..	137

9 2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES	138
9 3 SISTEMA DE APOIO À DECISÃO – ANÁLISE MULTIOBJETIVO E MULTICRITÉ- RIO	140
9 3.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES	140
9 3 2 MÉTODO DE PROGRAMAÇÃO DE COMPROMISSO	143
9 3 3 MÉTODO PROMETHEE	144
9 3 4 MÉTODO ELECTRE	145
9.3 5 MÉTODO DA PONDERAÇÃO ADITIVA	147
10. SOFTWARE SAD – SISTEMA DE APOIO À DECISÃO – ESTUDO DE CASO.....	148
10 1 GENERALIDADES	148
10 2 ESTRUTURA DO SAD	149
10 2.1 FASE I - INSTRUÇÕES GERAIS E INFORMAÇÃO DE DADOS	149
10 2.1 1 CADASTRO DE ALTERNATIVAS	149
10.2.1 2 CADASTRO DE CASOS	152
10 2.1 3 CADASTRO DE CONFIGURAÇÕES	153
10 2.2 FASE II - PRÉ-SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS VIÁVEIS AO CASO	154
10 2.3 FASE III - AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA	157
10 2.4 FASE IV - ANÁLISE TECNOLÓGICA GLOBAL (MULTICRITÉRIO)	159
10 3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO SAD – PEF IPIRANGA	162
10 3.1 GENERALIDADES	162
9 5.1 PELOTÃO ESPECIAL DE FRONTEIRA DE IPIRANGA	162
11. CONCLUSÃO.....	165
11.1 GENERALIDADES	170
11.2 RESULTADOS DA METODOLOGIA	171
11 3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	193
12. REFERÊNCIAS.....	195
ANEXOS	201

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 CONTRIBUIÇÕES UNITÁRIAS DE ESGOTOS POR TIPOS DE PRÉDIOS E DE OCUPANTES	40
QUADRO 2 CONCENTRAÇÕES TÍPICAS DE ELEMENTOS EM UM ESGOTO DOMÉSTICO	48
QUADRO 3 PADRÕES DE QUALIDADE PARA CORPOS D'ÁGUA DAS DIVERSAS CLASSES (ÁGUA DOCE) E PADRÕES DE LANÇAMENTO	51
QUADRO 3 PADRÕES DE QUALIDADE PARA CORPOS D'ÁGUA DAS DIVERSAS CLASSES (ÁGUA DOCE) E PADRÕES DE LANÇAMENTO (CONT)	52
QUADRO 4 CONCENTRAÇÕES TÍPICAS DE MICROORGANISMOS ENCONTRADOS EM UM EFLUENTE DOMÉSTICO PADRÃO	56
QUADRO 5 CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL DE INFECÇÕES RELACIONADAS COM EXCRETAS E DOENÇAS DE ASPECTOS DE HIGIENE PESSOAL E ABASTECIMENTO DOMÉSTICO DE ÁGUA.	58
QUADRO 5 CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL DE INFECÇÕES RELACIONADAS COM EXCRETAS E DOENÇAS DE ASPECTOS DE HIGIENE PESSOAL E ABASTECIMENTO DOMÉSTICO DE ÁGUA (CONT)	59
QUADRO 6 PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS POR PATOGÊNICOS E AGENTE CAUSAL ENVOLVIDO - INGESTÃO DE ÁGUA CONTAMINADA	60
QUADRO 7 PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS POR PATOGÊNICOS E AGENTE CAUSAL ENVOLVIDO - DIVERSOS	60
QUADRO 7 PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS POR PATOGÊNICOS E AGENTE CAUSAL ENVOLVIDO - DIVERSOS (CONT)	61
QUADRO 8. PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS POR PATOGÊNICOS E AGENTE CAUSAL ENVOLVIDO	61
QUADRO 9 TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS NA ÁGUA	62
QUADRO 10 TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS NO SOLO	62
QUADRO 11 COBERTURA DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO NO BRASIL	67
QUADRO 12: COBERTURA DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO - PAÍSES DA ÁFRICA, ÁSIA E AMÉRICA LATINA.	68
QUADRO 13 ELEMENTOS REMOVIDOS POR NÍVEL DE TRATAMENTO.	90
QUADRO 14 CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO	91
QUADRO 15 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO - PARÂMETROS DE PROJETO	98
QUADRO 16 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO - EFICIÊNCIAS E REQUISITOS.	98
QUADRO 17. EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DE POLUENTES DE SISTEMAS FOSSA SÉPTICA - FILTRO ANAERÓBIO	107
QUADRO 18: PARÂMETROS DE DEMANDA POR ÁREA PARA OS SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO NO SOLO E TERRAS ÚMIDAS.. . . .	121
QUADRO 19 CARACTERÍSTICAS DAS AERONAVES MILITARES DE SUPRIMENTO QUE OPERAM NAS ORGANIZAÇÕES MILITARES DE FRONTEIRA	130
QUADRO 20: CONJUNTO DE PESOS USADOS NA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS - REDE PROSAB 2.	159
QUADRO 21. PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA - ESTAÇÃO IPIRANGA VELHO	164
QUADRO 22 INFORMAÇÕES OPERACIONAIS DE COBERTURA DE ESGOTO - PRESTADORES DE SERVIÇOS DE ABRANGÊNCIA REGIONAL	I
QUADRO 23 - DISTRITOS, TOTAL E SEM REDE COLETORA DE ESGOTO, POR PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITAIS - 2000	III

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 LOCALIZAÇÃO DAS PRIMEIRAS CIVILIZAÇÕES	7
FIGURA 02 LOCALIZAÇÃO DA MESOPOTÂMIA	9
FIGURA 03 LOCALIZAÇÃO DO CRESCENTE FÉRTIL NO ORIENTE MÉDIO EM 2000 A.C	10
FIGURA 04 PLANTA DO NÚCLEO INTERNO DA CIDADE DE BABILÔNIA	11
FIGURA 05 CIDADE GREGA DE PRIENE	16
FIGURA 06 AQUEDUTO ROMANO	17
FIGURA 07 DETALHE DE UM AQUEDUTO ROMANO - SPECUS	18
FIGURA 08 INSULAE ROMANA - MORADIA POPULAR DE ATÉ SEIS ANDARES DA ÉPOCA DO IMPÉRIO ROMANO	20
FIGURA 09 EXEMPLO DE CICLO HIDROLÓGICO URBANO	36
FIGURA 10 CRESCIMENTO/DECAIMENTO DE MICROORGANISMOS EM UM PROCESSO BIOLÓGICO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	92
FIGURA 11 REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSO BIOQUÍMICO DE UMA LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO.	95
FIGURA 12 FLUXOGRAMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	99
FIGURA 13 FLUXOGRAMAS DE SISTEMAS ANAERÓBIOS	112
FIGURA 14 FLUXOGRAMA DE SISTEMAS DE INFILTRAÇÃO DO SOLO	117
FIGURA 15 FLUXOGRAMA DE SISTEMAS DE TERRAS ÚMIDAS CONSTRUÍDAS	121
FIGURA 16 CIDADES SEDES DE ORGANIZAÇÕES MILITARES DA 12ª REGIÃO MILITAR.	126
FIGURA 17 UNIDADES MILITARES DO PCN	128
FIGURA 18 BATALHÃO DE INFANTARIA DE SELVA	131
FIGURA 19 ORGANIZAÇÃO DE UM BIS DE FRONTEIRA	132
FIGURA 20 ORGANIZAÇÃO DA COMPANHIA DE FUZILEIROS DE SELVA	133
FIGURA 21 ORGANIZAÇÃO DE UM PELOTÃO ESPECIAL DE FRONTEIRA	134
FIGURA 22 ESTRUTURA FÍSICA DE UM PEF	135
FIGURA 23 TELA DE CADASTRO DAS RESTRIÇÕES TÉCNICAS DAS ALTERNATIVAS	150
FIGURA 24 TELA DE CADASTRO DO GRAU DE TRATAMENTO PRETENDIDO.	151
FIGURA 25 TELA DE CADASTRO DO CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE CADA SISTEMA	152
FIGURA 26 TELA DE LIMITES TECNOLÓGICOS PARA A SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS	154
FIGURA 27 TELA DE SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS A SEREM AVALIADOS NA FASE II	155
FIGURA 28 TELA DE RESULTADO DA PRÉ-SELEÇÃO NA FASE II.	156
FIGURA 29 TELA DE PESOS ADOTADOS CONFORME O CENÁRIO ESCOLHIDO	157
FIGURA 30 TELA DE RESULTADOS - PONDERAÇÃO ADITIVA	160
FIGURA 31 TELA DE RESULTADOS - PROMETHEE II	160
FIGURA 32 TELA DE RESULTADOS - COMPROMISE PROGRAMMING.	161

LISTA DE SIGLAS

ABES	- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
BIS	- Batalhão de Infantaria de Selva
CF	- Coliformes Fecais
Cia Fuz SI	- Companhia de Fuzileiros de Selva
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
COT	- Carbono Orgânico Total
CPRM	- Companhia Brasileira de Pesquisa de Recursos Minerais
CRO	- Comissão Regional de Obras
CT	- Coliformes Totais
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEC	- Departamento de Engenharia e Construção
DOM	- Diretoria de Obras Militares
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
ELECTRE	- Elimination and (Et) Choice Translating Reality
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
FAB	- Força Aérea Brasileira
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NMP	- Número Mais Provável
NTK	- Nitrogênio Total de Kjeldahl
NTU	- Unidade Nefelométrica de Turbidez
OD	- Oxigênio Dissolvido
PCN	- Projeto Calha Norte
PEF	- Pelotão Especial de Fronteira
pH	- Potencial Hidrogeniônico
PLANASA	- Plano Nacional de Saneamento
PNSB	- Pesquisa Nacional de Saneamento Básico no Brasil
PROMETHEE	- Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations
PROSAB	- Programa de Pesquisa de Saneamento Básico
PV	- Poço de Visita
RADAM	- Radar da Amazônia
SAD	- Sistema de Apoio à Decisão
SNIS	- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SST	- Sólidos em Suspensão Totais
ST	- Sólidos Totais
SSV	- Sólidos em Suspensão Voláteis
SSF	- Sólidos em Suspensão Fixos
SD	- Sólidos Dissolvidos
SDF	- Sólidos Dissolvidos Fixos
SDV	- Sólidos Dissolvidos Voláteis
Ssed	- Sólidos Sedimentáveis

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo auxiliar a tomada de decisão para a implantação de um sistema de tratamento de esgoto doméstico em comunidades nucleadas pelo Exército Brasileiro na Amazônia. Para isso, utilizou-se de um software, desenvolvido pela Rede PROSAB 2, intitulado SAD – Sistema de Apoio à Decisão. A sua metodologia se baseia em algoritmos de tomada de decisão do tipo multiobjetivo e multicritério. A fim de conhecer a evolução dos núcleos urbanos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica acerca do desenvolvimento das cidades ao longo da História, sobretudo do ponto de vista de saneamento. Foi necessário, ainda, conhecer o ambiente urbano como ecossistema, verificando suas principais demandas, comportamentos e impactos ao meio natural. Na sequência, a pesquisa foi direcionada para o estudo do esgoto, suas características e as principais tecnologias utilizadas para o seu tratamento. As Unidades de Fronteira do Exército Brasileiro foram abordadas de forma sumária a fim de posicionar o leitor a respeito do trabalho da Força Terrestre no ambiente de fronteira na Amazônia. Uma breve exposição, a respeito das características mais importantes da região, foi desenvolvida com a finalidade de levantar as principais peculiaridades, restrições e possibilidades do ambiente de selva amazônica. Finalmente, a metodologia de apoio à decisão foi apresentada, procurando dar noções básicas de como funcionam os algoritmos multiobjetivo e multicritério, além do funcionamento em si do programa SAD. Como estudo de caso, escolheu-se o Pelotão Especial de Fronteira de Ipiranga, em virtude do mesmo apresentar problemas reais de coleta e tratamento de esgoto, além de haver boa possibilidade deste receber recursos para a implantação de um sistema piloto nos moldes deste estudo. De posse de dados hidrológicos, geológicos e de saúde, foi possível modelar o sistema e implementá-lo no SAD, que realizou um processo de pré-seleção, análise tecnológica e, finalmente, análise multicritério e multiobjetivo. Os resultados da modelagem são os sistemas mais adequados, do ponto de vista tecnológico, econômico e ambiental.

ABSTRACT

The present work introduces an auxiliary software program for use in making decisions about the design of domestic wastewater treatment system in small communities along Brazil's border in Amazon region. This software, developed by Net 2 of PROSAB, is known simply as SAD (*Sistema de Apoio a Decisão*) or Decision Support System. Its methodology is based on multi-objective and multi-purpose type decision-making algorithms. Bibliographical research about the development of cities throughout history with respect to sanitation had to be completed to gain a basic understanding of the evolution of small settlements. It was necessary to understand the ecosystem of an urban environment, verifying its main demands, its impacts on nature, and the environment's reaction to those impacts. Next, the research addressed the study of sewers, their characteristics, and the most common technologies used in wastewater treatment. A brief overview of Brazilian army units operating along Brazil's borders in the Amazon was presented to give the reader a deeper understanding of the treatment process in that region. A short explanation about the most important characteristics of the area highlighted the main peculiarities, restrictions and capacities of the Amazon's jungle environment. Finally the decision support methodology – decision-aid – was introduced, explaining the basics of how the multi-objective, multi-criterion algorithms work, including in the SAD software. The *Pelotão Especial de Fronteira de Ipiranga* (The Special Platoon on the Border at Ipiranga) was chosen as a case study due to its sewer treatment troubles as well as the fact that there is a chance of building a treatment system there based on the Decision Support System. With the hydrological, geological and health data of the area, it was possible to model the system and use the results from the SAD software in the pre-selection process, technological analysis and finally, in the criterion, multipurpose analyses. The final product is the most optimal system from a technological, environmental and economical viewpoint.

1. INTRODUÇÃO

A cobertura de sistemas de saneamento básico no Brasil está muito abaixo do mínimo desejado para um país em desenvolvimento. Quando se aborda o tema cobertura de sistemas de coleta e tratamento de esgoto doméstico, os níveis são ainda mais alarmantes. As regiões Nordeste e Norte do país apresentam indicadores de cobertura semelhantes aos países da África. As consequências imediatas para essa situação se refletem nas condições de saúde da população, nos níveis de qualidade de vida e na degradação ambiental dos centros urbanos. Em decorrência das condições financeiras pelas quais o Brasil está submetido, além da carência de recursos humanos especializados e dificuldades logísticas, faz-se necessário planejar sistemas que conjuguem baixos custos de implantação e operação, eficiência de remoção de poluentes, reduzida demanda por energia, simplicidade operacional e aplicabilidade em pequena escala.

As Forças Armadas brasileiras, exercendo a sua função constitucional de defesa da pátria e manutenção da soberania e integridade nacional, estão presentes nas regiões mais inóspitas e inexploradas da Amazônia brasileira, levando consigo segurança, desenvolvimento e apoio aos demais órgãos do Estado na promoção de cidadania às populações pouco assistidas. Preocupada com a preservação do patrimônio amazônico para o povo brasileiro, a Força Terrestre vem implementando um programa de ocupação e de integração daquele imenso vazio demográfico, mediante a transferência de organizações militares oriundas de outras áreas do território brasileiro, caracterizando a Amazônia como área estratégica prioritária.

As ações governamentais de vivificação das áreas de fronteira Amazônica visam garantir a integridade territorial e a manutenção de sua soberania através das seguintes metas prioritárias: (a) intensificar as relações bilaterais com os países vizinhos; (b) aumentar a presença brasileira na área, com base na ação pioneira das Forças Armadas; (c) proteger e dar assistência às populações indígenas; (d) intensificar as campanhas demarcatórias das fronteiras pela restauração e pelo adensamento de marcos limítrofes; (e) ampliar a capacidade de produção de energia local e da infra-estrutura viária; (f) incrementar a colonização com base nas populações da área e ao conseqüente estímulo à interiorização de pólos de desenvolvimento

econômico; (g) aumentar a oferta de recursos sociais básicos; (h) fortalecer os órgãos governamentais de justiça, Polícia Federal, Receita Federal e Previdência Social, como fatores inibidores de ilícitos de fronteira (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2000).

Os Pelotões Especiais de Fronteira, menor fração de emprego descentralizado em ocupações na área de fronteira, exercem uma ação catalisadora no desenvolvimento regional das comunidades assistidas. Além das atividades militares de ocupação e segurança, essas frações desempenham ações comunitárias, em convênio com os diversos órgãos governamentais, como assistência médico-odontológica, geração de energia, abastecimento d'água, saneamento básico, educação, transporte e comunicações.

Como consequência dessas ações governamentais, os núcleos comunitários assistidos tendem a se desenvolver, de forma ordenada, até a condição de pequenos municípios. Para que a transição ocorra da melhor forma possível, ações de planejamento na área de infraestrutura urbana são necessárias quando da implantação de novas Unidades.

1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho visa aplicar uma metodologia de sistema de apoio a decisão, desenvolvida pela Rede PROSAB 2, para a escolha de sistemas modulares de tratamento de esgoto doméstico, para as comunidades nucleadas pelo Exército Brasileiro nas regiões de fronteira da Amazônia. Pretende-se com isso sistematizar um processo de tomada de decisão nos escalões técnicos militares do Exército Brasileiro, tais como Diretoria de Obras Militares – DOM e Departamento de Engenharia e Construção – DEC, buscando respaldar as decisões em parâmetros técnicos e de legislação específica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudar o processo de evolução de núcleos urbanos, com o objetivo de levantar as principais demandas e impactos que o meio antrópico exerce sobre o meio ambiente;

Proceder levantamento de sistemas simplificados clássicos de tratamento de esgoto

disponíveis, para a utilização em regiões de fronteira, levando em conta as restrições locais impostas;

Aplicar o Sistema De Apoio à Decisão – SAD, desenvolvido pela rede PROSAB 2, na seleção de alternativas viáveis e adequadas de sistemas modulares de tratamento de esgoto doméstico para comunidades nucleadas pelo Exército Brasileiro na Amazônia;

Pesquisar metodologia de coleta e processamento de informações de condições locais com o objetivo de implantar novos sistemas de tratamento de esgoto;

1.3 JUSTIFICATIVA PARA O TRABALHO

O planejamento e a concepção de sistemas de esgotamento e tratamento de esgoto sanitário são tarefas de grande complexidade e envolvem diversas variáveis de decisão. O problema se constitui em satisfazer padrões de emissão de esgoto e atender, ao mesmo tempo, demandas de carga e concentrações de poluentes, variáveis com o tempo e crescentes ao longo dos anos. Segundo SOUSA et al. (2000), a problemática que envolve a concepção de um sistema de esgoto sanitário se caracteriza por alguns aspectos bem peculiares:

(a) Existem vários tipos e níveis de incerteza, tais como vazões, cargas de projeto, concentrações do efluente, fator de crescimento da população, níveis de remoção de poluentes;

(b) Caracteriza-se por apresentar um quadro complexo de objetivos, às vezes elementares, outras vezes de difícil concepção, sobretudo de caráter multidimensional (sanitários, saúde, meio-ambiente, qualidade de vida, estética, custos, sustentabilidade);

(c) Existe dificuldade em identificar o decisor, ou grupo de decisores, pois, em diversos casos, constituem-se de consórcios de órgãos financiadores e representantes de diversos setores do governo e da sociedade;

(d) Existe uma diversidade de alternativas, com níveis distintos de atendimento das necessidades e restrições variadas, que se apresentam em forma de ações elementares, dispostas em diferentes horizontes de planejamento (pequeno, médio e longo prazo);

(e) algumas demandas são conflituosas e, às vezes, antagônicas;

Para o caso específico de instalação de sistemas em regiões de fronteira da Amazô-

nia, acrescentam-se restrições de ordem operacional e logística, tais como:

(a) Não existem dados e parâmetros de entrada para dimensionamento de sistemas. A área carece de uma rede de monitoramento que forneça dados de vazão, índices pluviométricos e padrões de qualidade da água. Além disso, condicionantes sazonais alteram sobremaneira os parâmetros de dimensionamento;

(b) As condições naturais, tais como parâmetros hidrogeológicos e biota das regiões de fronteira são pouco conhecidos;

(c) Alguns insumos para tratamento de água e esgoto, tais como produtos químicos, são vetados para o transporte aéreo comercial, em virtude de legislação internacional de segurança, sendo feito exclusivamente por aviões da FAB;

(d) A mão de obra para construção e operação dos sistemas é muito pouco qualificada e existe grande rotatividade de pessoal;

(e) Não há, em alguns locais, oferta de energia elétrica, sendo esta necessidade suprida através de geradores a diesel que, devido às dificuldades de suprimento, ficam contingenciados para o uso de equipamento de maior importância como câmara frigorífica, geladeira de medicamentos e bomba de recalque para o poço artesiano;

(f) O risco epidemiológico nessas regiões é muito maior em virtude da população local ser constituída por comunidades carentes, com baixa resistência imunológica e, em alguns casos, deficiência nutricional;

(g) Apesar de ser uma região de alta ocorrência de rios e igarapés, as comunidades indígenas ficam muito próximas aos núcleos de fronteira e utilizam o igarapé da região, sem nenhum tratamento, para diversas atividades de subsistência, tais como abastecimento d'água, banho, lavagem de utensílios, cocção, etc;

(h) Doenças endêmicas típicas da região, como malária, leishmaniose, dengue e hepatite agravam o quadro epidemiológico e podem ser associadas à destinação inadequada do esgoto doméstico gerado.

A análise multicritério e multiobjetivo tem a capacidade de indicar as soluções, dentre as alternativas apresentadas e os critérios estabelecidos pelo decisor, mais adequadas à solução do problema. Permitem, ainda, uma abordagem interativa com o decisor, através de

montagem de diversos cenários de decisão, baseados em diferentes critérios estabelecidos para cada um deles. Serve, ainda, para analisar o problema de forma dinâmica, mudando as condições iniciais conforme as previsões de crescimento populacional e de concentrações de poluentes nas águas residuárias.

Ainda que com carência de dados sobre a região pesquisada, o presente trabalho servirá para analisar o desempenho de diversos sistemas modulares de esgoto, de acordo com as condições locais da comunidade, além de realizar uma previsão de desempenho ao longo do tempo.

2. AS NUCLEAÇÕES E O ECOSSISTEMA URBANO

2.1 GENERALIDADES

Todas as civilizações que existem ou existiram na terra, buscaram organizar-se em sociedade, através de regras de conduta, divisão político-social e organização espacial. O fenômeno que mais contribuiu para a diferenciação do homem para as demais espécies animais foi a revolução urbana, motivada pela descoberta da agricultura, domínio do fogo e outros animais, descoberta da roda, uso dos metais e da escrita. Os motivos pelos quais o homem busca organizar-se em aldeias ou cidades não difere muito do que ocorreu há milhares de anos atrás. O estudo da evolução das cidades antigas permite, guardadas as devidas proporções, prever como seria o comportamento de novos núcleos urbanos. Para fazê-lo, devemos lembrar, em poucas palavras, as grandes mudanças da organização produtiva, que transformaram a vida cotidiana dos homens e provocaram, a cada vez, um salto no desenvolvimento demográfico.

2.2 A ORIGEM DA CIVILIZAÇÃO

Para compreender a criação das cidades, é necessário nos transportarmos para o início da civilização humana. Não é compromisso do presente trabalho tecer profundo estudo sobre esse tema, sendo, portanto, abordado de forma superficial, cumprindo apenas a tarefa de situar o leitor na linha da história.

Os primeiros ancestrais do homem apareceram na face da terra há, talvez, 5.000.000 anos, conhecidos como *AUSTRALOPITECUS*. Durante um tempo muito longo viveram de forma parecida ao grupo de primatas até hoje existentes em regiões do continente africano, coletando seu alimento e procurando um abrigo no ambiente natural, sem modificá-lo de maneira profunda e permanente. A forma mais próxima do homem seria a do *HOMO SAPIENS*, que teria surgido no continente africano a 100.000 anos. A esta época os arqueólogos dão o nome de Paleolítico (Idade da Pedra) e compreende mais de 95% da aventura total do homem na face da terra. O sistema organizacional adotado na época era de bandos de caça

comunicações favoreciam as trocas de mercadorias e de notícias; os céus, quase sempre serenos, permitiam ver, à noite, os movimentos regulares dos astros e facilitavam a medição do tempo.

Já alguns grupos não possuíam condições ideais de desenvolvimento e, assim, buscaram outras regiões para se fixar, formando sucessivas ondas migratórias. Destes povos, os arianos, originariamente localizados nas regiões dos Urais, formaram duas grandes correntes migratórias, uma se encaminhou para a Ásia indo povoar a região da Índia, outra se dirigiu para a Europa, formando a civilização européia.

2.3 AS PRIMEIRAS CIDADES NA MESOPOTÂMIA

Conforme afirma BENEVOLO (1999), aproximadamente em 8.000 A.C, durante a era neolítica, os grupos de caça começaram a se fixar em regiões de vales férteis e descobriram o ciclo da vida dos vegetais, permitindo reproduzi-lo e criaram a agricultura. As aldeias agrícolas foram criadas e, nela, era possível, a partir de então, abrigar não mais 50, mas 500 ou 1000 pessoas. As aldeias espalharam-se lentamente pelas planícies, tomando as direções do oeste (Egito) e leste (Índia). A humanidade evoluía e passou a conhecer os cereais cultiváveis, o trabalho dos metais, a roda, o carro puxado pelos bois, o burro de carga, as embarcações a remo ou a vela. O cultivo dos cereais e das árvores frutíferas nos ricos terrenos úmidos proporcionaram colheitas excepcionais, e pode ser ampliado melhorando e irrigando terrenos cada vez maiores. Parte dos víveres podia ser acumulada para as trocas comerciais e os grandes trabalhos coletivos. “Este salto decisivo (a "revolução urbana", como se chamou) começou - conforme a documentação atual - no vasto território quase plano, em forma de meia lua, entre os desertos da África e da Arábia e os montes que os encerram ao norte, do Mediterrâneo ao Golfo Pérsico , o crescente fértil.” (BENEVOLO, 1999)

Há cerca de 5.000 anos, nas planícies aluviais do Oriente Próximo, algumas aldeias começaram a se transformar em cidades. Os produtores de alimento já eram capazes de produzir um excedente que permitia manter uma população de especialistas: artesãos, mercadores, guerreiros e sacerdotes, que residiam num estabelecimento mais complexo, a cidade, e daí

controlam o campo. Vale ressaltar que a cidade não consistia em uma aldeia de tamanho proporcional, mas em um sistema organizacional e espacial mais sofisticado, onde os agricultores usufruíam de serviços até então inexistentes. O trabalho artesanal demandava habilidades e técnicas que nem todos possuíam, por isso a necessidade de existir ferreiros, moleiros, carpinteiros, etc..

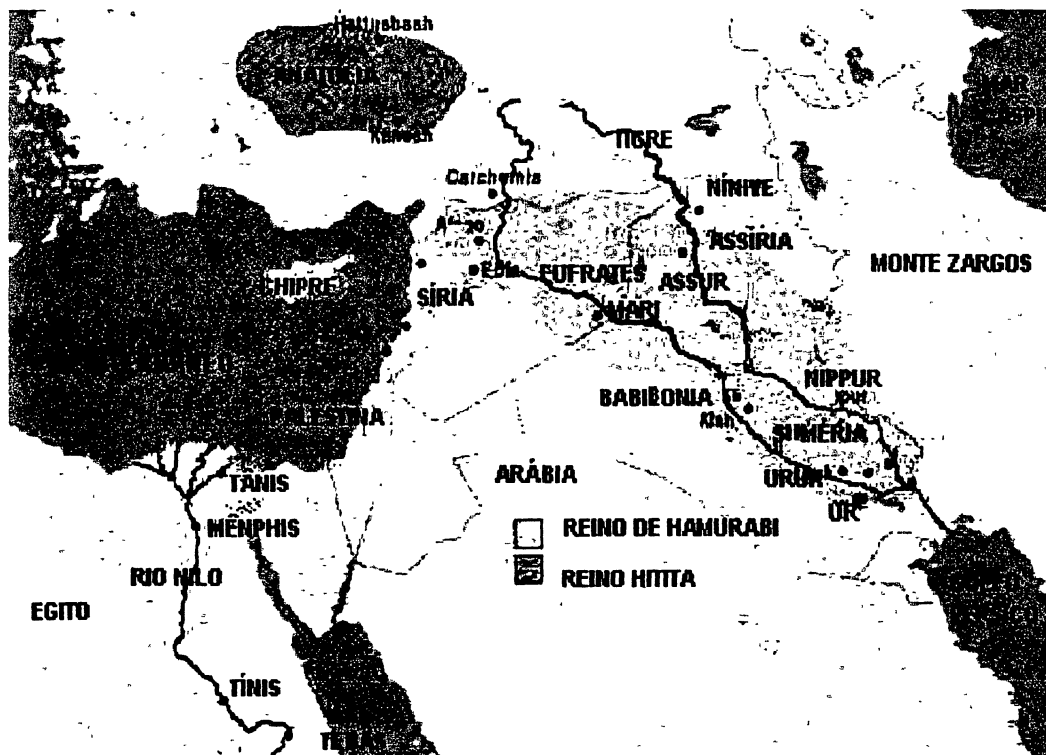


FIGURA 02: LOCALIZAÇÃO DA MESOPOTÂMIA

FONTE: ENCICLOPÉDIA MULTIMÍDIA DA ARTE UNIVERSAL (2000)

Houve necessidade de organizar e estocar o excedente da produção, para alimentar a população de especialistas e garantir reservas para épocas de seca. Esta organização social determinou o invento da escrita e esta marcou o início da história da civilização em contraposição à pré-história.

A partir de então, todos os acontecimentos históricos sucessivos dependiam da quantidade e da distribuição deste excedente. Surgiram, então, as primeiras cidades-estados, com populações de milhares de pessoas, baseada politicamente no poder teocrático e estruturada socialmente em classes políticas e militares dominantes e classes trabalhadoras de agri-

indústrias e os serviços já podem se desenvolver através da especialização, e a produção agrícola pode crescer utilizando estes serviços e estes instrumentos. A sociedade se tornaria capaz de evoluir e de projetar a sua evolução. Até meados de 3000 a.C, as cidades da Mesopotâmia eram consideradas estados separados. Por volta de 2500 a.C, o império é unificado por SARGÃO DE ACAD. Com isso, são criadas as capitais dos impérios – metrópoles de proporções ainda maiores. A Babilônia era um retângulo de 2500 por 1500 metros, com traçados geométricos perfeitos, muros que se recortam em ângulos retos e divisão de bairros por classes sociais, chegou a ser considerada a maior cidade da antiguidade e possuía meio milhão de habitantes. Foi destruída e reconstruída várias vezes por causa de sua grande importância religiosa.

2.4 AS CIDADES EGÍCIAS

A civilização egípcia já possuía desenvolvimento urbano em IV a.C. Ao contrário da Mesopotâmia, o império egípcio já era consolidado em um poder único. O faraó tinha o domínio sobre todo o país e recebia um excedente de produção bem maior que nas cidades da Babilônia. Isso permitia o desenvolvimento de obras bem mais complexas. As primeiras cidades, como MENFIS, fundadas por MENÉS, possuíam uma característica peculiar para a época. Os monumentos religiosos eram erigidos em local separado da “área urbana”, caracterizando uma “cidade sagrada”. Ao passo que esta era construída com blocos de pedra, aquela utilizava-se de tijolos de barro.

Os primeiros sistemas de esgotamento sanitário, executados pelos egípcios, tinha como objetivo protegê-los das enchentes e vazões pluviais. Isso decorria da proximidade das cidades aos vales irrigados para a agricultura. Outra finalidade das obras de drenagem era promover a segurança das cidades através de canais artificiais. Os primeiros registros acerca da utilização de sistema de esgotamento sanitário no Egito restringem-se aos palácios. Em 2700 a.C já eram utilizados sistemas prediais de esgoto em tubulações de cobre no palácio do faraó CHEOPS. Mesmo assim, constatou-se que no médio Império (2100-1700 a.C.), em KAHUM, uma cidade arquitetonicamente planejada, construiu-se nas partes centrais, galerias em pedras de mármore para drenagem urbana de águas superficiais. Conforme REZENDE e

HELLER (2002) os egípcios utilizavam-se de Sulfato de Alumínio como elemento para clarificar a água já em 2000 A. C, enquanto técnicas de filtração em areia e cascalho, assim como a decantação eram utilizadas em 1500 a.C. Nesta época, as propriedades bactericidas do cobre já eram conhecidas, sendo recomendado armazenar água em recipientes de cobre.

Os grandes monumentos consumiam o tempo de reinados inteiros, por isso, para dar abrigo aos operários das obras, eram construídas vilas operárias junto à construção principal. Após concluída, a vila era desmontada ou simplesmente abandonada .

Em consequência das cheias do Nilo, poucas são as cidades antigas egípcias que sobreviveram ao longo período de desgaste. Ao contrário das pirâmides e demais monumentos, as cidades foram sendo corroídas pelo tempo e se perderam ao longo da história.

2.5 AS CIDADES NO EXTREMO ORIENTE

No Extremo Oriente - a Índia, a Indochina, e as ilhas próximas - a civilização urbana começou um pouco mais tarde do que na zona compreendida entre o Mediterrâneo e o Golfo Pérsico, isto é, por volta do segundo milênio a.C. O ambiente geográfico foi fator preponderante para a determinação do modo de vida das cidades chinesas. Trata-se de territórios tropicais, mais quentes, isolados do resto da Ásia por meio da grande cordilheira do Himalaia, e drenados pelos rios que descem daqueles montes (BENEVOLO, 1999).

Os rios, de regime bastante variado em decorrência do clima das monções, foram canalizados, e permitiram irrigar as planícies, adequadas para o estabelecimento de uma população numerosa e o desenvolvimento da agricultura irrigada do arroz, que crescia na água e não necessitava de rotação com outras culturas, mas somente um minucioso controle dos reabastecimentos hídricos e dos períodos de plantio e colheita. Os chineses foram um dos primeiros povos a utilizar-se de sofisticado sistema, que conjugava a observação dos astros e o uso de relógios de água, para a determinação do calendário.

As montanhas ao Norte permaneciam intocadas e habitadas apenas por nômades. Ao mesmo tempo que consistiam em uma barreira para a expansão da civilização chinesa, serviu como excelente obstáculo natural contra os invasores estrangeiros.

2.6 AS CIDADES GREGAS

Assim como as cidades babilônicas, os gregos organizaram-se em cidades em função do excedente na agricultura, que permitiu a liberação de mão de obra para a execução de outras atividades. Devido ao relevo montanhoso e a região litorânea, as cidades gregas eram, geralmente encravadas em colinas (cidade alta), que, com o tempo se espalhavam pelas planícies onde se desenvolvia a agricultura, chegando até um porto, aparelho quase que obrigatório nas cidades da Grécia.

O planejamento sanitário já se fazia presente nas cidades gregas, há mais de 1000 anos a.C. Em Tróia o destino dos dejetos era regulamentado por lei, sendo que a cidade contava com um desenvolvido sistema de esgotos. Em KNOSSOS, Creta, há mais de 1000 a.C., contava com excelentes instalações hidro-sanitárias, notadamente nos palácios e edifícios reais. A primeira associação científica de causas de doenças às condições sanitárias e de higiene foi atribuída ao grego EMPÉDOCLES DE AGRIGENCO, que construiu obras de drenagem das águas estagnadas de dois rios, em SELENUTE, na Sicília, visando combater uma epidemia de malária em 500 a.C. REZENDE e HELLER (2002) afirmam que, no livro de Hipócrates *Ares, Águas e Lugares*, consideravam-se insalubres planícies encharcadas e regiões pantanosas, sugerindo a construção de casas em áreas elevadas, ensolaradas e com ventilação saudável. De acordo com Hipócrates, as doenças eram transmitidas por emanções gasosas provenientes da matéria orgânica em decomposição, encontradas em regiões pantanosas, esta teoria, aceita até o século XIX, ficou conhecida como *Teoria dos Miasmas*. Pela primeira vez usou-se os termos endemias e epidemias, assim como as doenças foram associadas pela primeira vez ao ambiente físico, criaram-se as ações preventivas e de profilaxia, através de medidas de saneamento.

Nas cidades gregas haviam os administradores públicos, os *astínomos*, responsáveis pelos serviços de abastecimento de água e de esgotamentos urbanos como, por exemplo, a manutenção e a limpeza dos condutos.

Havia uma forte preocupação dos gregos com a segurança. Cinturões de muros eram construídos junto às áreas mais importantes da cidade, para onde todos se refugiavam na

iminência de um ataque. A região de litoral recortado era favorável aos invasores que vinham do mar. Por isso, os gregos foram exímios construtores de fortificações inexpugnáveis. Uma delas foi relatada na *Iliada* de HOMERO, segundo consta, Tróia (ÍLION) permaneceu sitiada por 10 anos sem cair.

Havia, também, uma grande preocupação com a idéia de cidadania. Uma cidade deveria ter uma população suficiente para a formação de um exército, mas não tão numerosa que não pudesse se reunir em assembléia. Ao exceder um certo número de pessoas, era organizada uma expedição para se formar uma nova colônia. A população das cidades oscilava em torno de 10.000 habitantes. Atenas, nos tempos de Péricles, chegou a ter 40.000 pessoas. Nunca superada pelas demais, que alcançava até 20.000 habitantes.

Conforme BENEVOLO (1999), devido ao seu regime de governo democrático, as cidades gregas criaram alguns conceitos de convivência civil e planejamento urbano que perduram até os nossos dias. O novo caráter da convivência civil se revela por quatro fatos:

- 1) A cidade é um todo único, onde não existiam zonas fechadas e independentes, a cidade possuía o status de pública. Podia ser circundada por muros, mas não subdividida em recintos secundários, como as cidades orientais. Em algumas áreas previamente destinadas para o uso comum, tais com a agora (praças), o teatro, toda a população livre, ou grande parte dela, podia reunir-se e reconhecer-se como uma comunidade orgânica.
- 2) O espaço da cidade se dividia em três zonas: as áreas privadas ocupadas pelas casas de moradia, as áreas sagradas - os recintos com os templos dos deuses - e as áreas públicas, destinadas às reuniões políticas, ao comércio, ao teatro, aos jogos desportivos etc.
- 3) A cidade, no seu conjunto, formava um organismo individual e destacadamente artificial, inserido no ambiente natural e ligado a este ambiente por uma relação delicada. O traçado da cidade respeitava as linhas gerais da paisagem natural, que em muitos pontos significativos era deixada totalmente intacta. A preocupação com a harmonia do traçado, tanto do ponto de vista arquitetônico como na preocupação de planejamento urbano, fazia das cidades gregas as pioneiras em conceito de cidades planejadas.
- 4) O organismo da cidade se desenvolvia no tempo, até um certo ponto. O crescimento da população não produzia uma ampliação gradativa, mas a adição de um outro organismo equivalente ou mesmo maior que o primitivo. Em muitos casos, criava-se uma nova cidade a fim de não saturar aquela que já existia. Eis um dos primeiros conceitos de nucleação urbana. “

Justamente por estes quatro caracteres - a unidade, a articulação, o equilíbrio com a

natureza, o limite de crescimento - as cidades gregas destacaram-se como modelo universal de planejamento e desenvolvimento urbano (BENEVOLO, 1999).



FIGURA 05 : CIDADE GREGA DE PRIENE

FONTE: BENEVOLO (1999)

2.7 AS CIDADES ROMANAS

Assim como as cidades gregas, os centros urbanos romanos foram criados a partir de um planejamento de traçado de ruas e construção dos muros. A planificação das cidades seguia regras que iam desde a consulta aos deuses (*INAUGURATIO*), passando pelo traçado do perímetro externo e os limites internos da cidade (*LIMITATIO*), até a fundação formal, celebrada com sacrifícios aos deuses (*CONSACRATIO*). (BENEVOLO, 1999)

O império romano, ao contrário dos gregos, possuía um poder central e, para exercer controle sobre suas cidades, o imperador criava estradas, por onde escoava a produção e marchavam suas legiões. O império romano concentrou-se em executar obras de infraestrutura, com o objetivo de atender a população das cidades e prover maior segurança às terras culti-

váveis. A rede de estradas compreendia mais de 85 Km de vias pavimentadas, com largura suficiente para passar dois carros um ao lado do outro. Sistemas sofisticados de aquedutos abasteciam as cidades com água vinda de quilômetros de distância. A drenagem de pântanos, com o objetivo de sanear áreas próximas foi largamente utilizada.

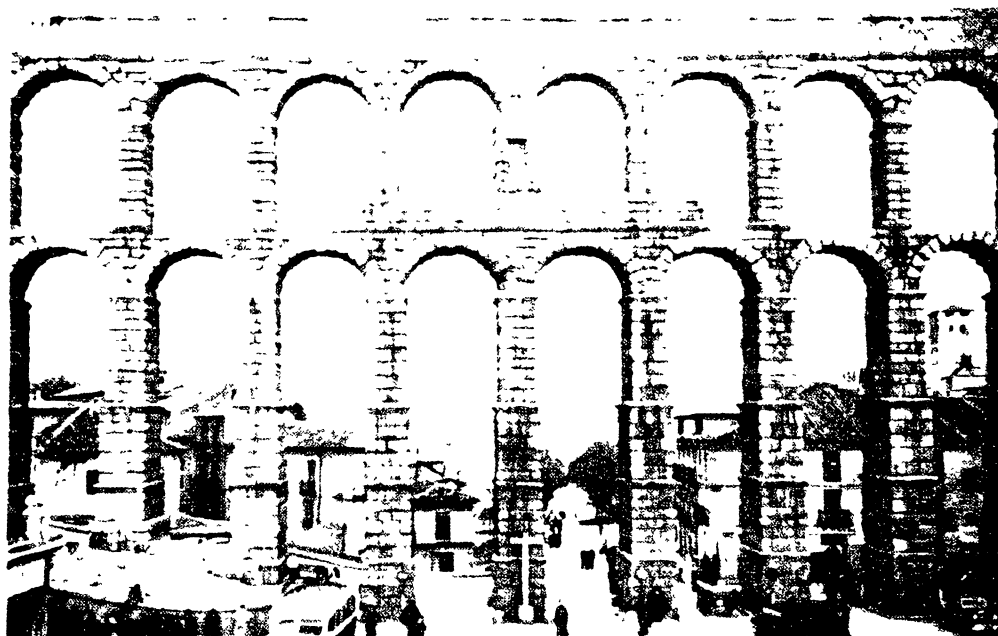


FIGURA 06: AQUEDUTO ROMANO

FONTE: BENEVOLO (1999)

Segundo BENEVOLO (1999), a gestão dos sistemas de saneamento era desempenhada pelos censores e no império, a partir de Augusto, pelos zeladores e atendentes. A prestação destes serviços, no entanto, eram prioridade das áreas nobres das romanas, onde os moradores tinham de pagar pelo uso do serviço. O abastecimento de água era realizado por aquedutos, que conduziam grande quantidade de água das nascentes até as cidades. As canalizações dos aquedutos, *SPECUS*, eram condutos retangulares fechados, mas que permitiam inspeção, revestidos com reboco de tijolo em pó (*OPUS SIGNINUM*). A declividade variava de 10 a 0,2 por mil, permitindo grandes transposições de vales. Nas cidades, a água chegava aos reservatórios de decantação (*PISCINAE LIMARIAE*) e em seguida, aos reservatórios de distribuição (*CASTELLA*), onde, finalmente era distribuída em tubulações de chumbo à população mais

abastada. Conforme REZENDE e HELLER (2002), A cidade de Roma possuía 13 aquedutos (totalizando 422 Km de rede) que, juntos, abasteciam a cidade com mais de um bilhão de metros cúbicos de água por dia.

A rede de esgotos da cidade foi iniciada no século IV a.C. Existiam aberturas nas vias públicas, chamadas de *MEATUS*, nos quais eram despejados os dejetos provenientes das habitações. As galerias coletoras, chamadas de *CLOACAS MÁXIMAS* eram de tamanha proporção que permitiam a sua inspeção com barcos. De acordo com AZEVEDO NETTO (1984),

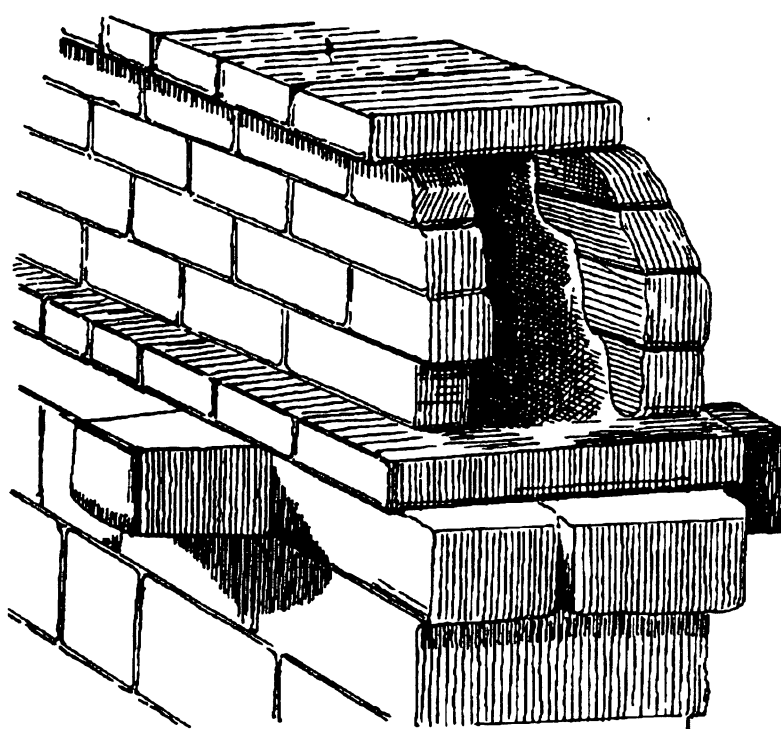


FIGURA 07: DETALHE DE UM AQUEDUTO ROMANO – SPECUS

FONTE: BENEVOLO (1999)

tais canais mediam até 4,3 metros de diâmetro e algumas deles estão ativos até hoje. No entanto, tais redes eram insuficientes para toda a cidade. Servia principalmente para descarregar os esgotos dos prédios públicos, das águas pluviais e do excedente dos aquedutos.

O traçado e a largura das ruas eram determinados por lei, cabendo uma largura mínima de 2,9 metros e a máxima de 4,8 metros. Não havia sistema de iluminação nem de coleta de lixo na cidade. Havia grande dificuldade de circulação em virtude do número de pessoas e da largura das vias de acesso, por isso era proibido circular de carro entre a alvorada e o pôr do

sol. Em compensação, durante à noite, o trânsito de carros era ensurdecedor. Roma foi considerada a maior concentração humana até então existente na civilização. Até o século III D.C viviam na cidade de 700.000 a 1.000.000 de pessoas. (BENEVOLO, 1999)

Enquanto os nobres em palácios de grande luxo e conforto, as massas de trabalhadores livres e escravos viviam em promiscuidade, em edifícios de apartamentos. As famílias mais abastadas moravam em casas individuais (*DOMUS*), geralmente construídas em dois andares, possuíam fossas negras, ou descarregavam os seus dejetos em lixeiras abertas. A população mais pobre morava nos subúrbios, em residências coletivas, casas ou prédios de até 6 andares (*INSULAE*), não possuíam abastecimento de água nem coleta de esgotos. Descarregavam os seus urinóis em um recipiente comum, chamado de *DOLIUM*, que ficava no pátio das casas, ou simplesmente jogavam o seu esgoto na rua, pela janela. As divisórias eram de madeira e não havia sistemas de aquecimento por lareiras. Utilizavam-se pequenos fogareiros de brasas com o duplo objetivo de cozinhar e se aquecer. (BENEVOLO, 1999)

Roma tinha enormes problemas com abastecimento. Os víveres necessários para atender 1.000.000 de pessoas chegavam através do mar, até a foz do rio TIBRE, onde foi necessário construir uma cidade portuária, *ÓSTIA*. De lá era levada em navios menores até a cidade, onde existia uma ilha utilizada como desembarcadouro e depósito.

A escravidão e a servidão que, pouco a pouco, constituíam a única forma de trabalho produtivo do grande Império, transformaram o trabalho em condição de atividade inferior. A população de servos e escravos em Roma ultrapassava o número de cidadãos. O resultado da aceitação desse conceito negativo do trabalho foi a paralisação do desenvolvimento tecnológico, a queda da produtividade agrícola e artesanal e o conseqüente enfraquecimento do Império.

As linhas de fronteira do império tinham de ser guarnecidas. Para isso, era necessário construir núcleos de fronteira em profundidade ao longo dos limites das províncias. O exército era incumbido de ocupar essas pequenas linhas de fortificação, ligadas por estradas precárias, chamadas de *limes*. A ocupação era realizada, ainda com a colonização das terras conquistadas, distribuindo terras aos colonos romanos e latinos, ou aos militares aposentados. A propriedade rural, o *CENTURIATO*, era perfeitamente demarcada através de medidas pa-

drão de comprimento e largura, 20 *ACTUS*, ou 700 metros, formando uma malha quadriculada que pode ser vista em algumas regiões até hoje (BENEVOLO, 1999).

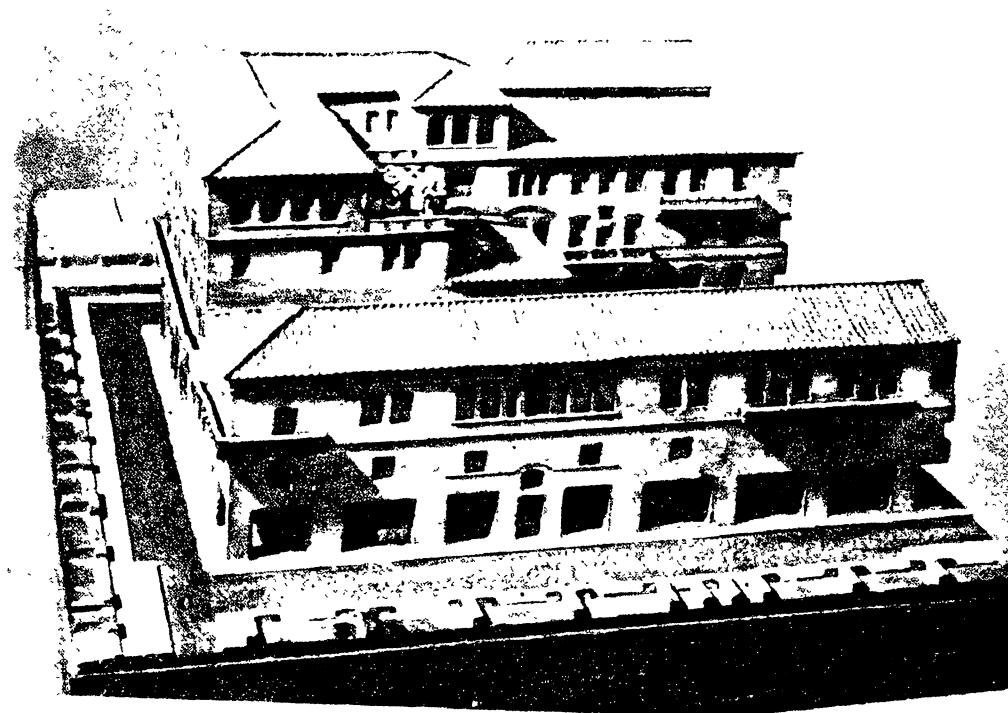


FIGURA 08: INSULAE ROMANA – MORADIA POPULAR DE ATÉ SEIS ANDARES DA ÉPOCA DO IMPÉRIO ROMANO.

FONTE: BENEVOLO (1999)

2.8 AS CIDADES MEDIEVAIS

No ano de 476 d.C., Roma foi conquistada. Dá-se a queda do Império Romano do Ocidente, e inicia-se a Idade Média, que se estenderia até 1453. Ondas sucessivas de bárbaros começaram a invadir o império decadente, que não tinha mais uma organização defensiva capaz de detê-los, a Europa foi envolvida por um estado de guerra permanente. Grande parte do conhecimento científicos foi perdido ou deslocado para o mundo árabe, notadamente a Pérsia, dando início na Europa, a uma substituição deste conhecimento por uma cultura a base de crenças religiosas e superstições, gerando o que hoje é conhecida como Idade das Trevas (500-1000 DC.). As doenças passaram a ser consideradas como castigos divinos às impurezas espirituais humanas, seus tratamentos eram resolvidos com procedimentos místicos ou orações e

penitências. As práticas sanitárias urbanas sofreram, se não um retrocesso, pelo menos uma estagnação.

Os poucos locais onde houve relativo desenvolvimento científico foram nos mosteiros, as instalações sanitárias de abastecimento de água e esgotamentos canalizados, ficaram por conta da iniciativa eclesiástica. Como exemplos desta afirmativa, pode-se citar que enquanto no século IX, a cidade do Cairo, no Egito, já dispunha de um serviço público de adução de água encanada, só em 1310 os franciscanos concordaram em que habitantes da cidade de SOUTHAMPTON utilizassem a água excedente de um convento que tinha um sistema próprio de abastecimento de água desde 1290.

Do século V ao IX, aconteceu a grande processo de desurbanização do continente europeu. A cidade era um alvo fácil às pilhagens dos povos bárbaros. A melhor forma de se defender das investidas dos invasores era o refúgio dos campos num processo acentuado de desocupação das cidades. Viena, na Áustria, por dois séculos chegou a desaparecer dos mapas europeus. Roma, na época de CARLOS MAGNO, chegou a ter apenas 20.000 habitantes. As estradas, abandonadas, desapareceram. Com exceção das cidades marítimas, as interioranas, foram morrendo, em sua grande maioria. Nessa época surgiu na Europa o feudalismo.

Do século IX ao século XI, houve uma sucessão contínua de invasões de bárbaros, árabes e povos estrangeiros na Europa Continental. As comunidades utilizaram-se novamente de muralhas para a sua defesa. Surgiram mais burgos e castelos fortificados na Inglaterra e baluartes na França em defesa da população contra as constantes invasões bárbaras.

Surgiram os pequenos burgos de traçado irregular, originário de pequenas feiras e comércio local. Não havia organização nem planejamento, as povoações retrocederam à categoria de aldeias do período antigo. As ruas eram estreitas e não pavimentadas. As aldeias ou cidades ficavam confinadas aos muros, o sistema de esgotos simplesmente não existia, as águas residuárias eram jogadas na rua e conduzidas pela chuva. A população era obrigada a conviver com os animais utilizando-se da mesma água de beber. As casas não abriam janelas para as ruas defendendo-se do mau cheiro. As condições de saúde eram extremamente precárias. (FERRARI, 1979).

Com a descoberta da pólvora e dos engenhos de artilharia no século XII, os muros

se tornaram obsoletos. A cavalaria, suprema arma da Idade Média, perdeu terreno para a artilharia e a infantaria. Os canhões passaram a se tornar o grande instrumento de defesa liberando as cidades dos seus rígidos limites fortificados. As habitações deixaram de se limitar às regiões altas e fortificadas para ocupar as planícies e os traçados regulares dominavam a nova paisagem urbana.

No final da idade média, com o fortalecimento dos feudos e do comércio marítimo, a Europa voltou a sofrer um processo de intensa urbanização. O comércio e as cidades renasceram a partir do século XIII. Paris passou de 100.000 habitantes a 240.000 habitantes; Veneza de 100.000 habitantes chegou a ter 200.000 habitantes; Florença passou de 45.000 habitantes a 90.000 habitantes. O fim da Idade Média foi caracterizado pela formação das monarquias e expansão do mercantilismo (FERRARI, 1979). Os diversos problemas por que passou o homem medieval, sobretudo na Europa, fizeram com que a população da época desenvolvesse uma arraigada consciência ecológico-sanitária, principalmente no que diz respeito aos recursos hídricos.

No meio do século XIII, a Europa sofreu uma das principais consequências da falta de condições sanitárias nas cidades, a peste negra. Causada pela bactéria *PASTEURELLA PESTIS*, um terço da população européia morreria nos próximos 50 anos do mal que devastou o continente. Florença perdeu a metade da população, Marselha perdeu perto de 40.000 habitantes. A Inglaterra reduziu de 3,8 milhões para 2,1 milhões de habitantes. (FERNANDEZ, 1976).

A iniciativa de pavimentação das ruas nas cidades européias, com a finalidade de mantê-las limpas e alinhadas, a partir do final do século XII, tornou-se o marco inicial da retomada da construção de sistemas de drenagem pública das águas de escoamento superficial e o encanamento subterrâneo de águas servidas, estas inicialmente para fossas domésticas e, posteriormente, para os canais pluviais. Como exemplo, as cidades de PARIS (1185), PRAGA (1331), NUREMBERG (1368) e BASILÉIA (1387),

As primeiras leis públicas de instalação, controle e uso dos serviços de saneamento urbano na Europa tiveram origem a partir do século XIV. Em termos de saneamento o período histórico dos séculos XVI e XVIII foi considerado de transição. A partir do século XVI, já no

Renascimento, com a crescente poluição dos mananciais de água o maior problema era o destino dos esgotos e do lixo urbanos. No século seguinte, o abastecimento de água urbano teve radical desenvolvimento, pois se passou a empregar bombeamentos com máquinas movidas a vapor e tubos de ferro fundido para recalques de água, notadamente a partir da Alemanha, procedimentos que viriam a se generalizar no século seguinte, juntamente com a formação de empresas fornecedoras de água.

A sistemática de carreamento de refugos e dejetos domésticos com o uso da água, embora fosse conhecido desde o século XVI, quando JOHN HARRINGTON instalou a primeira latrina no palácio da Rainha Isabel, sua disseminação só veio a partir de 1778, quando JOSEPH BRAMAH inventou a bacia sanitária com descarga hídrica, inicialmente empregada em hospitais e moradias nobres. Estas instalações provocaram a saturação das fossas, que não eram dimensionadas para receber tal vazão, contaminando as ruas e o lençol freático. A distribuição generalizada de água encanada e das peças sanitárias com descarga hídrica fez com que a água passasse a ser utilizada com uma nova finalidade: afastar propositadamente os dejetos e outras sujeiras indesejáveis ao ambiente de vivência. A evolução dos conhecimentos científicos, principalmente na área de saúde pública, tornou imprescindível, bem como a necessidade de canalizar as vazões de esgoto de origem doméstica.

Assim, a solução do problema foi canalizar obrigatoriamente os efluentes domésticos e industriais para as galerias de águas pluviais existentes originando, assim, o denominado *Sistema Unitário de Esgotos*, onde todos os esgotos eram reunidos em uma só canalização e lançados nos rios e lagos receptores.

As décadas de 1830 e 1840 podem ser destacadas como as mais importantes na história científica da engenharia Sanitária. A epidemia de cólera de 1831-1832 despertou concretamente para os ingleses a preocupação com o saneamento das cidades, pois evidenciou que a doença era mais intensa em áreas urbanas carentes de saneamento efetivo, ou seja, em áreas mais poluídas por excrementos e lixo, além de mostrar que as doenças não se limitavam às classes mais baixas. Em seu famoso *Relatório* (1842), CHADWICK já afirmava que as medidas preventivas como drenagem e limpeza das casas, através de um suprimento de água e de esgotamento efetivos, paralelo a uma limpeza de todos os refugos nocivos das cidades, eram

operações que deveriam ser resolvidas com os recursos da engenharia civil e não no serviço médico.

No final do século XIX, a construção dos sistemas unitários propagou-se pelas principais cidades do mundo na época, entre elas, LONDRES, PARIS, AMSTERDAM, HAMBURGO, VIENA, CHICAGO, BUENOS AIRES, etc. Porém nas cidades situadas em regiões tropicais e equatoriais, com índice pluviométrico muito superior (cinco a seis vezes maiores que a média europeia, por exemplo) a adoção de sistemas unitários tornou-se inviável em virtude do elevado custo das obras. A construção de galerias coletoras das vazões máximas contrapunha-se às desfavoráveis condições econômicas características dos países situados nestas faixas do globo terrestre.

No entanto, a evolução tecnológica nas nações mais adiantadas, como a Inglaterra, por exemplo, e as necessidades do intercâmbio comerciais, forçavam a instalação de medidas sanitárias eficientes, pois a proliferação de pestes e doenças contagiosas em cidades desprovidas dessas iniciativas propiciavam, logicamente, aos seus visitantes os mesmos riscos de contaminação, gerando insegurança e implicando, portanto, que os navios comerciais da época retirassem seus portos de suas rotas marítimas, temendo contaminação da tripulação e, conseqüentemente, causando prejuízos constantes às nações mais pobres e dependentes do comércio internacional.

2.9 EVOLUÇÃO URBANA NO BRASIL

Na época do nosso descobrimento, Portugal era um país essencialmente mercantilista. O regime político era a monarquia, porém bastante influenciada, ainda, pelo feudalismo. O objetivo de alcançar anexar novas colônias era o que movia Portugal para os oceanos. A distância da colônia recém descoberta à Europa fez Portugal abandonar as terras brasileiras durante 30 anos. Uma solução encontrada para tomar posse das terras descobertas, foi de dividir a colônia em capitanias hereditárias, visando, através da iniciativa privada, colonizá-la e explorá-la. O fracasso desse sistema levou a coroa portuguesa a criar o sistema de Governo Geral, em 1549. Aos donatários, colonos e governadores gerais cabia a relevante função de fun-

dar cidades na colônia.

De acordo com FERRARI (1979), a primeira cidade fundada no Brasil foi Igarçu em Pernambuco, em 1527.

Seguiram-se depois as seguintes cidades: Marim (Olinda) em 1530 (PE), Recife (PE) em 1531, São Vicente (SP) e Itanhaém (SP) em 1532, Vitória (ES) em 1535, Vila do Pereira (Salvador) (BA) em 1536, Via de São Jorge (Ilhéus) (BA) em 1540, Santos (SP) em 1543, Itamaracá (PE) em 1548, Salvador (BA) em 1549, São Paulo (1554), Paranaguá (PR) em 1560 Rio de Janeiro (RJ) em 1565, Niterói (RJ) em 1573 e outras mais. (FERRARI, 1979) .

Entre 1637 e 1644, o Conde João Maurício de Nassau promoveu grandes modificações na região de Pernambuco. Obras de infraestrutura em Recife e Olinda, fomento de empréstimos aos proprietários de engenhos, concedidos pela Companhia das Índias Ocidentais permitiram um grande desenvolvimento da região.

O império crescia a custa do trabalho escravo e da exploração da cana-de-açúcar. A cidade não tinha nenhuma importância política ou econômica. Tratava-se mais de uma fortificação para se defender dos selvagens, era um instrumento de conquista, de dominação militar e econômica sobre a colônia. As cidades eram fundadas pelo conquistador para a proteção do branco e a incorporação da população indígena.

Posteriormente, na área açucareira, o pastoreio separou-se da agricultura. Aquele se embrenhou para o interior do país, e esta fixou-se no litoral. Duas vertentes bem distintas de formas de criação de núcleos urbanos podem ser observadas: no litoral, cidades agrárias, semi-feudais, escravagistas e voltadas para o mercantilismo; no interior, núcleos urbanos formados por mestiços, índios e poucos escravos, voltados para a pecuária e a busca por pedras preciosas. Estas duas vertentes influenciariam sobremaneira na forma de desenvolvimento das cidades e no comportamento da sociedade ali criada.

Vários foram os motivos que levaram à criação de cidades brasileiras, não apenas a evolução de aldeias agrícolas ou o comércio. Preocupações com a segurança do litoral, entrepostos comerciais, entrocamento de vias de escoamento do gado, descoberta de ouro e outros metais preciosos, missões religiosas, áreas fortificadas para busca e apresamento de índios, são alguns dos motivos que levaram à criação das principais cidades brasileiras.

2.10 ORIGEM DAS CIDADES BRASILEIRAS

2.10.1 As Primeiras Cidades

Algumas das primeiras nucleações urbanas surgiram nos aldeamentos indígenas, feitos pelos jesuítas e franciscanos, dominicanos ou salesianos. Eram do estilo "tabuleiro de xadrez", ocupando a igreja uma posição de destaque em uma praça (o largo da matriz). Destacam-se São Paulo, ItapetERICA, Embu, São Miguel, Sant'Ana do Parnaíba, etc. (FERRARI, 1979).

Outras tantas cidades tiveram origem na função militar de proteção litorânea ou de rios importantes. O povo português foi um dos únicos conquistadores que conseguiram manter a coesão de sua colônia, diferentemente do que ocorreu com os espanhóis. A política vigente da coroa portuguesa era a construção de fortes em regiões estratégicas. Tal iniciativa permitiu a manutenção dos limites de fronteira e a interiorização do militar no Brasil. Das cidades criadas como bases militares pode-se citar: Salvador (BA), Natal (RN); Fortaleza (CE); Manaus (AM), Belém (PA), Santarém (PA).

2.10.2 Ciclos Econômicos

Conforme esclarece o autor FERRARI (1979), o ciclo da mineração causou o aparecimento de várias cidades. Tanto ele quanto o do açúcar eram escravagistas, mas, no período da mineração, os escravos, servos e homens livres trabalhavam, lado a lado, em condições mais humanas. Neste ciclo, cresceu, de uma maneira muito acentuada, o mercado de trocas, pois dentro da região não havia possibilidade de os mineiros produzirem todo o necessário para sua manutenção. Este comércio gerou um grande deslocamento de tropas para as Minas Gerais, e, conseqüentemente, a abertura de novos caminhos e a criação de inúmeros núcleos urbanos. O pólo mineiro teve o mérito de promover a integração do centro do País com as regiões pecuaristas do Nordeste e do Sul.

Sob o aspecto demográfico, a mineração atraiu um grande fluxo de população bran-

ca, européia, responsável pela etnia prevalecente no País. O ciclo da mineração originou dois tipos de cidades (FERRARI,1979):

Cidades que surgiram nos locais de mineração, tais como: (Minas Gerais) Ouro Preto, Mariana, Sabará, Caeté, Queluz, São João Del Rey, Estrela do Sul, Diamantina, Congonhas do Campo. (Goiás) Goiás, Ouro Fino, Meia-Ponte (hoje: Pirenópolis), Jaraguá, Santa Luzia, Cavalcante, Arraias, etc. (São Paulo) Apiaí e Eldorado Paulista . (Mato Grosso) Cuiabá e Mato Grosso. (Paraná) Curitiba e Paranaguá. (Rio Grande do Sul) Lavras e Encruzilhada do Sul.

Cidades nascidas da circulação provocada pela mineração (pousos, encruzilhadas, postos de pedágio, passagens difíceis): Exemplo: Pouso Alegre, Pouso Alto, Passa Três, Passa Quatro, Passa Vinte, Registro, Curral d'El Rei, 12 Lajes, Sorocaba, Mogi-Guaçu, Feira de Sant'Ana, Malhada Grande, Feira de Conquista, Casa Branca, etc.

Por ser o café um produto que necessita de latifúndios e de mão-de-obra abundante para conseguir excedentes exportáveis, foi, inicialmente, implantado com mão-de-obra escrava. Após a proibição de escravos no Brasil, em 1850, passaram a ser substituído pelos imigrantes europeus. Como o café era um produto de exportação, os países importadores começaram a construir estradas de ferro aqui. Todas eram estradas colonialistas, nitidamente voltadas para a exportação e nunca para a integração do país. Elas possuíam diferentes bitolas, características de traçado, velocidades de projeto, infra-estrutura e não se interligavam.

Com a monocultura do café, intensificou-se a urbanização e modernização de alguns núcleos. Novas cidades foram surgindo (FERRARI,1979):

Campinas, Limeira, Pirassununga, Descalvado, São Carlos, Araraquara, Mogi-Mirim, Casa Branca, Mococa, Ribeirão Preto, Marília, Bauru, depois as cidades do norte do Paraná. Muitas delas já tinham sido fundadas como antigos pousos, cruzamentos de vias de transporte, incipientes núcleos de mineração, ou tendo origem em terras doadas pelos proprietários de terra para sua urbanização, mas adquiriram foros de cidade com a chegada do café.

Até 1930 as condições socioeconômicas do Brasil não eram favoráveis à industrialização. Apenas durante a 1ª Grande Guerra (1914-1918), dadas as dificuldades de importação, desenvolveu-se no Brasil, principalmente em São Paulo, uma pequena indústria de substituição de bens importados, enquanto que a economia cafeeira sofria forte queda com a quebra da bolsa de valores de Nova York, em 1929.

Em termos de predomínio político e econômico, a cidade venceu o campo, a partir

de 1930, acentuando-se a urbanização do país. A correlação entre industrialização e urbanização fez com que as regiões mais industrializadas, tais como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e, Rio Grande do Sul, sofressem um aumento demográfico superior às demais regiões e com que suas cidades crescessem mais que as outras. A urbanização mais se acentuou após a 2ª Grande Guerra quando a industrialização adquiriu novo e vigoroso impulso. O processo de urbanização se reflete no crescimento prodigioso de São Paulo: de 31.385 habitantes, em 1872, passou para 47.696 em 1886 e atingiu 64.934 habitantes em 1890.

2.10.3 Histórico dos Sistemas de Esgoto Sanitário no Brasil

De acordo com REZENDE e HELLER, 2002, de 1500 a 1800, o Brasil dispunha de farta mão-de-obra barata, que, dentre outras funções da produção, também desempenhavam as obrigações de abastecimento d'água e remoção dos resíduos. As cidades eram dotadas de áreas livres e ruas largas. Ao contrário da Europa, o Brasil dispunha de farto volume de água para o abastecimento. O nível tecnológico dos sistemas de saneamento brasileiros era incipiente. Resumia-se, no aspecto de resíduos sólidos e efluentes domésticos, a delimitação de uma área para a disposição final do lixo e dos esgotos. Para o abastecimento d'água, existiam as fontes públicas, para onde convergiam os escravos munidos de barricas de transporte de água.

A partir de 1842, após a Europa se recuperar de uma epidemia de cólera, as exigências sanitárias daquele continente passaram a ser muito maiores. Fortes restrições ao aportamento de navios estrangeiros, sobretudo de países com baixo controle epidemiológico, foram impostas em portos de toda a Europa. O navio a vapor reduzia o tempo de viagem e aumentava a possibilidade de contaminação nas cidades portuárias .

Antevendo as consequências negativas de um embargo aos navios brasileiros, o imperador D. Pedro II , contratou os ingleses para elaborarem e implantarem sistemas de esgotamento para o Rio de Janeiro e São Paulo, na época, as principais cidades brasileiras. Ao estudarem a situação os projetistas depararam-se com situações peculiares e diferentes das encontradas na Europa, principalmente as condições climáticas (clima tropical, com chuvas muito mais intensas) e a urbanização (lotes grandes e ruas largas).

De acordo com REZENDE e HELLER (2002), foi adotado na ocasião, um inédito sistema no qual eram coletadas e conduzidas às galerias, além das águas residuárias domésticas, apenas as vazões pluviais provenientes das áreas pavimentadas interiores aos lotes (telhados, pátios, etc). Criava-se, então, o *Sistema Separador Parcial*, cujo objetivo básico era reduzir os custos de implantação e, conseqüentemente, as tarifas a serem pagas pelos usuários.

Finalmente, em 1879, o engenheiro GEORGE WARING foi contratado para projetar um sistema de esgotos para a cidade de MEMPHIS, no Tennessee, EUA, região onde predominava uma economia rural e relativamente pobre, praticamente incapaz de custear a implantação de um sistema convencional à época. WARING, diante da situação e contra a opinião dos sanitaristas de então, projetou em sistema exclusivamente para coleta e remoção das águas residuárias domésticas, excluindo, portanto, as vazões pluviais no cálculo dos condutos. Estava criado então o *Sistema Separador Absoluto* cuja característica principal é ser constituído de uma rede coletora de esgotos sanitários e uma outra exclusiva para águas pluviais.

Rapidamente o sistema separador absoluto foi difundindo-se pelo resto do mundo. No Brasil destacou-se na divulgação do novo sistema, SATURNINO BRITO, cujos estudos, trabalhos e sistemas reformados pelo mesmo, fizeram com que, a partir de 1912, o separador absoluto passasse a ser adotado obrigatoriamente no país. Sua consagração veio em 1905, quando contratado pelo Estado para solucionar o saneamento de Santos, não só construiu e modernizou os sistemas de abastecimento de água e coletor de esgotos como replanejou toda a parte urbana, projetou as avenidas principais e os canais de drenagem, efetuou aterros de pântanos e construiu parques litorâneos e várias obras de proteção ambiental. (REZENDE e HELLER, 2002)

2.11 O AMBIENTE URBANO

Em seu estudo de abordagem integrada dos problemas do meio ambiente, BRANCO (1989) apresenta a poluição urbana como fruto do fluxo unidimensional de matérias primas para o processamento e consumo (dissipação) na cidade. MOTA (1999) afirma que o ambiente urbano é formado por dois sistemas intimamente relacionados: o sistema natural, composto do

meio físico e biológico, e o sistema antrópico, formado pelo homem e suas atividades.

O ambiente urbano não é um sistema fechado. Muito pelo contrário! Trata-se de um sistema artificial altamente dependente do meio externo natural para a sua sobrevivência. MARCUS & DETWYLER entendem a cidade como um ecossistema urbano, com necessidades biológicas essenciais à sobrevivência de sua população, além de requisitos culturais. A partir de uma visão sistêmica, pode-se entender uma cidade como um sistema semelhante a um organismo vivo, que possui necessidades fisiológicas como alimentação, dessedentação, respiração, dentre outras. Para WILHEIM (1976), as intensas transformações da cidade faz lembrá-la como um organismo vivo em constante mutação. *“A cidade, conceituada como um organismo, dotada, portanto, de vida. Em constante mutação. Uma estrutura complexa suportando uma infinidade de atividades que a transformam constantemente”*. (WILHEIM, 1976). Além disso, esse “ser” também realiza processos, tais como respiração, circulação e digestão que resultam, dentre outras conseqüências, na geração de resíduos nas suas diversas formas e estados.

Na maioria das vezes em que o homem é inserido em um determinado ecossistema, torna-se o agente principal das mudanças ocorridas a partir de então. A ação do homem sobre o meio é procedida de forma rápida e variada, não permitindo, muitas vezes, que a natureza venha a se recuperar, ou mesmo se adaptar às mudanças exercidas. De acordo com MOTA (1999), observa-se, portanto que o “ecossistema urbano” tem características e funcionamento diferentes dos sistemas ecológicos naturais, pois a ação do homem é predominante, provocando mudanças intensas e rápidas. A interação entre os dois meios, antrópico e natural, ocorre de forma desequilibrada. O ambiente urbano necessita de matéria prima e recursos naturais, ao passo que descarta resíduos em grande quantidade e de forma inadequada. O meio natural não consegue dispor de recursos para atender à demanda, assim como não tem capacidade de recuperação diante da carga poluidora ao qual é submetida. A busca por um equilíbrio relativo entre esses dois meios é o grande desafio que o homem moderno se depara. *“A questão é como compartilhar as ações do homem com a conservação dos recursos naturais, ou seja, como alcançar o desenvolvimento sustentável das cidades”*. MOTA (1999).

A gestão da poluição ambiental dos recursos naturais é hoje um dos maiores pro-

blemas vividos pela humanidade. O meio ambiente urbano vem apresentando claros sinais de saturação. Em decorrência da alta carga poluidora que produz e a que vem sendo submetido. Alguns efeitos dessa degradação ocorrem no próprio local onde o dano foi causado, chamando-se de efeito local ou regional. Algumas questões como a coleta, tratamento e disposição efetiva e ecologicamente sustentável, dos resíduos gerados por uma cidade é uma das principais e primordiais preocupações dos profissionais que lidam com a gestão do meio urbano. Como consequência direta da forma inadequada de tratar esse problema é a diminuição da qualidade de vida dos habitantes e do próprio “indivíduo” cidade.

A tendência mundial é a aglomeração dos assentamentos humanos. LEFEVBRE (1983), citado por LIMA e ROCAGLIO (2001), apresenta a hipótese da completa urbanização da humanidade. Em 1975, 37,73% da população mundial habitavam em assentamentos humanos urbanos, em torno do ano de 2005, com o salto estatístico da urbanização, esse percentual ultrapassará os 50% e, em 2025, este será 61,07% dos cerca de seis bilhões de habitantes do globo. Na América Latina, o percentual já era de 61,32% em 1975, deve saltar para 76,51% no ano 2000 e atingirá, vinte anos depois, 84,67%. No Brasil, os saltos previstos são de 61,15% para 81,21% e 88,94%, respectivamente. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

Conforme LEFEVBRE, no futuro, os problemas de danos à natureza, causados pelos processos industriais, serão suplantados pelos danos decorrentes das grandes cidades. Algumas aglomerações urbanas, ditas regiões metropolitanas, já vivem essa hipótese. Para LIMA e ROCAGLIO (2001), verifica-se que nesses grandes assentamentos humanos, os problemas ambientais são semelhantes, que causam o mesmo tipo de efeitos degradantes sobre o ambiente urbano, e sobre uma área geográfica muito maior do que aquela sobre a qual se estende a metrópole.

Via de regra, a degradação ambiental relaciona-se intimamente com a pobreza. Para LIMA e ROCAGLIO (2001) as questões ambientais não podem ser desmembradas da componente social. "A partir do fato de que a ação da sociedade sobre a natureza transforma, desnatura, socializa essa natureza, interessa-nos daqui delinear de forma mais precisa a utilização do termo degradação socioambiental urbana". Afirmam os autores que os problemas de degradação ambiental urbana agravam e ao mesmo tempo são agravados pelos problemas so-

ciais. Citando HERCULANO, acrescentam que a deterioração ambiental urbana ocorre nos seguintes campos: uso de tecnologias poluidoras, aumento demográfico e expansão da miséria.

O problema que vem mais afligindo as grandes metrópoles é a escassez de água para o consumo, decorrente da degradação dos corpos hídricos disponíveis. Diferentemente do que ocorre com o ar, a capacidade natural de recuperação de um manancial poluído é, comparativamente, muito mais lenta, tornando-se, em alguns casos, quase impossível. Isso faz com que a água seja o recurso ambiental mais carente de atenção na atualidade.

KEMPER (1996) afirma que "a água apresenta uma situação bastante peculiar dentre os recursos ambientais, desempenhando diferentes papéis: ora é vista como produto para consumo direto, ora como matéria-prima, ora como ecossistema. O principal problema é que a água não tem substituto para muitas de suas aplicações, sendo a mais elementar delas o consumo humano e animal. São quatro as principais funções: i) biológica (água para as necessidades básicas humanas e animais); ii) ecossistema (meio ambiente para seres aquáticos); iii) técnica (usos onde a água desempenha papel de matéria prima na indústria e agricultura ou residenciais não-básicos); e iv) simbólica (usos associados a valores sociais e culturais)".

A degradação de um corpo hídrico pode envolver diversas regiões e, até mesmo, países. Além disso, efeitos globais podem ser sentidos por todos, ao passo que as ações locais não são corretamente aplicadas. Uma situação bastante comum em diversas regiões do mundo é a utilização de um mesmo rio por cidades distintas, tanto para a captação de água quanto para a destinação de seus esgotos. A consequência imediata dessa postura é a sobrecarga dos sistemas de tratamento de água das cidades à jusante, em virtude da contaminação causada pelas comunidades rio acima.

2.12 GESTÃO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS

Com o objetivo de nortear políticas globais de gestão do meio ambiente e busca por uma melhor qualidade de vida, a comunidade global vem se organizando e editando diretrizes e metas gerais a respeito dos temas mais prementes. A Agenda 21 é um exemplo de um protocolo de intenções, formuladas na CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O

MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, realizadas no Rio de Janeiro, em 1992, onde são tratados assuntos em 115 áreas de ação prioritária, propostas em 40 capítulos. Um deles trata especificamente da PROTEÇÃO DA QUALIDADE E DO ABASTECIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS: APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS INTEGRADOS NO DESENVOLVIMENTO, MANEJO E USO DOS RECURSOS HÍDRICOS. Nele podemos destacar três aspectos de primordial importância e intimamente ligados à gestão do efluente doméstico das cidades:

Os recursos de água doce constituem um componente essencial da hidrosfera da Terra e parte indispensável de todos os ecossistemas terrestres. O meio de água doce caracteriza-se pelo ciclo hidrológico, que inclui enchentes e secas, cujas consequências se tornaram mais extremas e dramáticas em algumas regiões. A mudança climática global e a poluição atmosférica também podem ter um impacto sobre os recursos de água doce e sua disponibilidade e, com a elevação do nível do mar, ameaçar áreas costeiras de baixa altitude e ecossistemas de pequenas ilhas (AGENDA 21, 1992).

A água é necessária em todos os aspectos da vida. O objetivo geral é assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta, ao mesmo tempo em que se preserve as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água. Tecnologias inovadoras, inclusive o aperfeiçoamento de tecnologias nativas, são necessárias para aproveitar plenamente os recursos hídricos limitados e protegê-los da poluição (AGENDA 21, 1992).

A escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos recursos hídricos em muitas regiões do mundo, ao lado da implantação progressiva de atividades incompatíveis, exigem o planejamento e manejo integrados desses recursos. Essa integração deve cobrir todos os tipos de massas inter-relacionadas de água doce, incluindo tanto águas de superfície como subterrâneas, e levar devidamente em consideração os aspectos quantitativos e qualitativos. Deve-se reconhecer o caráter multissetorial do desenvolvimento dos recursos hídricos no contexto do desenvolvimento socio-econômico, bem como os interesses múltiplos na utilização desses recursos para o abastecimento de água potável e saneamento, agricultura, indústria, desenvolvimento urbano, geração de energia hidroelétrica, pesqueiros de águas interiores, transporte, recreação, manejo de terras baixas e planícies e outras atividades. Os planos racionais de utilização da água para o desenvolvimento de fontes de suprimento de água subterrâneas ou de superfície e de outras fontes potenciais têm de contar com o apoio de medidas concomitantes de conservação e minimização do desperdício. No entanto, deve-se dar prioridade às medidas de prevenção e controle de enchentes, bem como ao controle de sedimentação, onde necessário (AGENDA 21, 1992).

A busca por soluções para problemas sociais e ambientais vem sendo, cada vez mais, atribuídas às gestões municipais. A idéia da descentralização das ações é bastante aceita

como paradigma de gestão ambiental. "A maneira como as cidades gerenciam o seu desenvolvimento, incluindo a atração de indústrias, é de grande importância na determinação do nível de desenvolvimento econômico do país. Governos urbanos podem incentivar o desenvolvimento econômico assim como podem provocar retrocessos". ULTRAMARI (2001), citando o WORLD BANK. Porém, os problemas com os quais as cidades se deparam ultrapassam os seus limites físicos e a sua área de influência.

No relatório Gestão dos Recursos Naturais - Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000) é defendida a tese da descentralização da política de gestão dos recursos hídricos pelo fato de favorecer a detecção e a busca de soluções de problemas ambientais. "Isso porque conduz à decisão e à execução das atividades para todos os problemas, viabilizando a concepção de planos de manejo mais viáveis e factíveis. A participação de beneficiários diretos nos resultados das atividades de gestão assegura a existência de graus de responsabilidade diferenciados para os diferentes atores do processo, cabendo ao poder público apenas atribuições que não podem ser levadas a cabo pela sociedade, em geral, e pelo setor produtivo, em particular" (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

No que se refere à ocorrência dos recursos hídricos no Brasil, ressaltam-se as oito grandes bacias hidrográficas existentes no território brasileiro: bacia do rio Amazonas, bacia do rio Tocantins, bacia do Atlântico Norte-Nordeste, bacia do rio São Francisco, bacia do Atlântico Leste, bacia do rio Paraná, bacia do rio Uruguai e a bacia do Atlântico Sudeste. A produção hídrica, entendida como sendo o escoamento anual médio dos rios que deságuam no oceano, em território brasileiro é de $168.790 \text{ m}^3/\text{s}$. Levando-se em consideração a vazão produzida na área da bacia amazônica que se encontra em território estrangeiro, estimada em $89.000 \text{ m}^3/\text{s}$, essa disponibilidade hídrica total atinge $257.790 \text{ m}^3/\text{s}$. (RIGHETTO, 1998)

A circulação da água na Terra recebe o nome de ciclo hidrológico. A água, nos seus diversos estados físicos, recircula na natureza através de mecanismos ou formas de transferência. As principais delas são: (a) precipitação – nas formas de chuva, neve, granizo ou orvalho, (b) escoamento superficial, (c) infiltração e (d) evapotranspiração. (FIGURA 09)

Em uma região densamente habitada, o ciclo hidrológico sofre modificações em

função das condições artificiais. A impermeabilização do solo, gerada pela construção de ruas e casas, restringe a infiltração da água e aumenta a quantidade de escoamento superficial. A ausência de vegetação prejudica a evapotranspiração. A concentração de áreas construídas tende a aumentar a temperatura local, provocando modificações nos regimes de chuva.

Precipitações convectivas, causadas pela ascensão de massas de ar quente que se chocam com as camadas superiores da atmosfera, provocam chuvas torrenciais localizadas, acompanhadas de enchentes e erosões urbanas (PINTO, 1976). O problema é agravado pela ocupação inadequada das margens dos rios e a deposição de resíduos sólidos em galerias de águas pluviais.

Os dados do balanço hídrico mostram a grande diversidade hidrológica do território brasileiro. De fato, os escoamentos superficiais específicos variam desde 48,2 l/s/Km² no Atlântico Norte e 34,2 l/s/Km² na bacia amazônica até 2,8 l/s/Km² na região semi-árida do Atlântico Leste e 4,5 l/s/Km² na bacia do rio São Francisco (RIGHETTO, 1998). No entanto, as concentrações urbanas têm acarretado, em algumas regiões do país, escassez de água em consequência da poluição dos mananciais disponíveis para captação.

função das condições artificiais. A impermeabilização do solo, gerada pela construção de ruas e casas, restringe a infiltração da água e aumenta a quantidade de escoamento superficial. A ausência de vegetação prejudica a evapotranspiração. A concentração de áreas construídas tende a aumentar a temperatura local, provocando modificações nos regimes de chuva.

Precipitações convectivas, causadas pela ascensão de massas de ar quente que se chocam com as camadas superiores da atmosfera, provocam chuvas torrenciais localizadas, acompanhadas de enchentes e erosões urbanas (PINTO, 1976). O problema é agravado pela ocupação inadequada das margens dos rios e a deposição de resíduos sólidos em galerias de águas pluviais.

Os dados do balanço hídrico mostram a grande diversidade hidrológica do território brasileiro. De fato, os escoamentos superficiais específicos variam desde 48,2 l/s/Km² no Atlântico Norte e 34,2 l/s/Km² na bacia amazônica até 2,8 l/s/Km² na região semi-árida do Atlântico Leste e 4,5 l/s/Km² na bacia do rio São Francisco (RIGHETTO, 1998). No entanto, as concentrações urbanas têm acarretado, em algumas regiões do país, escassez de água em consequência da poluição dos mananciais disponíveis para captação.

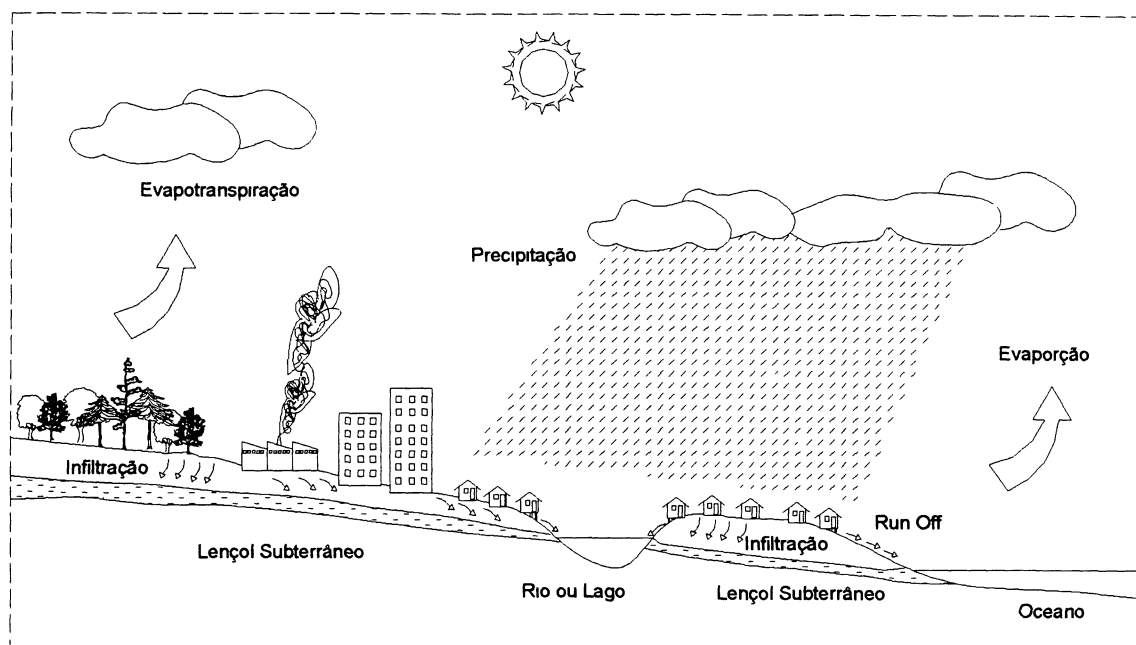


FIGURA 09: EXEMPLO DE CICLO HIDROLÓGICO URBANO

FONTE: Adaptado de RIGHETO (1998) e SOUSA PINTO et al. (1976)

No Brasil, o quadro de abastecimento de água vem evoluindo bastante nos últimos 30 anos. Merece registro o fato de que, a despeito de a população urbana ter aumentado 137% em 26 anos, passando de 52 milhões de pessoas em 1970 para 123 milhões em 1996, foi possível elevar, nesse período, o nível de abastecimento de água dos domicílios ligados à rede geral, de 60% para 91%. (ABES, 1996)

No entanto, persiste um quadro social desfavorável, já que mais de 11 milhões de pessoas que residem em cidades ainda não têm acesso à água por meio de rede canalizada. A preservação dos mananciais e dos cursos d'água concorre para a redução do custo de tratamento. As estimativas são de R\$ 2,00 por 1.000 metros cúbicos para o tratamento de água de baixíssima contaminação e de R\$ 8,00 para igual quantidade de água bastante contaminada (ABES, 1996). O setor de saneamento, particularmente os sistemas de abastecimento de água, registra perdas físicas e financeiras da ordem de 40%: desperdícios verificados nas etapas de distribuição, consumo, e arrecadação. Recentes estimativas do BNDES indicam que se tais perdas fossem reduzidas para algo em torno de 25%, seriam gerados aproximadamente R\$ 2 milhões de receita mensal que poderiam ser voltados para novos investimentos.

Atualmente, o principal déficit do setor saneamento concentra-se no esgotamento sanitário, mais especificamente no que tange ao tratamento de esgotos sanitários. De acordo com dados do PNAD/96, 48,9% do esgoto produzido no Brasil é coletado em rede pública, sendo que apenas 32% desse esgoto é tratado. Isso representa menos de 16% do total do esgoto produzido (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000). Os investimentos necessários para acabar com o déficit dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário foram estimados pelo governo federal em R\$ 42 bilhões (0,38% do PIB), para um horizonte de 15 anos, até 2010. No passado recente, os investimentos anuais do setor foram sempre inferiores a 0,20% do PIB (MPO/SEPURB: 1995).

3. O ESGOTO DOMÉSTICO

3.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O esgoto é considerada a porção líquida dos resíduos gerados pelo homem, nas suas diversas atividades diárias. METCALF & EDDY (1991) definem esgoto como a porção líquida de resíduos gerados, essencialmente após o uso da água de abastecimento, para as suas diversas finalidades. Do ponto de vista da origem do esgoto, é definido, ainda, como a combinação dos resíduos líquidos efluentes de residências, estabelecimentos comerciais ou industriais. Em alguns casos, águas pluviais, de infiltração e provenientes da lavagem de ruas e praças podem estar presentes na constituição do esgoto de uma cidade.

Como pode se ver, a composição do esgoto é função da sua origem. No caso de esgotos domésticos, sua composição será função das características da população que o gerou. Predomina a presença de matéria orgânica biodegradável, sólidos (dissolvidos e em suspensão), óleos e gorduras, além de microorganismos provenientes da biodegradação da matéria e do trato intestinal de animais superiores.

A composição do esgoto industrial reflete diretamente o processo produtivo ao qual está associado. Traços de elementos químicos e poluentes em geral, em concentrações diversas, são encontrados em efluentes dessa natureza. Em geral, o esgoto industrial de uma cidade deve ser coletado e tratado independentemente do sistema público de coleta e tratamento de esgoto.

O presente trabalho se concentra na problemática da geração de efluentes domésticos de uma comunidade. Os casos especiais acima descritos existem, devem ser levados em consideração quando da concepção de um sistema, mas não serão abordados em um estudo generalizado.

As cidades, quando dispõem de infra-estrutura de saneamento básico, costumam coletar estes efluentes em redes próprias. O esgoto sanitário é coletado através das redes coletoras municipais, o esgoto de infiltração ou pluvial é coletado pelas galerias de drenagem pluvial

e, finalmente, o industrial pelas redes particulares projetadas exclusivamente para esta finalidade. Isso se faz necessário em decorrência da especificidade de cada esgoto industrial gerado. No Brasil é adotado este sistema, dito separador absoluto. No entanto, é comum observar ligações clandestinas entre as três redes, prejudicando os sistemas de tratamento dos efluentes, que não foram dimensionados para receber esta carga poluidora.

No que se refere ao esgoto doméstico, foco do presente trabalho, suas características são praticamente semelhantes em qualquer comunidade que se pesquise. A principal variação observada é atribuída à concentração de carga poluidora e à vazão de efluente lançado. Define-se carga poluidora como o produto da concentração de poluente pela vazão de lançamento do esgoto doméstico. Este importante parâmetro é função das condições locais da população (poder aquisitivo, usos e costumes, disponibilidade de água, padrão de consumo, hábitos de higiene). O QUADRO 1 apresenta as contribuições de esgoto, tomadas como padrão, para o cálculo de sistemas de coleta e tratamento de esgoto no Brasil.

QUADRO 1: CONTRIBUIÇÕES UNITÁRIAS DE ESGOTOS POR TIPOS DE PRÉDIOS E DE OCUPANTES

PRÉDIO	UNIDADE	CONTRIBUIÇÃO (L/DIA)
OCUPAÇÃO PERMANENTE		
Hospitais	Leito	250
Apartamentos	Pessoa	200
Residências – Padrão Baixo	Pessoa	100
Residências – Padrão Médio	Pessoa	130
Residências – Padrão Alto	Pessoa	160
Escolas – Internatos	Pessoa	150
Casas Populares ou Rurais	Pessoa	120
Hotéis (sem cozinha e lavanderia)	Pessoa	120
Alojamentos Provisórios	Pessoa	80
OCUPAÇÃO TEMPORÁRIA		
Fábricas em geral	Operário	70
Escritórios	Pessoa	50
Edifícios Públicos ou Comerciais	Pessoa	50
Escolas Externatos	Pessoa	50
Restaurantes e Similares	Refeição	25
Cinemas, Teatros e Templos.	Lugar	2,0
Sanitários Públicos de acesso aberto	Vaso Sanitário	480

Fonte: Norma NBR – 7229/93

3.2 COMPOSIÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO

3.2.1 Matéria Orgânica

O esgoto sanitário é composto de 99,9% de água e 0,1% de material sólido. Esta pe-

quena fração de material sólida é constituída, principalmente, de matéria orgânica, que pode ser definida como a mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos, formados principalmente de Carbono, Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio. Os principais constituintes da carga orgânica de um esgoto doméstico são: proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), óleos e graxas (10%), uréia e surfactantes. Em menor escala podem ser encontrados detergentes, poluentes orgânicos e pesticidas.

SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991) descrevem e caracterizam a matéria orgânica de acordo com a seguinte divisão: (a) matéria carbonácea, (b) matéria nitrogenada e (c) biomassa.

3.2.1.1 Matéria Carbonácea

A matéria carbonácea, que pode ser dividida quanto à sua biodegradabilidade em (a) inerte ou (b) biodegradável.

a) MATÉRIA CARBONÁCEA INERTE - (não biodegradável) passa pelo sistema de tratamento sem mudança em sua forma. Duas frações podem ser identificadas, com relação ao estado físico: (a) solúvel - a matéria orgânica não biodegradável solúvel não sofre transformações, deixando o sistema na mesma concentração em que entrou; (b) particulada - a matéria orgânica não biodegradável particulada (em suspensão) é envolvida pela biomassa, sendo removida conjuntamente com o lodo (lodo excedente ou lodo que se sedimenta no fundo dos reatores), SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991).

b) MATÉRIA CARBONÁCEA BIODEGRADÁVEL – é alterada pelos processos bioquímicos ao passar no sistema de tratamento. Duas frações podem ser identificadas, com relação à facilidade de degradação e, indiretamente, ao estado físico: (a) fração rapidamente biodegradável - esta fração apresenta-se usualmente na forma solúvel, consistindo de moléculas relativamente simples, de fácil assimilação pelos microorganismos presentes. Tais moléculas podem ser utilizadas diretamente pelas bactérias heterotróficas. (b) lentamente biodegradável - esta fração apresenta-se usualmente na forma particulada, embora possa haver matéria orgânica solúvel de degradação lenta, como extensas moléculas de lipídeos. O material de de-

gradação lenta consiste, portanto, de moléculas complexas, que não podem ser utilizadas diretamente pelas bactérias principalmente devido ao seu tamanho. Para que haja digestão celular, é necessário que ocorra a conversão em matéria solúvel, através da atuação de enzimas extracelulares. Este mecanismo de conversão, denominado *hidrólise*, não envolve utilização de energia, mas resulta numa demora no consumo da matéria orgânica. (c) amônia – resultante dos processos de hidrólise e amonificação. É utilizada como fonte de energia tanto pelos organismos autotróficos como heterotróficos SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991).

3.2.1.2 Matéria Nitrogenada

A primeira grande divisão da matéria nitrogenada que adentra uma estação de tratamento de esgotos é quanto ao estado orgânico: a matéria nitrogenada pode ser (a) inorgânica ou (b) orgânica.

A matéria nitrogenada inorgânica é representada pela amônia, tanto na forma livre (NH_3) quanto na ionizada (NH_4^+). Na realidade, a amônia encontra-se presente no esgoto afluente devido ao fato de que, já no sistema de coleta e interceptação, têm início as reações de hidrólise e amonificação descritas abaixo, SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991).

A matéria nitrogenada orgânica divide-se, de forma similar à matéria carbonácea, também em duas frações quanto à biodegradabilidade: (a) inerte e (b) biodegradável.

a) INERTE - A fração inerte, divide-se, por sua vez, em duas frações, relacionadas ao estado físico: Solúvel - Esta fração é usualmente desprezível e pode ser desconsiderada; Particulada - Tal fração é associada à matéria orgânica carbonácea não biodegradável, sendo envolvida pela biomassa e removida com o lodo excedente. SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991).

b) BIODEGRADÁVEL - A fração biodegradável pode ser subdividida nos seguintes três componentes:

Rapidamente biodegradável. A matéria nitrogenada orgânica rapidamente biodegradável encontra-se na forma solúvel, e é convertida pelas bactérias heterotróficas em amônia, através do processo de amonificação.

Lentamente biodegradável. A matéria nitrogenada orgânica lentamente biodegradável encontra-se na forma particulada, sendo convertida à forma solúvel (rapidamente biodegradável) através de hidrólise. Esta hidrólise ocorre em paralelo com a hidrólise da matéria carbonácea.

Pelo exposto acima, assume-se que: (a) a matéria carbonácea utilizada diretamente pelas bactérias esteja presente na forma solúvel (rapidamente biodegradável), e que (b) a matéria nitrogenada utilizada diretamente pelas bactérias esteja presente na forma de amônia. SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991)

3.2.1.3 Biomassa

Corresponde a porção de massa microbiana presente no sistema. A fração de massa mais utilizado para representar a biomassa são os sólidos em suspensão (SS). Uma vez que nem toda a fração sólida concorre para a assimilação da matéria orgânica, representa-se, portanto a fração de biomassa como sólidos em suspensão voláteis (SSV) SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991).

A biomassa presente nos sistemas de tratamento biológico pode ser dividida nos seguintes grupos em termos da sua viabilidade: (a) biomassa ativa , (b) resíduo inerte.

BIOMASSA ATIVA - é aquela responsável pela degradação biológica da matéria. Em função da fonte de carbono, a biomassa pode ser dividida em (a) heterotrófica e (b) autotrófica :

BIOMASSA ATIVA HETEROTRÓFICA - A fonte de carbono dos organismos heterotróficos é a matéria orgânica carbonácea. A biomassa heterotrófica utiliza a matéria carbonácea rapidamente biodegradável (solúvel). Parte da energia associada a essas moléculas é incorporada à biomassa, enquanto que o restante é utilizado para fornecer a energia para a síntese. No tratamento aeróbio, o crescimento da biomassa heterotrófica dá-se em condições aeróbias (utilização de oxigênio como aceptor de elétrons) ou em condições anóxicas (ausência de oxigênio, com utilização de nitrato como aceptor de elétrons), sendo que nesta última condição a taxa de crescimento é bem menor. As bactérias heterotróficas utilizam o nitrogênio na forma de amônia para síntese (em condições aeróbias e anóxicas). O resultado do

forma de amônia para síntese (em condições aeróbias e anóxicas). O resultado do decaimento da biomassa heterotrófica é, além do resíduo inerte, também matéria carbonácea e nitrogenada de degradação lenta. Tais necessitam sofrer posteriormente o processo de hidrólise, para que se convertam a matéria rapidamente biodegradável, a qual pode ser novamente utilizada pela biomassa heterotrófica e autotrófica SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991).

BIOMASSA ATIVA AUTOTRÓFICA – Utiliza como fonte de carbono o gás carbônico. A fonte de energia utilizada é a matéria inorgânica, principalmente a amônia. Assim como os organismos heterotróficos, o que resulta do decaimento da biomassa heterotrófica é, além do resíduo inerte, também matéria carbonácea e nitrogenada de degradação lenta SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991).

RESÍDUO INERTE - é formado através do decaimento da biomassa envolvida no tratamento dos esgotos. O decaimento da biomassa pode se dar por diversos mecanismos, os quais incluem o metabolismo endógeno, morte, predação e outros. Como resultado, são gerados produtos de degradação lenta, bem como produtos particulados, inertes ao ataque biológico. SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991).

3.3 PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO DOMÉSTICO

3.3.1 Parâmetros Físicos

O esgoto doméstico pode ser caracterizado por alguns indicadores físicos. A importância dessa caracterização é a facilidade de obtenção desses parâmetros. Em contrapartida, não são suficientes para uma perfeita caracterização do efluente, sendo necessário complementar com exames bioquímicos. Os principais parâmetros físicos são:

TEMPERATURA – Devido à atividade bioquímica sempre presente, a temperatura do efluente é sempre superior à água de abastecimento e, normalmente, ao ambiente. Sofre menos variação do clima que a temperatura ambiente. Exerce grande influência na atividade microbiana, na solubilidade dos gases (principalmente o oxigênio) e na viscosidade do líquido. A faixa de temperatura ótima para atividade bacteriana é entre 25 e 35°. A digestão aeróbia e

a nitrificação param quando a temperatura atinge 50° C. A digestão anaeróbia é fortemente reduzida com temperaturas abaixo de 20° C.

COR – Parâmetro intimamente ligado à quantidade de sólidos suspensos e dissolvidos. Depende também da idade do esgoto. Quando fresco tem cor acinzentada, conforme sofre os processos de estabilização, vai adquirindo uma cor mais escura. O esgoto séptico ou maduro tem cor cinza escuro ou preto.

ODOR - Esgoto fresco tem odor oleoso e relativamente desagradável. O Esgoto séptico tem odor muito mais forte e desagradável devido à formação de gás sulfídrico dentre outros produtos da decomposição orgânica.

TURBIDEZ - Alta devido à grande quantidade de sólidos em suspensão. O esgoto fresco tende a possuir maior turbidez.

3.3.2 Parâmetros Bioquímicos

São parâmetros mais utilizados para uma análise quantitativa. Apresentam resultados mais precisos e detectam traços de contaminantes não encontrados em amostragens de parâmetros físicos. Os principais parâmetros testados são, SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991):

SÓLIDOS TOTAIS – É toda matéria, orgânica e inorgânica, presente no esgoto nas formas suspensas, dissolvidas e sedimentáveis, que permanece como resíduo após a evaporação a uma faixa de temperatura entre 103 e 105 °C. Constituem 0,1 % em volume dos componentes do esgoto. São classificados em uma primeira visão como sedimentáveis, filtráveis e não filtráveis.

SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS - Parcela do Esgoto que se decanta no cone de Imhoff no período de 1 hora.

SÓLIDOS EM SUSPENSÃO - Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não são filtráveis no filtro de fibra de vidro ou membranas de policarbonato, com abertura de poro de 1,2 micrômetros. São divididos em Fixos e Voláteis.

SÓLIDOS EM SUSPENSÃO FIXOS – SSF - Fração mineral dos sólidos em sus-

pensão que não são volatilizados a uma temperatura de $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

SÓLIDOS EM SUSPENSÃO VOLÁTEIS – SSV - Parte dos sólidos em suspensão, orgânicos que se volatilizam a uma temperatura de $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

SÓLIDOS DISSOLVIDOS – SD - Fração dos sólidos presentes no esgoto que são filtráveis. São compostos de substâncias coloidais e sólidos que não sedimentam no cone de Imhoff. A fração coloidal consiste em partículas com dimensões entre 0,001 e 1 μm . Dividem-se em voláteis e fixos.

SÓLIDOS DISSOLVIDOS FIXOS – SDF - Fração mineral dos sólidos dissolvidos que não se volatilizam a uma temperatura de $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

SÓLIDOS DISSOLVIDOS VOLÁTEIS – SDV - Componente orgânico dos sólidos dissolvidos que sofrem volatilização $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

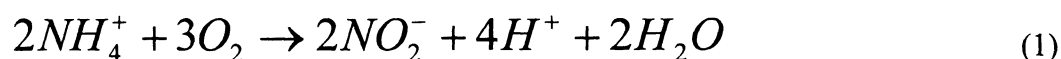
DBO₅ - Parâmetro mais largamente utilizado para medir atividade bioquímica de esgoto doméstico. Está fortemente ligado a quantidade de oxigênio dissolvido para oxidar a matéria orgânica biodegradável. No caso da DBO₅, é a quantidade de Oxigênio consumida em 5 dias para a estabilização bioquímica da matéria orgânica, medida a 20° C. É o principal parâmetro que determina o dimensionamento de sistemas de tratamento de esgoto, a carga admissível e a eficiência dos sistemas em operação. Através da DBO₅ é possível correlacionar outros indicadores de poluição por esgoto doméstico.

ÓLEOS E GRAXAS - é o componente que ocupa a terceira posição em relação a carga poluidora. São resultado da descarga de produtos como gorduras vegetais e animais, carnes e produtos domésticos a base de petróleo. São uma classe importante de carga poluidora devido à complexidade de sua cadeia carbônica e dificuldade de se decompor através da digestão por microorganismos e a sua pouca solubilidade em água. É um material que deve ser removido do esgoto antes dos sistemas biológicos de digestão, pois a sua presença dificulta e às vezes inibe a atividade microbiológica (METCALF&EDDY, 1991).

NITROGÊNIO TOTAL - Junto com o Fósforo, é o componente essencial ao crescimento de plantas e microorganismos do reino protista. Devido ao seu papel fundamental no crescimento dos microorganismos, este grupo de componentes, chamado genericamente de nutrientes, é um bom indicador para prever superpopulação de algas em um corpo hídrico. O

Nitrogênio total corresponde à quantidade de Nitrogênio orgânico, amônia, nitritos e nitratos presentes no esgoto. As formas predominantes de Nitrogênio em um esgoto bruto são amônia e Nitrogênio orgânico, determinados em laboratório pelo método de *KJELDAHL*, por isso esta concentração de Nitrogênio no esgoto é conhecida como Nitrogênio Total de *KJELDAHL* (*NTK*). Outra importante informação que pode ser obtida pelas concentrações de Nitrogênio em suas várias formas é a idade do esgoto. O Nitrogênio orgânico é encontrado em esgotos frescos na forma de proteínas e uréia. A presença de amônia indica, também que a descarga de efluente no corpo hídrico é recente (METCALF&EDDY, 1991).

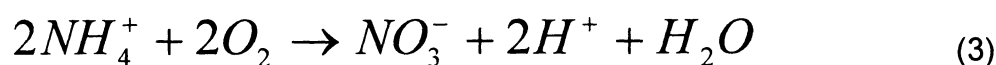
A oxidação da Amônia, formando Nitritos e depois Nitratos é denominada Nitrificação. Esta é realizada através de microorganismos quimiossintetizantes, para os quais a principal fonte carbono é o gás carbônico presente. A expressão que representa a transformação de Amônia em Nitratos é apresentada abaixo (SPERLING, 1997):



A oxidação dos Nitritos para Nitratos se dá através da seguinte expressão:



A reação global de Amônia a Nitratos se dá através da soma das duas expressões, resultando:



Desta forma, a presença de Nitrogênio na forma de Nitrato em um esgoto indica que este já sofreu a estabilização aeróbia.

FÓSFORO – Elemento essencial para o crescimento de algas e outros organismos no corpo hídrico. Está presente na descarga de esgotos domésticos em uma concentração média de 4 a 15 mg/L. No entanto, ocorre em maior concentração em esgotos provenientes de lixiviação de solo com fertilizantes. É encontrado na forma de Fosfatos Orgânicos, Ortofosfatos e Polifosfatos (METCALF&EDDY, 1991).

O esgoto doméstico, em geral, apresenta concentrações típicas. Normalmente, o que prepondera em relação à carga poluidora é a matéria orgânica. Além desta, outros parâmetros

se fazem presentes em menor grau de importância, como: indicadores de contaminação fecal, sólidos totais, Nitrogênio e Fósforo. O quadro abaixo apresenta os valores médios de concentração dos principais elementos constituintes de um esgoto doméstico.

QUADRO 2: CONCENTRAÇÕES TÍPICAS DE ELEMENTOS EM UM ESGOTO DOMÉSTICO

PARÂMETRO	CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA (g/Hab.d)		CONCENTRAÇÃO		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
Sólidos Totais	120 – 220	180	mg/L	700 – 1350	1100
Em Suspensão	35 – 70	60	mg/L	200 – 450	400
- Fixos	7 – 14	10	mg/L	40 – 100	80
- Voláteis	25 – 60	50	mg/L	165 – 350	320
Dissolvidos	85 – 160	120	mg/L	500 – 900	700
- Fixos	50 – 90	70	mg/L	300 – 550	400
- Voláteis	35 – 60	50	mg/L	200 – 350	300
- Sedimentáveis	-	-	mL/L	10 – 20	15
Matéria Orgânica					
- DBO ₅	40 – 60	50	mg/L	200 – 500	350
- DQO	80 – 130	100	mg/L	400 – 800	700
- DBO última	60 – 90	75	mg/L	350 – 600	500
- COT	30 – 60	45	mg/L	170 – 350	250
Nitrogênio Total	6 – 112	8,0	mg N/L	35 – 70	50
- Nitrogênio Orgânico	2,5 – 5,0	3,5	mg N/L	15 – 30	20
- Amônia	3,5 – 7,0	4,5	mg NH ₃ /L	20 – 40	30
- Nitrito	0,0	0,0	mg NO ₂ /L	0,0	0,0
- Nitrato	0,0 – 0,5	0	mg NO ₃ /L	0 – 2	0,0
Fósforo	1,0 – 4,5	2,5	mg P/L	5 – 25	14
- Fósforo Orgânico	0,3 – 1,5	0,8	mg P/L	2 – 8	4
- Fósforo Inorgânico	0,7 – 3,0	1,7	mg P/L	4 – 17	10
Ph	-	-	-	6,7 – 7,0	7,0
Alcalinidade	20 – 30	25	mg CaCO ₃ /L	110 – 170	140
Cloretos	4 – 8	6	mg/L	20 – 50	35
Óleos e Graxas	10 – 30	20	mg/L	55 – 170	60
Coliformes Fecais	-	-	NMP/100 mL	10 ⁸ - 10 ¹⁰	10 ⁸ - 10 ¹⁰
Coliformes Totais	-	-	NMP/100 mL	10 ⁶ - 10 ⁸	10 ⁶ - 10 ⁸

FONTE: SPERLING (1997), METCALF & EDDY (1991), YANEZ citado por AISSE (2000)

4. EFEITOS E IMPACTOS DO ESGOTO DOMÉSTICO AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE PÚBLICA

4.1 PADRÕES DE QUALIDADE E LANÇAMENTO

No Brasil, os esgotos sanitários são, em geral, lançados nos corpos receptores. Os efeitos da poluição gerados pelo esgoto doméstico no meio ambiente estão diretamente ligados à sua carga poluidora. Como já foi visto, a natureza do esgoto doméstico é eminentemente biodegradável. Isso faz com que o próprio ambiente natural, através de processos físicos e bioquímicos, se encarregue de minimizar os efeitos poluidores, assimilando totalmente os elementos geradores da perturbação. No entanto, quando a concentração é superior à capacidade de assimilação do corpo receptor, inicia-se um processo de saturação do ecossistema até a sua total falência.

Os órgãos ambientais limitam a descarga de poluentes nos rios de acordo com a classificação que o manancial possui para o seu uso preponderante, além das condições locais de recuperação. De acordo com a Resolução do CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986, as águas doces brasileiras são classificadas na seguinte ordem:

I - CLASSE ESPECIAL - águas destinadas: (a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção, (b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - CLASSE 1 - águas destinadas: (a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado, (b) à proteção das comunidades aquáticas, (c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), (d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao Solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e (e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

III - CLASSE 2 - águas destinadas: (a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, (b) à proteção das comunidades aquáticas, (c) à recreação de contato primário

(esqui aquático, natação e mergulho), (d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e (e) à criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - CLASSE 3 - águas destinadas: (a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, (b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, (c) à dessedentação de animais.

V - CLASSE 4 - águas destinadas: (a) à navegação, (b) à harmonia paisagística, (c) aos usos menos exigentes.

QUADRO 3: PADRÕES DE QUALIDADE PARA CORPOS D'ÁGUA DAS DIVERSAS CLASSES (ÁGUA DOCE) E PADRÕES DE LANÇAMENTO

PARÂMETRO	UNIDADE	PADRÃO PARA O CORPO D'ÁGUA CLASSE				PADRÃO DE LANÇAMENTO
		1	2	3	4	
Cor	uH	30	75	75	-	-
Turbidez	uT	40	100	100	-	-
Sabor e Odor	-	-	VA	-	-	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	40
Material Flutuante	-	VA	VA	VA	VA	-
Óleos e Graxas	-	VA	VA	VA	[1]	[2]
Corantes Artificiais	-	VA	VA	VA	-	-
pH	-	6,0 A 9,0	6,0 A 9,0	6,0 A 9,0	6,0 A 9,0	5,0 A 9,0
DBO ₅	mg/L	3	5 [3]	10 [3]	-	[4]
DQO	mg/L	-	-	-	-	[4]
OD	mg/L	≥6	≥5	≥4	≥2	-
Sólidos em Suspensão	mg/L	-	-	-	-	[4]
Coliformes Totais	NMP/100 mL	1000	5000	20000	-	-
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	200	1000	4000	-	-
Alumínio	mg Al/L	0,1	0,1	0,1	-	-
Amônia Livre	mg NH ₃ /L	0,02	0,02	-	-	-
Amônia Total	mg N/L	-	-	0,1	-	-
Arsênio	mg As/L	0,05	0,05	0,05	-	0,5
Bário	mg Ba/L	1,0	1,0	1,0	-	5,0
Berílio	mg Be/L	0,1	0,1	0,1	-	-
Boro	mg B/L	0,75	0,75	0,75	-	5,0
Cádmio	mg Cd/L	0,001	0,001	0,01	-	0,2
Cianetos	mg Cn/L	0,01	0,01	0,2	-	0,2
Chumbo	mg Pb/L	0,03	0,03	0,05	-	0,5
Cloretos	mg Cl/L	250	250	250	-	-
Cloro Residual	mg Cl/L	0,01	0,01	-	-	-
Cobalto	mg Co/L	0,2	0,2	0,2	-	-
Cobre	mg Cu/L	0,02	0,02	0,5	-	1,0
Cromo VI	mg Cr/L	0,05	0,05	0,05	-	0,5
Cromo III	mg Cr/L	0,05	0,05	0,5	-	2,0
Estanho	mg Sn/L	2,0	2,0	2,0	-	4,0

[1] Toleram-se os efeitos iridiscente, isto é, que geram o efeito de cores do arco-íris

[2] Minerais: 20 mg/L. Vegetais e Gorduras animais: 50 mg/L

[3] Este valor pode ser ultrapassado desde que estudos de autodepuração do corpo hídrico indiquem que o OD estará dentro dos padrões, nas condições críticas de vazão (Q_{7/10})

[4] Consultar a legislação estadual pertinente.

VA – Virtualmente Ausentes

QUADRO 3: PADRÕES DE QUALIDADE PARA CORPOS D'ÁGUA DAS DIVERSAS CLASSES (ÁGUA DOCE) E PADRÕES DE LANÇAMENTO (CONT.)

PARÂMETRO	UNIDADE	PADRÃO PARA O CORPO D'ÁGUA				PADRÃO DE LANÇAMENTO
		CLASSE				
		1	2	3	4	
Fosfato Total	mg P/L	0,025	0,025	0,025	-	-
Lítio	mg Li/L	2,5	2,5	2,5	-	-
Manganês	mg Mn/L	0,1	0,1	0,5	-	-
Manganês Solúvel	mg Mn/L	-	-	-	-	1,0
Mercúrio	mg Hg/L	0,0002	0,0002	0,002	-	0,01
Níquel	mg Ni/L	0,025	0,025	0,025	-	2,0
Nitrato	mg N/L	10	10	10	-	-
Nitrito	mg N/L	1,0	1,0	1,0	-	-
Prata	mg Ag/L	0,01	0,01	0,05	-	0,01
Selênio	mg Se/L	0,01	0,01	0,01	-	0,05
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	500	500	-	-
Substâncias Tenso Ativas	mg LAS/L	0,5	0,5	0,5	-	-
Sulfatos	mg SO ₄ /L	250	250	250	-	-
SULFETOS [H ₂ S Não Dissoc.]	mg S/L	0,002	0,002	0,3	-	1,0
Sulfitos	mg SO ₃ /L	-	-	-	-	1,0
Urânio Total	mg U/L	0,02	0,02	0,02	-	-
Vanádio	mg V/L	0,1	0,1	0,1	-	-
Zinco	mg Zn/L	0,18	0,18	0,5	-	5,0
Benzeno	mg/L	0,01	0,01	0,01	-	-
Benzo-A-Pireno	mg/L	0,00001	0,00001	-	-	-
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,0003	0,0003	0,0003	-	-
1,2 Tricloroetano	mg/L	0,01	0,01	0,01	-	-
Pentaclorofenol	mg/L	0,01	0,01	0,01	-	-
Tetraclorofenol	mg/L	0,01	0,01	0,01	-	-
Tricloroetano	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	1,0
Tetracloreto de Carbono	mg/L	0,003	0,003	0,003	-	1,0
Pesticidas e Outros	mg/L	-	-	-	-	-

[1] Toleram-se os efeitos iridescente, isto é, que geram o efeito de cores do arco-íris

[2] Minerais: 20 mg/L. Vegetais e Gorduras animais: 50 mg/L

[3] Este valor pode ser ultrapassado desde que estudos de autodepuração do corpo hídrico indiquem que o OD estará dentro dos padrões, nas condições críticas de vazão (Q_{7/10})

[4] Consultar a legislação estadual pertinente.

Fonte: RESOLUÇÃO CONAMA 20 DE 18/06/86 – Adaptado por SPERLING (1996)

Costuma-se dividir os efeitos de acordo com o ponto de vista a ser observado. Dessa

forma, os principais impactos do lançamento do esgoto doméstico em um determinado corpo hídrico podem ser divididos sob os seguintes pontos de vista:: sob o ponto de vista da saúde pública, sob o ponto de vista ambiental e sob o ponto de vista social-urbano.

4.2 IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO SOB O PONTO DE VISTA DE SAÚDE PÚBLICA

CORDEIRO (1995) afirma que “As doenças decorrentes da falta de saneamento são responsáveis por cerca de 65% do total das internações nos hospitais públicos e conveniados do país. Pode-se afirmar que os investimentos realizados em saneamento representam recursos economizados em saúde. Estima-se que cada R\$ 4,00 investidos em saneamento significam uma economia de R\$ 10,00 em internações hospitalares. No Brasil, cerca de 7 milhões de pessoas são portadoras de esquistossomose, 600 mil adquirem malária anualmente e a leptospirose reaparece sempre que ocorrem enchentes. Por outro lado, as doenças que estavam controladas retornam, como a dengue, a leishmaniose e a cólera. As diarreias ainda são consideradas fator responsável pelos altos índices de mortalidade infantil registrados no país. No controle de vetores e de reservatórios de doenças transmissíveis são utilizados inseticidas que, além de eficácia questionável, produzem contaminação ambiental e agravos à saúde da população e dos trabalhadores envolvidos na aplicação.” (CORDEIRO, 1995 citado pelo MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

A água é um meio bastante favorável para a reprodução e o crescimento de diversos seres vivos. Tanto os seres ditos superiores como peixes, moluscos e vegetais, como seres inferiores, as algas, bactérias, vírus e protozoários. Muitos desses seres utilizam-se de outros animais para a sua alimentação e crescimento. Quando o tipo de associação entre animais é de benefício unilateral, porém não implicando na morte do ser lesado, chamado de hospedeiro, existe a relação de parasitose. Vale salientar que a morte do hospedeiro é considerada uma situação de desequilíbrio da associação, pois, com isso, o parasita perde a sua fonte de alimento.

Nem sempre a presença de um parasito em um hospedeiro indica que está havendo

ação patogênica do mesmo. Entretanto esta ausência de patogenicidade (seria comensal e não um parasito) é rara, de curta duração e, muitas vezes, depende da fase evolutiva do parasito. Em geral, os distúrbios que ocorrem são de pequena monta, pois há uma tendência de haver um equilíbrio entre a ação do parasito e a capacidade de resistência do hospedeiro. "A doença parasitária é um acidente que ocorre, em consequência de um desequilíbrio entre hospedeiro e o parasito". "O grau de intensidade da doença parasitária depende de vários fatores, dentre os quais salientam: o número de formas infectantes presentes, a virulência da cepa, a idade e o estado nutricional do hospedeiro, os órgãos atingidos, a associação de um parasito com outras espécies e o grau da resposta imune ou inflamatória desencadeada" (NEVES, 1988).

Segundo esse autor, a ação patogênica dos parasitos em seus hospedeiros é muito variada, podendo ser dividida da seguinte forma: (a) ação espoliativa, (b) ação tóxica, (c) ação mecânica, (d) ação traumática, (e) ação irritativa, (f) ação enzimática, (g) anóxia.

AÇÃO ESPOLIATIVA - quando o parasito absorve nutrientes ou, mesmo, sangue do hospedeiro.

AÇÃO TÓXICA – ocorre sempre que o parasito produz enzimas ou metabólitos que podem lesar o hospedeiro. Exemplos: as reações alérgicas provocadas pelos metabólitos do *Ascaris lumbricoides*, as reações teciduais (intestino, fígado, pulmões) produzidas pelas secreções no *Miracidio* dentro do ovo do *Shistosoma. mansoni* etc.

AÇÃO MECÂNICA - algumas espécies podem impedir o fluxo de alimento, bile ou absorção alimentar. Assim, o enovelamento de *Ascaris lumbricoides* dentro de uma alça intestinal, obstruindo-a, gera infecções intestinais e, em alguns casos, a morte do hospedeiro

AÇÃO TRAUMÁTICA - é provocada, principalmente, por formas larvárias de helmintos, embora vermes adultos e protozoários também sejam capazes de fazê-lo. Assim, a migração cutânea e pulmonar pelas larvas de *Ancylostomatidae* e as lesões hepáticas pela migração da *F. hepaticae* jovem.

AÇÃO IRRITATIVA – deve-se à presença constante do parasito que, sem produzir lesões traumáticas, irrita o local parasitado. Como exemplo, temos a ação das ventosas dos *Cestoda* ou dos lábios dos *Ascaris lumbricoides* na mucosa intestinal.

AÇÃO ENZIMÁTICA - é o que ocorre na penetração da pele por cercárias de *Shis-*

tosoma mansonii a ação da E, histolytica ou dos *Ancylostomatidae* para lesar o epitélio intestinal e, assim, obter alimentos assimiláveis etc.

ANOXIA - Qualquer parasito que consuma o O₂ da hemoglobina, ou produza anemia, é capaz de provocar uma anoxia generalizada. É o que acontece com os *Plasmodium* ou, em infecções maciças, pelos *Ancylosromatidae*.

No homem as doenças relacionadas com a água são predominantemente de origem parasitária. Esta se distribui conforme alguns fatores intervenientes, tais como: presença de hospedeiros suscetíveis, condições ambientais favoráveis (temperatura, umidade, distâncias ao meio aquático), potencial biótico elevado (os parasitos que se utilizam de apenas um hospedeiro em todo o seu ciclo de crescimento - ditos monoxênicos, são potencialmente mais favorecidos em sua proliferação do que os ditos heteroxênicos). Além de fatores relacionados ao homem e ao meio onde vive, como: grande densidade populacional, baixo padrão de higiene, oferta de água inadequada para o consumo, ignorância ou falta de informação, hábitos culturais ou religiosos, desnutrição, baixa imunidade, cobertura inadequada de políticas de saúde pública.

Os microrganismos encontrados no esgoto podem ser saprófitas, comensais, simbiotes ou parasitos. Apenas a última categoria é patogênica e capaz de causar doença no homem e nos animais. Dentre os organismos patogênicos, cinco grupos podem estar presentes no esgoto: (a) helmintos, (b) protozoários, (c) fungos, (d) vírus e (e) bactérias. A origem destes agentes patogênicos pode ser de procedência humana, o que reflete diretamente o nível de saúde da população e as condições de saneamento básico de cada região. Pode ser também de procedência animal, cujos dejetos são eliminados através da rede de esgoto (ex: fezes de cães e gatos), ou então pela presença de animais na rede de esgoto, principalmente roedores. (ANDREOLI, SPERLING e FERNANDES, 2001).

A maioria das doenças do trato intestinal é transmitida pelo esgoto doméstico. A forma mais comum de contaminação entre a população é através das fezes de um indivíduo doente. Os patogênicos presentes nessas excretas atingirão o corpo hídrico e de diversas formas contaminarão outros indivíduos, perpetuando o seu ciclo de vida. As formas mais comuns de contaminação ocorrem da seguinte maneira: ingestão de traços de fezes contaminadas

(principal caminho), ingestão de animais hospedeiros, inalação, penetração através da pele e picadas de insetos.

A concentração de patogênicos no esgoto doméstico varia com a quantidade de indivíduos doentes naquela região. Nas fezes humanas são encontrados mais de 100 tipos de vírus. Alguns indivíduos podem ter o vírus em seu organismo, mas devido a padrões de saúde e imunidade, não desenvolver a doença. Algumas delas se manifestam em pessoas suscetíveis por vários motivos: desnutrição, baixa imunidade (principalmente em crianças). Em um efluente doméstico, tomado como padrão, são encontradas altas concentrações de microorganismos patogênicos, conforme se pode observar no quadro abaixo:

QUADRO 4: CONCENTRAÇÕES TÍPICAS DE MICROORGANISMOS ENCONTRADOS EM UM EFLUENTE DOMÉSTICO PADRÃO

MICROORGANISMO	CONCENTRAÇÃO (NMP / mL)
Coliformes Totais	$10^5 - 10^6$
Coliformes Fecais	$10^4 - 10^5$
Streptococci Fecais	$10^3 - 10^4$
Enterococci	$10^2 - 10^3$
Shigella	Presente
Salmonella	$10 - 10^2$
Pseudomonas Aeruginosa	$10^1 - 10^2$
Clostridium Perfringens	$10^1 - 10^3$
Mycobacterium Tuberculosis	Presente
Mycobacterium Tuberculosis	$10^1 - 10^3$
Giardia cystis	$10^{-1} - 10^2$
Cryptosporidium cystis	$10^{-1} - 10^1$
Ovos de Hemintos	$10^{-2} - 10^1$
Enteric Vírus	$10^1 - 10^2$

FONTE: METCALF & EDDY (1991)

As doenças de veiculação hídrica ocorrem com mais frequência em áreas onde os

esgotos não sofrem tratamento adequado e também onde a população possui indivíduos infectados. O controle desses tipos de doenças se dá através de políticas sanitárias efetivas que envolvem obras de saneamento básico, campanhas de controle de doenças e educação da comunidade. Conforme HAMMER e HAMMER JR (1996), a transmissão de doenças de veiculação hídrica por patógenos é influenciada pelos seguintes fatores: tempo de incubação ou latência, dose mínima e persistência.

O TEMPO DE LATÊNCIA é o período entre a eliminação do patógeno, através das excretas do indivíduo doente, e o início de um novo ciclo de vida. É o tempo necessário que o microorganismo necessita, no ambiente extra intestinal, antes de se tornar infectável ao homem. Com exceção dos helmintos, que possuem um tempo de incubação necessário para o crescimento de seus ovos, a maioria dos patógenos possui um tempo de incubação relativamente curto (HAMMER e HAMMER JR, 1996).

Entende-se como DOSE MÍNIMA DE CONTAMINAÇÃO à quantidade de organismos que um indivíduo sadio deve receber para que possa desenvolver a doença relacionada. Em geral a dose mínima para vírus e protozoários é menor que a dose de bactérias, enquanto que apenas um ovo de helminto já é suficiente para infectar uma pessoa. Outro conceito importante é a DOSE MÉDIA. Define-se como a quantidade de patógenos necessários para infectar a metade dos indivíduos expostos (HAMMER e HAMMER JR, 1996).

PERSISTÊNCIA é medida como o período em que o patógeno consegue sobreviver fora do organismo doente. Esse parâmetro está relacionado diretamente com a amplitude que o organismo terá de transmissão. Organismos mais persistentes têm maior capacidade de transmissão porque sobrevivem por mais tempo fora do organismo infectado, isso permite que a sua rota de contaminação seja maior. JORDÃO & PESSOA (1995) apresentam a classificação ambiental de infecções relacionadas com excretas e doenças fortemente dependentes de aspectos de higiene pessoal e abastecimento doméstico de água. Já no quadro seguinte, são apresentados as doenças e os sintomas relacionados aos microorganismos envolvidos.

QUADRO 5: CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL DE INFECÇÕES RELACIONADAS COM EXCRETAS E DOENÇAS DE ASPECTOS DE HIGIENE PESSOAL E ABASTECIMENTO DOMÉSTICO DE ÁGUA.

CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS	INFECÇÕES	FOCOS DOMINANTES DE TRANSMISSÃO	ESTRATÉGIAS PRINCIPAIS DE CONTROLE
I	Não latente, baixa dose infecciosa (100 organismos)	Enterobíase, infecção por vírus entéricos, himenolepíase, amebíase, giardíase, balantidíase.	Contaminação pessoal, contaminação doméstica.	Abastecimento doméstico de água, educação sanitária, melhores condições de moradia, disponibilidade de privadas.
		Febre tifóide, salmonelose, shigelose, cólera, enterite por E. coli patogênica, yersiníose, enterite por campylobacter.	Contaminação pessoal, contaminação doméstica, contaminação da água, contaminação da lavoura.	Abastecimento doméstico de água, educação sanitária, melhores condições de moradia, disponibilidade de privadas, tratamento antes do afastamento ou reutilização.
II	Não latente, média ou alta dose infecciosa (10.000 organismos), moderadamente persistente e possível de multiplicação.	Ascaridíase, tricuriase, ancilostomose, strongiloidíase.	Contaminação do solo, contaminação do campo, contaminação da lavoura.	disponibilidade de privadas, tratamento do esgoto antes da disposição na terra.
		Latente, persistente, mas sem hospedeiro intermediário, incapaz de multiplicação.		

QUADRO 5: CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL DE INFECÇÕES RELACIONADAS COM EXCRETAS E DOENÇAS DE ASPECTOS DE HIGIENE PESSOAL E ABASTECIMENTO DOMÉSTICO DE ÁGUA (CONT.).

CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS	INFECÇÕES	FOCOS DOMINANTES DE TRANSMISSÃO	ESTRATÉGIAS PRINCIPAIS DE CONTROLE
IV	Latente e persistente, tendo vacas e porcos por hospedeiros. Incapaz de multiplicação	Teníase	Contaminação do solo, contaminação do campo, contaminação da comida animal.	disponibilidade de privadas, tratamento do esgoto antes da disposição na terra, inspeção da carne antes do consumo.
V	Latente e persistente com hospedeiro(s) intermediário(s) aquático(s). Capaz de multiplicação (exceto <i>Dyphyllobothrium</i>)	Esquistossomose, clonorchiose, difilobotriose, fascioliose, fazciolopside, gastrodiscoidiose, heterofiose, megatogonimiose, paragonimiose.	Contaminação das águas superficiais	disponibilidade de privadas, tratamento do esgoto antes da disposição na terra, controle de hospedeiros aquáticos, controle de animais, reservatórios, cozimento de peixes e vegetais aquáticos.
VI	Insetos-vetores relacionados com excretas	Filariose de Bancroft, quando transmitida por <i>Culex pipiens</i> e todas as demais citadas nas categorias I, II e III que podem ser transmitidas por moscas e baratas.	Reprodução de insetos locais contaminados por fezes	Identificação e eliminação dos sítios de reprodução dos insetos

FONTE: JORDÃO E PESSOA (1995)

QUADRO 6: PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS POR PATOGENICOS E AGENTE CAUSAL ENVOLVIDO – INGESTÃO DE ÁGUA CONTAMINADA

DOENÇA	AGENTE CAUSAL – INGESTÃO DE ÁGUA CONTAMINADA	SINTOMAS
Disenteria Bacilar	Bactéria (<i>Shigella Disenteriae</i>)	Forte Diarréia
Cólera	Bactéria (<i>Vibrio Cholerae</i>)	Forte Diarréia, Desidratação e Morte.
Leptospirose	Bactéria (<i>Leptospira</i>)	Icterícia e Febre
Salmonelose	Bactéria (<i>Salmonella Typhi</i>)	Febre, Náusea e Diarréia.
Febre Tifóide	Bactéria (<i>Salmonella Tiphy</i>)	Febre Alta, Diarréia, Ulceração do Intestino Delgado.
Febre Paratífóide	Bactéria (<i>Salmonella Paratiphy</i>)	Febre Alta, Diarréia, Ulceração do Intestino Delgado.
Diarréia	Protozoário (<i>Cryptosporidium</i>)	Diarréia Prolongada, perda de peso.
Disenteria Amebiana	Protozoário (<i>Entamoeba Hystolytical</i>)	Diarréia Prolongada, Sangramento, Abscessos no fígado e Intestino Delgado.
Giardíase	Protozoário (<i>Giardia Lamblia</i>)	Diarréia de Leve a Forte, Náusea, Indigestão e Flatulência.
Hepatite Infecciosa	Vírus (Hepatite A)	Icterícia e Febre
Gastroenterite	Vírus (Enterovírus, Parvovírus e Rotavírus).	Diarréia de Leve a Forte
Paralisia Infantil	Vírus (<i>Poliomielites Virus</i>)	Paralisia

Fonte: SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991)

QUADRO 7: PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS POR PATOGÊNICOS E AGENTE CAUSAL ENVOLVIDO – DIVERSOS

DOENÇA	AGENTE CAUSAL – CONTATO COM ÁGUA CONTAMINADA	SINTOMAS
Escabiose	Sarna (<i>Sarcoptes Scabiei</i>)	Úlceras na Pele
Tracoma	Clamídea (<i>Chlamydia Tracomatis</i>)	Inflamação dos Olhos, cegueira total ou Parcial.
DOENÇA	AGENTE CAUSAL – VERMINOSE TENDO A ÁGUA COMO ESTÁGIO NO CICLO	SINTOMAS
Esquistossomose	Helminto (<i>Shistosoma Mansoni</i>)	Diarréia, Aumento do Baço e Fígado, Hemorragia.
Verminose	Helminto (<i>Necator Americanus</i>)	Diarréia e Hemorragia
Verminose	Helminto (<i>Trichuris Trichiura</i>)	Diarréia e Hemorragia
Verminose	Helminto (<i>Ancylostoma Duodenale</i>)	Diarréia e Sangramento
Verminose	Helminto (<i>Himenolepis Lana</i>)	Diarréia e anemia
Verminose	Helminto (<i>Ascaris Lumbricoides</i>)	Diarréia e Sangramento
Verminose	Helminto (<i>Taenia Solium</i>)	Diarréia e Sangramento
Verminose	Helminto (<i>Taenia Saginata</i>)	Diarréia e Sangramento

QUADRO 7: PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS POR PATOGÊNICOS E AGENTE CAUSAL ENVOLVIDO – DIVERSOS (CONT.)

DOENÇA	AGENTE CAUSAL – TRANSMISSÃO POR INSETOS TENDO A ÁGUA COMO MEIO DE PROcriação	SINTOMAS
Malária	Protozoário (Plasmodium)	Febre, Suor Noturno, Calafrios
Febre Amarela	Vírus (Flavavírus)	Febre, Dor de Cabeça, Prostração, Vômito.
Dengue	Vírus (Flavavírus)	Febre, Dor de Cabeça, Prostração, Dor nas Juntas e Músculos. Morte em alguns casos
Leishmaniose	Leishmania Brasiliensis	Lesão e Ulceração do tecido Conjuntivo, Alterações Vasculares e Circulatórias.
Filariose	Helminto (Wulchereria Bancroft)	Obstrução de Vasos, Deformação dos Tecidos.

Fonte: SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991)

QUADRO 8: PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS POR PATOGÊNICOS E AGENTE CAUSAL ENVOLVIDO.

DOENÇA	AGENTE CAUSAL – TRANSMISSÃO POR INSETOS TENDO A ÁGUA COMO MEIO DE PROcriação	SINTOMAS
Malária	Protozoário (Plasmodium)	Febre, Suor Noturno, Calafrios
Febre Amarela	Vírus (Flavavírus)	Febre, Dor de Cabeça, Prostração, Vômito
Dengue	Vírus (Flavavírus)	Febre, Dor de Cabeça, Prostração, Dor nas Juntas e Músculos. Morte em alguns casos
Leishmaniose	Leishmania Brasiliensis	Lesão e Ulceração do tecido Conjuntivo, Alterações Vasculares e Circulatórias
Filariose	Helminto (Wulchereria Bancroft)	Obstrução de Vasos, Deformação dos Tecidos

Fonte: SPERLING (1996) e METCALF & EDDY (1991)

**QUADRO 9: TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE MICROORGANISMOS PATO-
GÊNICOS NA ÁGUA**

AGENTE PATOGÊNICO	TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA
BACTÉRIAS	
Coliformes Fecais	60 dias
Salmonella SP	60 dias
Vibrio Cholerae	10 a 60 dias
VÍRUS	
EnteroVírus	60 a 120 dias
HELMINTOS	
Ascaris SP	Vários meses
Taenias sp	15 dias a 3 meses
PROTOZOÁRIOS	
Giardia (cistos)	30 a 60 dias

Fonte: FEIX e WIART (1998), SCHWARTZBROD et al. (1998)

**QUADRO 10: TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE MICROORGANISMOS PATO-
GÊNICOS NO SOLO**

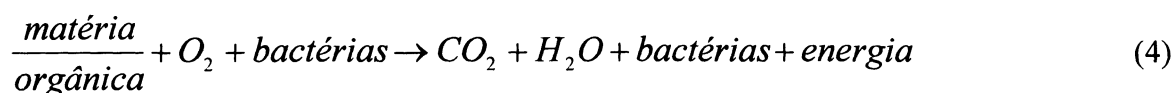
AGENTE PATOGÊNICO	TIPO DE SOLO	TEMPO MÉDIO DE SOBREVIVÊNCIA	TEMPO MÁXIMO DE SOBREVIVÊNCIA
BACTÉRIAS			
Coliformes Fecais	Superfície	40 dias	90 dias
Salmonella SP	Solo Arenoso	30 dias	60 dias
	Camada Profunda	70 dias	90 dias
Vibrio Cholerae	Diferentes Tipos	5 dias	30 dias
VÍRUS			
EnteroVírus	Diferentes Tipos	12 dias	100 dias
HELMINTOS			
Ascaris SP	Solo	Vários meses	2 a 3 anos
Taenias sp	Solo	Vários meses	8 meses
Toxocara sp.	Solo	Vários meses	7 a 14 anos
PROTOZOÁRIOS			
Amebas	Solo	10 a 15 dias	30 dias

FONTE: EPA (1992), GASPARD et al. (1995), SCHWATZBROD et al. (1998), MEDEIROS et al. (1999), THOMAS SOCCOL et al. (1999).

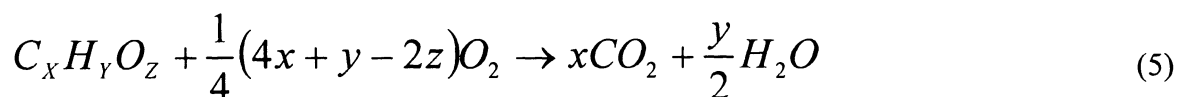
Para CHERNICHARO et al. (2001), os baixos níveis de investimento em saúde e os baixíssimos índices de cobertura por sistemas de esgotamento sanitário fazem com que a população brasileira seja portadora de diversas doenças de origem hídrica. Como a maioria dessas enfermidades não gera imunidade ao indivíduo já afetado, parte da população brasileira convive durante toda a vida com moléstias parasitárias endêmicas.

4.3 IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO SOB O PONTO DE VISTA AMBIENTAL

A carga orgânica biodegradável é a principal responsável, via de regra, pela degradação ambiental dos rios e lagos, ao receberem cargas de esgoto doméstico. A depleção do oxigênio, causada, sobretudo, pelo consumo de oxigênio dissolvido para a oxidação da matéria orgânica, altera as condições de vida de algumas espécies e, simplesmente, elimina outras mais suscetíveis a baixas concentrações de O_2 . Enquanto que no ar as concentrações médias de O_2 são em torno de 270 mg/L, a água apresenta-se com taxas muito menores, perto de 9 mg/L. A matéria orgânica inserida irá consumir o oxigênio existente no processo de estabilização, que nada mais é que a biodegradação de moléculas complexas (orgânicas, instáveis) para mais simples (minerais, estáveis). A equação simplificada da estabilização da matéria orgânica é a seguinte (SPERLING, 1996):



A Equação acima pode ser expressa, de uma forma genérica, para um composto orgânico de fórmula molecular $C_xH_yO_z$, da seguinte forma, a qual permite calcular o consumo de oxigênio e a produção de gás carbônico (VAN HAANDEL E LETTINGA, 1994):



Os principais microorganismos responsáveis pela estabilização aeróbia da matéria carbonácea contida nos esgotos são os organismos decompositores, representados em sua maioria por bactérias heterotróficas aeróbias e facultativas. Essas bactérias, em presença de oxigênio, convertem a matéria orgânica em compostos mais simples (água e CO_2), gerando mais bactérias e energia. Enquanto houver disponibilidade de alimento e oxigênio, esta reação permanecerá ocorrendo.

Parte da matéria orgânica em suspensão, dependendo das condições do meio, sedimenta no fundo, formando uma camada de lodo instável. Parte desse material será estabilizado em condições anaeróbias, em decorrência da dificuldade da penetração de oxigênio a cer-

tas profundidades. No entanto, a camada superior do lodo poderá receber alguma taxa de oxigênio, que será consumido na estabilização, da mesma forma que a matéria orgânica suspensa. A demanda de oxigênio originada deste processo se chama demanda bentônica.

Outra forma de depleção de oxigênio na água é através do fenômeno da Nitrificação, que é a redução da Amônia para Nitrito e este para Nitrato. Os microrganismos envolvidos neste processo são autótrofos quimiossintetizantes (ou quimioautótrofos), para os quais o gás carbônico é a principal fonte de carbono, e a energia obtida através da oxidação de um substrato inorgânico, como a amônia, a formas mineralizadas.

O impacto ambiental, acarretado pela introdução de esgoto doméstico em um corpo receptor, é função direta da concentração resultante desta carga poluidora no rio ou lago em questão, assim como da capacidade de assimilação e recuperação deste corpo hídrico.

Na sua composição média, o esgoto doméstico possui consideráveis concentrações de Nitrogênio e Fósforo. Estes são originários das fezes e urinas humanas e de animais, restos de alimentos, detergentes e outros elementos presentes.

Em condições normais de carga, é um aspecto positivo, pois esses elementos são nutrientes necessários para o crescimento microbiológico. No entanto, em concentrações demasiadas, pode ocorrer superpopulação de algas, gerando o fenômeno da Eutrofização. Os efeitos indesejáveis da eutrofização podem ser divididos pelos danos principais causados:

(a) Anaerobiose do fundo de lagos e curvas de rios – Em virtude do acúmulo de algas na superfície do rio ou lago, a luz solar tem maior dificuldade de penetração, causando baixa concentração de O_2 nas camadas mais profundas. Aliado a isso, as algas e microorganismos mortos e as bactérias heterotróficas contribuirão para o consumo de oxigênio nesta situação.

(b) Eventual mortandade de peixes – ocorrida pela falta de O_2 e pelo aumento da taxa de Amônia livre.

(c) Assoreamento e desaparecimento gradual do corpo hídrico – ocorre principalmente com lagos, em decorrência da deposição de matéria orgânica em excesso em seu leito.

(d) Aumento do pH – freqüente nos períodos de elevada fotossíntese.

4.4 IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO SOB O PONTO DE VISTA URBANO

Em 1998, o Banco Mundial editou um documento, intitulado Agenda Marrom, onde trata dos principais problemas ambientais urbanos modernos. Segundo o documento, o Brasil enfrenta cinco problemas principais de poluição urbana: saneamento básico inadequado, poluição do ar nas áreas metropolitanas, poluição das águas nas áreas urbanas, gestão precária de resíduos sólidos e poluição localizada grave. O relatório BRUNTLAND, Relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, afirma que as causas da deterioração ambiental são identificadas em três campos: uso de tecnologias poluidoras, aumento demográfico e intensificação e expansão da miséria.

Verifica-se que os dois documentos internacionais apontam como causa comum para os problemas ambientais o crescimento desorganizado das cidades e a gestão inadequada de seus resíduos. Inserido no contexto, destaca-se a poluição de mananciais pelo esgoto doméstico.

A implicação fundamental, do ponto de vista de uso do solo, da política inadequada de destinação final dos esgotos (em geral, disposição do esgoto in natura em mananciais) é a degradação urbana da área afetada, assim como de toda região a jusante do ponto de despejo.

O perfil da demanda por serviços de saneamento guarda relação histórica com a exclusão social e a segregação espacial. Problemas acarretados pela disposição inadequada dos esgotos, com a geração de maus odores, a proliferação de doenças e seus vetores nas áreas adjacentes provocam o abandono do local pelo mercado imobiliário e pelo poder público. A ausência de intervenção institucional e a perda de valorização da terra proporcionam ocupação ilegal da área por setores da população de baixa renda. Para PEREIRA (2001), a ilegalidade em relação à posse da terra, além de fator de exclusão social da população de menor renda, é o principal agente do padrão de segregação espacial que caracteriza as cidades brasileiras. A ilegalidade, ao contribuir para a exclusão social, reforça a pobreza urbana, estabelecendo um ciclo vicioso de miséria, doença, ausência de intervenção pública, ocupação irregular, miséria...

Outro importante componente da falta de tratamento e disposição adequada dos efluentes domésticos é o assoreamento de mananciais. A consequência imediata dessa ação é o aumento do nível de cheias em alguns locais, que não raro, já estão ocupados por invasões.

A falta de serviços públicos, como coleta de lixo, termina por agravar as condições do local, pois o resíduo sólido gerado pelas ocupações ilegais também será jogado no rio que já recebe alta carga de esgoto. A evolução do quadro culmina com total degradação urbana local. Cidades como Manaus, Recife e Rio de Janeiro são fortemente afetadas pelas consequências acima descritas.

4.5. DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES DE COBERTURA DE SISTEMAS DE ESGOTO NO BRASIL

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico no Brasil (IBGE, 2002), dentre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que tem menor presença nos municípios brasileiros. Dos 4.425 municípios existentes no Brasil, em 1989, menos da metade (47,3%) tinha algum tipo de serviço de esgotamento sanitário e, 11 anos mais tarde, os avanços não foram muito significativos: dos 5.507 municípios, 52,2% eram servidos. Apesar de no período de 1989-2000 haver tido um aumento de, aproximadamente, 24% no número de municípios, o serviço de esgotamento sanitário não acompanhou este crescimento, pois aumentou apenas 10%.

No último levantamento das condições do sistema de saneamento básico no país, Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2000, como parte integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, verificou-se que 67 milhões de habitantes da população urbana brasileira não dispõem de coleta de esgoto sanitário, isso equivale a perto de 58% da população urbana brasileira, ou 33,5% do número total de domicílios recenseados são atendidos por rede geral de esgoto (PNSB-2000, IBGE). Esta discrepância fica mais acentuada quando os dados são apresentados por região, o atendimento chega no seu nível mais baixo na Região Norte, onde apenas 2,4% dos domicílios são atendidos, seguidos das Regiões Nordeste (14,7%), Centro-Oeste (28,1 %) e Sul (22,5%) (PNSB-2000, IBGE). A Re-

gião Sudeste apresenta o melhor atendimento, mesmo assim, ele cobre pouco mais da metade dos domicílios da região (53,0%). Através desses dados, verifica-se que as regiões Norte e Nordeste do Brasil possuem valores de cobertura de rede de esgoto sanitário semelhantes aos países da África e Ásia. Além disso, os resultados revelam um quadro marcante de desigualdades regionais.

Os resultados obtidos pelo SNIS, Censo 2000 e a PNSB-2000, naturalmente evidenciam um certo grau de diferença. Tais diferenças se devem à metodologia e ao entendimento do morador sobre a natureza dos serviços disponíveis em seu próprio domicílio e, em grande medida, pelo fato de as características domiciliares serem investigadas apenas nos domicílios particulares permanentes ocupados, o que significa dizer que 9 milhões de domicílios classificados como fechados, vagos ou de uso ocasional e onde não são encontrados moradores não respondem ao questionário. Neste sentido, as informações do Censo 2000, referentes aos domicílios particulares permanentes ocupados, revelam que em 47,2% dos mesmos os moradores informaram dispor do serviço de rede de esgoto.

QUADRO 11: COBERTURA DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO NO BRASIL

Região / País (pop. Urbana)	População Servida (milhões de hab.)	População não Servida (milhões de hab.)	População não Servida (%)
Sudeste	35,0	17,6	33,4
Sul	5,1	13,7	72,9
Centro-Oeste	3,3	4,7	58,7
Nordeste	5,5	23,6	81,1
Norte	0,3	7,4	96,1
Brasil	49,2	67,0	57,6

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS – 2000

**QUADRO 12: COBERTURA DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITARIO
– PAÍSES DA ÁFRICA, ÁSIA E AMÉRICA LATINA.**

PAÍS	POPULAÇÃO NÃO SERVIDA (%)
América Latina e Caribe	51,0
África	87,0
Ásia	82,0

Fonte: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – 2000

Outro importante indicador que se pode verificar é o de cobertura de esgotamento e tratamento sanitário versus porte populacional dos municípios. Em geral, quanto maior a população do município maior a proporção de domicílios com serviço de esgoto. No Brasil, os municípios com mais de 300.000 habitantes têm quase três vezes mais domicílios ligados à rede geral de esgoto do que os domicílios em municípios com população de até 20.000 habitantes. Outra vez, o Norte é a região com a maior proporção de municípios sem coleta (92,9%), seguido do Centro-Oeste (82,1 %), do Sul (61,1%), do Nordeste (57,1%) e do Sudeste (7,1%). Os municípios que têm apenas serviço de coleta superam a proporção daqueles que coletam e tratam o esgoto (32,0% e 20,2%, respectivamente). No Sudeste, a região do País com a maior proporção de municípios com esgoto coletado e tratado, somente um terço deles apresenta uma condição adequada de esgotamento sanitário.

Cidades com menor população buscam soluções de saneamento básico (inclusive esgotamento e tratamento sanitário) através das suas prefeituras. Municípios com até 20.000 habitantes e com a população entre 20.001 e 45.000, onde há o serviço de esgotamento sanitário, predomina a atuação de entidades municipais (79,2% e 73,0%, respectivamente). Já em municípios maiores o serviço de esgotamento sanitário fica a cargo, principalmente, de entidades estaduais: municípios com mais de 300.000 habitantes têm mais de três vezes a presença de entidades estaduais prestando serviços do que em municípios com até 20.000 habitantes.

A PNSB-2000 evidenciou que “ *A diretriz do PLANASA ao criar Companhias Estaduais, centralizadas e mais dinâmicas, teve pouco efeito na esfera administrativa das enti-*

dades prestadoras de serviço de esgotamento sanitário. Conforme o quadro 7, verifica-se que o serviço prestado aos municípios permaneceu primordialmente sob a responsabilidade dos governos locais (35,2 em 1989 e 38,4 em 2000). As modificações mais significativas do período foram o aumento em 18,5% de municípios com serviços prestados por entidades estaduais (11,9 em 1989 para 14,1 em 2000), a maior presença de empresas particulares, e a ausência da atuação federal nos municípios das Grandes Regiões, exceto na Região Nordeste, mesmo assim, em níveis inferiores aos apresentados em 1989.(PNSB-2000, IBGE)

A maioria dos domicílios não atendida por redes coletoras de esgoto utiliza-se do sistema unitário (fossa séptica e sumidouro) ou, simplesmente, despejam os seus dejetos em rios, lagos, valas ou no terreno a céu aberto. *Os distritos brasileiros com coleta de esgoto sanitário se dividem entre os 1/3 que tratam o esgoto coletado (33,8%) e os quase 2/3 que não dão nenhum tipo de tratamento ao esgoto produzido (66,2%). Nestes distritos, o esgoto é despejado in natura nos corpos de água ou no solo, comprometendo a qualidade da água utilizada para o abastecimento, irrigação e recreação. Do total de distritos que não tratam o esgoto sanitário coletado, a grande maioria (84,6%) despeja o esgoto nos rios, sendo os distritos das Regiões Norte e Sudeste os que mais se utilizam desta prática (93,8% e 92,3%, respectivamente) (PNSB-2000, IBGE).*

Do esgoto coletado através das redes públicas, apenas 50% sofre algum tipo de tratamento (SNIS – 2000). Deste percentual, estima-se que apenas 10% tenham eficiência adequada aos padrões de lançamento prevista na Portaria CONAMA 20/86.

Diante desses dados, verificamos que o Brasil necessita de uma ampla política de saneamento básico que reverta o quadro desfavorável, principalmente no que se refere a coleta e tratamento de esgoto doméstico. *Diante desse enorme déficit sanitário, aliado ao quadro epidemiológico e ao perfil sócio-econômico das comunidades brasileiras, constata-se a necessidade por sistemas simplificados de coleta e tratamento dos esgotos (CHERNICHARO, 1997).*

Os quadros em anexo apresentam indicadores de serviços de água e esgoto, prestados pelas concessionárias regionais. Pode-se observar que as regiões Norte e Nordeste apresentam um baixo nível de cobertura e de investimentos. Em contrapartida, são as regiões com

maior despesas com serviço por m³ faturado e com maior índice de perdas de faturamento. Essa situação contribui para inibir os investimentos nas áreas de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgotos, agravando, ainda mais o quadro epidemiológico das regiões mais carentes do Brasil.

Indicadores do IBGE (2000), descritos nos quadros em anexo, demonstram que a região Norte do Brasil é, sem dúvida, a área mais carente em sistemas de saneamento básico do país. A ausência de sistemas de coleta de esgoto doméstico em mais de 90% dos distritos da região evidencia a enorme e urgente necessidade em se implementar programas municipais e regionais de saneamento na região.

5. SISTEMAS URBANOS DE ESGOTO DOMÉSTICO

5.1 GENERALIDADES

Na grande maioria dos sistemas urbanos de esgoto sanitário, o fluxo natural é por gravidade, isto é, as águas residuárias fluem naturalmente dos pontos mais altos para os pontos mais baixos. As águas residuárias provenientes das habitações, estabelecimentos comerciais e industriais, instituições e edifícios públicos e hospitais, são conduzidas pelas redes coletoras prediais aos coletores tronco e destes às tubulações de maior diâmetro que conduzirão o esgoto ao destino final, chamada de interceptores.

Ao longo do traçado das redes coletoras, estas recebem as contribuições dos coletores prediais (domésticos, comerciais, industriais etc.). Cada coletor predial recebe e transporta o seu efluente, à medida que no interior das habitações os aparelhos sanitários vão lançando os dejetos correspondentes às águas utilizadas para os diversos fins. A contribuição oriunda de cada coletor predial é bastante irregular, tanto na vazão como nos horários de funcionamento. À medida que os esgotos atingem condutos de maiores dimensões, o fluxo vai se tornando contínuo e mais regular.

Pelo fato do escoamento ser, normalmente, por gravidade, as tubulações necessitam de uma determinada declividade que possibilite o transporte das águas residuárias até o seu destino final. Não pode haver declividades muito grandes, para que não cause desgastes excessivos na tubulação nem choques nas conexões, nem declividades muito pequenas, que possibilitem o acúmulo de material sólido ao longo da rede. As variáveis que contribuem diretamente para a determinação das declividades são a vazão, o coeficiente de rugosidade do tubo e a concentração de sólidos totais do esgoto.

5.2 TIPOS DE SISTEMAS DE COLETA E TRANSPORTE

As redes coletoras de esgoto são traçadas conforme o sistema concebido pelo órgão sanitário. Existem basicamente dois tipos de sistemas como soluções para o esgotamento de

uma determinada área: (a) sistema individual e (b) sistema coletivo

5.2.1 Sistemas Individuais

São sistemas adotados para atendimento unifamiliar ou de uma unidade de planejamento (uma fazenda, fábrica ou estabelecimento comercial). Consistem no lançamento dos efluentes domésticos gerados em uma unidade habitacional, ou outro tipo de economia, em dispositivos unitário de tratamento, usualmente uma fossa séptica seguida de dispositivo de infiltração no solo (sumidouro, irrigação sub-superficial). Tais sistemas podem funcionar satisfatoriamente e economicamente se as habitações forem esparsas (grandes lotes com elevada porcentagem de área livre e/ou em meio rural), se o solo apresentar boas condições de infiltração e ainda, se o nível de água subterrânea se encontrar a uma profundidade adequada, de forma a evitar o risco de contaminação por microrganismos transmissores de doenças (BARROS, 1995). No entanto, só pode ser planejado quando não houver possibilidade de interligar essa unidade a um sistema coletivo.

5.2.2 Sistemas Coletivos

Consistem em canalizações que recebem o lançamento das águas residuárias de um conjunto de contribuintes (domicílios, unidades industriais ou comerciais), transportando-os até o seu destino final, de forma sanitariamente adequada (BARROS, 1995). Constitui uma evolução do sistema individual e que deve ser adotada sempre que possível. Os sistemas coletivos de esgotamento sanitário são a alternativa mais adequada para a gestão dos efluentes de uma cidade. IMHOFF (1995) defende que “Em princípio, só devem ser construídas instalações domiciliares de tratamento nas áreas em que não existam coletores públicos de esgotos, ou quando casas isoladas estejam fora do alcance dessas redes, como acontecem com casas de campo isoladas, sanatórios, educandários e indústrias”.

Os sistemas coletivos podem ser dos seguintes tipos: (a) sistema unitário ou combinado e (b) sistema separador

5.2.3 Sistema Unitário ou Combinado

Neste sistema, as canalizações são construídas para coletar e conduzir as águas residuárias juntamente com as águas pluviais. São pouco utilizados no Brasil em virtude dos seguintes inconvenientes: (a) grandes dimensões das canalizações; (b) custos iniciais elevados; (c) riscos de refluxo do esgoto sanitário para o interior das residências, por ocasião das cheias; (d) dificuldades das Estações de Tratamento em processar uma maior vazão e com regime muito variado (e) ocorrência de mau cheiro, exalado das bocas de lobo em ligação direta com os esgotos sanitários.

5.2.4 Sistema Separador

Segundo AZEVEDO NETTO e ALVAREZ (1991), o sistema separador consiste em sistemas separados para a coleta do efluente doméstico dos sistemas de águas pluviais. É o mais adotado no Brasil, pelo fato de ter um custo de implantação bem menor, além das seguintes vantagens adicionais: (a) permite que as águas pluviais sejam descarregadas em mananciais sem a preocupação com cargas de poluentes; (b) facilita a operação das Estações de Tratamento, pois a vazão é menor e não há variações com as chuvas; (c) descarta a possibilidade de refluxos de esgoto em chuvas torrenciais.

Um sistema separador bem dimensionado e operado dispõe dessas vantagens, porém são observadas, na prática, algumas ações ilícitas de ligações de esgoto em redes pluviais, assim como descargas de dejetos de caminhões “limpa-fossa” em galerias. Além de aumentar concentração de poluentes no manancial que recebe a contribuição pluvial, tais ações trazem diversos outros problemas a operação dos sistemas: (a) ocorrência de maus odores nos canais a céu aberto; (b) riscos de contaminação da população em contato com os canais (c) entupimento das redes.

Os sistemas separadores podem ser subdivididos nas seguintes modalidades principais: (a) sistema convencional e (b) sistema condominial.

5.2.5 Sistema Separador Convencional

O sistema convencional é constituído de rede coletora de esgotos, coletores-tronco, interceptores, estações elevatórias, emissários e destinação final. A coleta das águas residuárias é realizada conforme a topografia e as condições de descarga do efluente, esta rede pode se tornar bastante longa e complexa (AZEVEDO NETTO e ALVAREZ, 1991; ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA, 2000).

Na busca por soluções mais econômicas e sanitariamente adequadas, é imprescindível a delimitação de subbacias para os limites da área a ser implantado o sistema. Questões como permeabilidade e tipo de solo, declividades do terreno, concentração demográfica, possíveis áreas de implantação de ETE's, existência e localização de rios e fundos de vales, são fundamentais para um bom planejamento de um sistema de esgotamento e tratamento de efluente doméstico. As unidades que compõem os sistemas convencionais são, normalmente, as seguintes (AZEVEDO NETTO e ALVAREZ, 1991; ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA, 2000):

RAMAL PREDIAL - Os ramais prediais são os ramais domiciliares, que transportam os esgotos para a rede pública de coleta.

COLETOR - Os coletores recebem os efluentes das residências e demais edificações, transportando-os aos coletores-tronco. Por transportarem uma menor vazão, possuem diâmetros proporcionalmente menores que os das demais tubulações.

COLETOR-TRONCO - O coletores-tronco recebem as contribuições dos coletores, transportando-os aos interceptores. Os diâmetros são usualmente mais elevados que os dos coletores. (LEME, 1982)

INTERCEPTOR - Canalizações de grande porte que interceptam o fluxo dos coletores-tronco. Os interceptores correm nos fundos de vale, margeando os cursos d'água ou canais. Os interceptores são responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sua sub-bacia, evitando que os mesmos sejam lançados nos corpos d'água. Em função das maiores vazões transportadas, os diâmetros são usualmente maiores que os dos coletores-tronco. (LEME, 1982)

EMISSÁRIO - Os emissários são similares aos interceptores, com a diferença de

que não recebem contribuições em marcha ao longo do percurso. A sua função é transportar os efluentes até o seu destino final. (LEME, 1982)

POÇOS DE VISITA - Os poços de visita (PVs) são estruturas complementares do sistema de esgotamento. A sua finalidade é permitir a inspeção e limpeza da rede. Podem ser adotados nos trechos iniciais da rede, nas mudanças (direção, declividade, diâmetro ou material), nas junções e em trechos longos. (LEME, 1982)

ELEVATÓRIA – Estações eletromecânicas e de obras civis que servem para elevar as águas residuárias. São necessárias quando o nível das tubulações fica muito abaixo da superfície, tornando-se inviável economicamente a escavação de valas, ou para transpor elevações no terreno. Os sistemas elevatórios podem consistir de bombas de recalque, ou sistemas mecânicos de elevação, como rosca sem fim. (LEME, 1982)

5.2.6 Sistema Condominial

O sistema condominial consiste no atendimento da população, por redes de coleta e, em alguns casos, tratamento de esgoto, em regime coletivo, ou de condomínio, que é tratado pelo poder público como a menor unidade de planejamento e preocupação. Esta é a principal diferença para o sistema convencional. Nas condições condominiais, estabelece-se a responsabilidade do órgão de saneamento e da comunidade atendida. De certa forma, reduz os custos de implantação de esgotamento sanitário, em contrapartida repassa responsabilidades e ônus à coletividade. ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA (2000) apresentam os seguintes aspectos, positivos e negativos do sistema condominial:

(a) Aspectos positivos: menor extensão das ligações prediais e coletores públicos, baixo custo de construção (57% mais econômicos que os sistemas convencionais), menor custo de operação e maior comprometimento dos usuários (ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA, 2000)

(b) Aspectos negativos: o uso do sistema pode ser desvirtuado (lançamento de águas pluviais, por exemplo), menor controle de operação e manutenção, dificuldade de inspeção, operação e manutenção, em virtude da rede estar assentada em terreno particular, grande

necessidade de boa coordenação entre o condomínio para que o sistema tenha sucesso.

As partes integrantes do sistema condominial podem ser divididas em (a) ramal intramuros, (b) rede básica e (c) tratamento e disposição final (BARROS et al., 1995).

RAMAL INTRAMUROS – É parte do sistema que, por acordo comunitário, será executada no interior de uma quadra, ficando os moradores, que a ele contribuem responsáveis, tanto pela sua execução, quanto pela sua correta operação e manutenção (BARROS et al., 1995).

REDE BÁSICA – É a parcela do sistema indispensável para a reunião de vários condomínios e, portanto, de responsabilidade do agente promotor, o qual pode ser uma prefeitura, um órgão municipal, uma companhia estadual de saneamento, ou outra entidade. Deste ponto em diante, a implantação se dá por total ônus e responsabilidade do órgão de saneamento. Trata-se, portanto, da menor extensão de rede que pode ser imputada como necessária ao equacionamento sanitário da comunidade, e nesta situação assume caráter coletivo. Qualquer extensão superior à rede básica não pode ser arcada pela coletividade e sim por quem demandou o acréscimo.

“Percebe-se assim que o sistema condominial não é uma imposição de uma solução única, arbitrária, mas a busca do menor investimento público, aqui compreendido como coletivo. O que se estabelece, por uma questão de justiça, é que os custos adicionais, advindos de soluções mais onerosas, sejam suportados pelos beneficiários”. (BARROS et al., 1995).

TRATAMENTO - O tratamento do sistema condominial é de responsabilidade do órgão promotor de saneamento. Em alguns casos, o pré-tratamento no condomínio é exigido, buscando a redução de custos e a viabilidade do projeto.

5.3 SISTEMAS COMPACTOS MODULARES DE ESGOTO SANITÁRIO

Observa-se que os municípios pequenos, com menos de 20 mil habitantes, possuem uma maior carência de redes coletoras de esgoto e sistemas de tratamento. Uma das maiores dificuldades que uma comunidade pequena enfrenta, ao tentar implantar sistemas de coleta e tratamento de efluente doméstico, é a economia de escala. Para as empresas de saneamento, não é viável economicamente, na maioria das vezes, implementar um projeto de coleta e tra-

tamento de esgotos domésticos por causa do pequeno retorno que a comunidade proporcionará em termos de taxas de utilização. Além disso, os planejadores esbarram na questão do risco em instalar um sistema, considerando determinada taxa de crescimento, e esta não se concretizar. Existe ainda a dificuldade técnica, tendo em vista a ausência de profissionais habilitados para operar sistemas mais sofisticados.

Uma rede coletora de esgotos domésticos é bem mais dispendiosa que uma de distribuição de água: os diâmetros são maiores porque as perdas de carga são superiores; a rede sanitária em geral, não é pressurizada, sendo assim necessário acompanhar a topografia do terreno, o que acarreta a construção de longos trechos aéreos e criação de estações elevatórias; não é possível configurações tão flexíveis como as redes de água, tendo como consequência uma maior malha para atender a mesma quantidade de população; normalmente, as redes sanitárias são lançadas a maior profundidade que as de água, para atender requisitos de declividade e não permitir a contaminação desta.

Diante dessas dificuldades, as ações de saneamento básico de pequenos municípios, bairros de periferia ou comunidades acabam se restringindo ao abastecimento de água, muitas vezes com tratamento inadequado ou inexistente.

Uma das alternativas para a solução de problemas dessa ordem são os sistemas compactos modulares de tratamento de esgoto doméstico. As suas vantagens podem ser classificadas nos aspectos econômicos, ambientais, urbanísticos e operacionais.

5.3.1 Aspectos Econômicos

Do ponto de vista econômico, sistemas compactos modulares de tratamento de águas residuárias diminuem sensivelmente os custos com redes de coleta e interceptores, visto que as ETEs ficam localizadas junto às áreas favorecidas. Conforme CAVALCANTI et al. (2001) in CHERNICHARO et al. (2001), a economia com custos de construção de interceptores e emissários chega a atingir 40% em relação a sistemas centralizados.

Outro aspecto econômico bastante atrativo é o custo inicial de implantação ser determinado pela quantidade de módulos a ser construídos. Este aspecto permite e incentiva os

gestores em iniciar programas de ação continuada em sistemas de saneamento na área de esgoto.

O planejamento de ações de saneamento ficam favorecidos uma vez que os módulos são inseridos a medida em que a demanda ocorre. Além de reduzir o período de projeto para menos de 10 anos. A gestão dos recursos ficam setorizadas no âmbito das subbacias onde estão inseridas as comunidade atendidas.

5.3.2 Aspectos Ambientais

A implementação de sistemas modulares permite que padrões de emissão sejam atendidos paulatinamente, desde que haja programas continuados de construção dos módulos. Os impactos ambientais inerentes a sistemas deste tipo são bem menores que aqueles de sistemas centralizados. A descarga de efluentes na forma descentralizada permite maior capacidade de assimilação dos mananciais afetados, além de facilitar a fiscalização e o controle por parte dos órgão ambientais locais.

O próprio fato de descentralizar os sistemas em subbacias, permite a mitigação dos impactos advindos de obras de engenharia para a implantação de emissários e interceptores.

5.3.3 Aspectos Urbanos

Um grande empecilho para a implantação de um sistema centralizado de tratamento de efluentes domésticos é a rejeição dos moradores locais a planta proposta. Em geral, projetos desse tipo geram odores indesejáveis, ruído, ocupação de grandes áreas, desapropriações e riscos de contaminação. Além disso, quando se planeja um sistema centralizado, restrições de área e topografia são sempre elementos complicadores na consecução do anteprojeto.

Em sistemas modulares, esses efeitos são reduzidos conforme a escolha dos equipamentos. A rejeição é menor porque os módulos são menos impactantes. Há maior flexibilidade de planejamento pelo fato dos sistemas se adequarem melhor às mais diversas conformações de terreno e localização. É possível conceber projetos para pequenas demandas.

5.3.4 Aspectos Operacionais

Sistemas modulares são dimensionados, em geral, para se tornarem mais simples e mais fáceis de operar. Permitem, devido a sua modulação, flexibilidade de operação, facilitando eventuais paradas para manutenção ou correção de processo.

Os equipamentos instalados, devido a sua padronização e pequeno porte, são mais fáceis de se encontrar no mercado, facilitando a reposição. Na maioria das vezes, elementos constituintes do sistema podem ser pré-fabricados e montados no local.

As vantagens de optar por sistemas modulares setorizados fizeram com que algumas cidades, como Recife e Curitiba, incluíssem em seus Planos Diretores esta nova concepção de planejamento descentralizado de ações de saneamento.

5.3.5 Requisitos Necessários para Sistemas Modulares de Tratamento de Esgoto Doméstico

Para que todas as vantagens supramencionadas sejam conseguidas, os sistemas modulares devem atender a requisitos técnicos, operacionais e econômicos desejáveis, tais como: (a) Baixo Custo de implantação e operação; (b) Simplicidade Operacional; (c) Índices mínimos de mecanização; (d) Sustentabilidade do sistema como um todo (financeira, operacional, logística, etc); (e) Modulação e independência operacional.

Embora não exista uma solução que atenda integralmente todos os requisitos acima mencionados, existem diversas alternativas que atendem, em maior ou menor grau, aos principais requisitos que devem ser observados num estudo técnico-econômico de escolha de alternativas. (CHERNICHARO et al. , 2001)

6. ROTEIRO DE PLANEJAMENTO DE UM SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO

6.1 GENERALIDADES

A concepção de um sistema de esgoto sanitário requer planejamento multidisciplinar, engajamento das diversas áreas do poder público, seja no âmbito municipal ou estadual, assim como participação ativa da sociedade civil. A busca por soluções mais baratas e que tenham a eficiência adequada passa por minucioso trabalho de coleta e processamento de dados de campo. AZEVEDO NETTO e ALVAREZ (1991) propõem o seguinte roteiro a ser seguido na elaboração de um projeto de coleta e tratamento de esgoto doméstico separador absoluto:

6.2 DADOS REFERENTES AOS ASPECTOS FÍSICOS

6.2.1 Elementos Topográficos (Mapeamento)

- Compilação de mapas e fotografias aéreas existentes.
- Compilação de plantas resultantes de levantamentos planialtimétricos já efetuados, em escala conveniente: 1:2 000 a 1:25 000.
- Compilação de plantas resultantes de levantamento cadastrais ou semicadastrais.

6.2.2 Elementos Geológicos

- Reconhecimento geológico da superfície.
- Compilação de estudos geológicos existentes.
- Dados técnicos e informações sobre sondagens de reconhecimento do subsolo.
- Dados referentes à profundidade média de ocorrência de rochas e afloramento das mesmas.
- Características geológicas e geotécnicas do subsolo.

6.2.3 Elementos Hidrológicos

- Comportamento hidrológico das formações geológicas da área em estudo.

- Compilação de dados pluviométricos e hidrométricos existentes.
- Compilação de estudos hidrológicos existentes sobre os cursos de água da área em estudo e/ou regiões circunvizinhas: vazões máximas, vazões mínimas, período crítico, etc.
- Reconhecimento geral da bacia com relação aos corpos de água existentes, possíveis receptores.
- Compilação de mapas existentes da bacia hidrográfica.
- Dados referentes ao lençol freático: profundidade média, etc.

6.2.4 Elementos Sanitários

- Dados referentes à poluição atual e potencial dos corpos de água, possíveis receptores.
- Legislação vigente de proteção da qualidade das águas.
- Exames físicos, bacteriológicos e análises químicas dos cursos de água existentes na área a ser esgotada ou regiões circunvizinhas.

6.3 DADOS REFERENTES AOS ASPECTOS URBANÍSTICOS E DE SERVIÇOS DE INFRA-ESTRUTURA

- Verificação da existência de Planos Diretores.
- Dados sobre projetos ou estudos urbanísticos setoriais existentes na área ser esgotada.
- Reconhecimento local das áreas edificadas: classificação quantitativa e qualitativa das construções existentes.
- Informações sobre as normas e regulamentos para construção na área ser esgotada.
- Análise da tendência de construção na área a ser esgotada.
- Cadastro dos sistemas de água, esgotos, galerias e águas pluviais, energia elétrica, telefone, gás, etc., existentes e projetados, cujas obras possam eventualmente interferir com as obras do sistema em estudo.
- Características e tendências do sistema de abastecimento de água existente

- Dados sobre a disponibilidade de recursos locais de materiais e mão-de-obra para construção civil, energia elétrica e recursos mecânicos, assim como informação sobre os custos dos mesmos.

6.4 DADOS REFERENTES AOS ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

- Compilação de dados referentes à evolução histórica e demográfica da área em estudo.
- Compilação de dados censitários.
- Verificação da existência de estudos estatísticos sobre a evolução do número de:
 - (a) edificações e/ou construções licenciadas; (b) ligações de luz e força; (c) ligações de água.
- Dados sobre a arrecadação estadual e federal no município da área a esgotada.
- Informações sobre as atividades econômicas atuais e sua evolução.
- Padrões de vida da população ocupante da área em estudo.
- Informações sobre a arrecadação de impostos, taxas e tarifas, caracterizando as fontes de receita.
- Valor da produção industrial.

6.5 DADOS REFERENTES AOS ASPECTOS SANITÁRIOS

- Compilação de dados estatísticos de centros de saúde, hospitais e instituições congêneres referentes a: (a) à epidemiologia, (b) à mortalidade infantil, (c) às doenças de veiculação hídrica, etc.
- Descrição detalhada dos serviços existentes de abastecimento de água e esgotos sanitários da área em estudo, bem como a sua operação e manutenção.
- Informações sobre o destino final dos despejos industriais.
- Informações sobre a área e população não-abastecida pela rede pública de água.
- Informações sobre a área e população não-servida pela rede pública de esgotos.
- Descrição do abastecimento de água e destino final das águas servida, da população não-atendida pela rede pública de abastecimento de água e de esgotos.

- Verificação da existência de planejamento na disposição de efluentes para a área em estudo.
- Verificação da existência de dados sobre o consumo de água e a sua variação.
- Verificação da existência de legislação sobre poluição.

6.6 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

- Ordenação e enquadramento dos dados coletados.
- Análise dos dados existentes disponíveis para o projeto em questão.
- Programação para a obtenção de novos dados indispensáveis para a elaboração do projeto.
- Complementação e/ou atualização dos levantamentos topográficos.
- Informações sobre os recursos locais para a execução de serviços especializados, como, por exemplo, levantamentos topográficos, planialtimétricos, geotécnicos e hidrológicos eventualmente necessários.
- Normas, especificações e regulamentos relativos ao sistema de esgoto existente.
- Levantamento completo das indústrias existentes e futuras na área em estudo: porte, tipo, produção, número de empregados, especialidade, etc.
- Levantamento das instituições hospitalares existentes e futuras nas áreas em estudo.

6.7 FIXAÇÃO DOS CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO

- Fixação do período de alcance das obras abrangidas pelo projeto.
- Determinação das etapas de construção das obras.
- Verificação da dotação média per-capita de água distribuída na área do projeto, levando em consideração os índices de consumo observados.
- Determinação da relação entre o volume de águas residuárias encaminhadas aos coletores e o volume de água consumido.
- Fixação dos coeficientes referentes aos dias de maior descarga (K1) e às horas

de maior contribuição (K2).

- Avaliação das densidades demográficas de saturação na área de projeto, verificando a correspondência com dados existentes em planos diretores ou estudos setoriais ou regionais.

- Avaliação precisa das contribuições industriais e hospitalares existentes e próximas futuras, tanto quantitativa quanto qualitativamente, levando dados junto às próprias instituições.

- Avaliação da vazão de infiltração na rede coletora.

- Avaliação da contribuição de escoamento clandestino de águas pluviais na rede coletora de esgotos.

- Fixação de valores contidos nas normas para elaboração de projeto (quando existentes).

- Observância das profundidades mínimas e máximas de implantação da rede coletora.

- Fixação do diâmetro mínimo dos coletores secundários.

- Determinação do diâmetro máximo do sistema coletor secundário permissível para ligação domiciliar.

- Fixação das velocidades mínimas e máximas permissíveis nas canalizações coletoras.

- Fixação das declividades mínimas permissíveis.

- Fixação das limitações da lâmina de água para as condições de funcionamento dos coletores secundários, coletores-tronco, interceptores e emissários do sistema.

- Distância máxima entre poços de visita.

- Localização dos coletores e poços de visita.

- Determinação dos materiais a serem utilizados nas diversas partes do sistema.

- Justificativa da fórmula a ser utilizada no cálculo hidráulico da rede coletora

- Determinação dos coeficientes que levam em consideração a rugosidade do material dos tubos da rede coletora.

- Determinação do enquadramento do sistema em estudo no planejamento eventualmente existente.

almente existente.

- Verificação da observância da legislação ambiental local, principalmente sobre poluição hídrica.

6.8 CONCEPÇÃO GERAL DO SISTEMA

Nesta fase deverão ser delineados um número conveniente de alternativas possíveis para as diversas partes do sistema, devendo resultar, após um criterioso estudo técnico-econômico, a solução mais conveniente para cada caso.

6.8.1 Sistema Coletor

- Subdivisão da área a ser esgotada em bacias e sub-bacias de esgotamento
- Confecção de uma planta, em escala conveniente (1: 5.000 a 1: 25.000) com todas as indicações necessárias: bacias e sub-bacias de esgotamento, densidade demográficas adotadas para cada área, acidentes topográficos, cursos de água, etc.
- Estudo das várias alternativas de localização dos coletores-tronco, interceptores e emissários.
- Pré-dimensionamento dos coletores-tronco, interceptores e emissários.
- Verificação da possibilidade de minimização de instalações de recalque
- Confronto técnico-econômico das alternativas estudadas.
- Escolha da melhor alternativa.
- Elaboração de desenhos.

6.8.2 Estações Elevatórias de Esgotos

- Localização em planta.
- Verificação da disponibilidade de locais para implantação.
- Avaliação da área necessária para as instalações.
- Reconhecimento dos possíveis locais.
- Determinação do tipo de estrutura.
- Estudo da disposição relativa das diversas partes componentes das estações elevatórias projetadas: medição de vazão, unidades desarenadoras, sistema de gradeamento, po-

ços de sucção, casa de bombas, tubulações e órgãos acessórios, etc.

- Estudo do sistema de extravasamento.
- Verificação da disponibilidade de energia elétrica com tensão adequada para alimentação dos motores elétricos.
- Diagrama unifilar e layout das instalações elétricas.
- Pré-dimensionamento das diversas partes.
- Estudo das várias alternativas.
- Análise técnico-econômica comparativa das alternativas estudadas.
- Escolha da alternativa representativa.
- Estudo da configuração arquitetônica dessa alternativa.
- Elaboração de desenhos.

6.8.3 Estações de Tratamento de Esgotos

6.8.3.1 Estudo Preliminar

- Localização das estações de tratamento de esgotos.
- Verificação da disponibilidade de área para implantação.
- Avaliação da área total necessária para a implantação da estação de tratamento.
- Reconhecimento do local.
- Verificação da conveniência e possibilidade de pré-tratamento de certos efluentes industriais das próprias indústrias.
- Estudo da capacidade receptora volumétrica e orgânica do corpo de água.
- Determinação do processo e do grau de tratamento.

6.8.3.2 Análise Qualitativa e Quantitativa dos Esgotos

- Sólidos suspensos e sedimentáveis, orgânicos e minerais.
- Sólidos dissolvidos
- Sólidos totais.
- DBO e DQO.
- Temperatura.
- pH, etc.
- Análise qualitativa e quantitativa dos efluentes industriais.

6.8.3.3 Projeto Básico

- Escolha do processo de tratamento.
- Disposição geral das unidades de tratamento na planta do terreno disponível
- Elaboração do fluxograma.
- Pré-dimensionamento das diversas unidades de tratamento e bombeamento e de canalizações principais.
- Estudo da disposição final e acondicionamento de lodo, espuma, material gradeado, areia, etc.
- Verificação da existência e disponibilidade de energia elétrica com tensão adequada para alimentação das unidades acionadas eletricamente.
- Diagrama unifilar e layout das instalações elétricas.
- Concepção do sistema de instrumentação e controle de operação.
- Estudo das alternativas possíveis.
- Escolha da alternativa representativa.
- Estimativa de custo preliminar da alternativa representativa.
- Estudo da configuração arquitetônica.
- Elaboração de desenhos.

6.8.3.4 Disposição Final dos Esgoto

- Determinação do(s) ponto(s) possível(is) de lançamento.
- Pré-dimensionamento hidráulico das obras para lançamento final.
- Análise de alternativas.
- Confronto técnico-econômico das alternativas estudadas.
- Escolha da alternativa representativa.

6.8.3.5 Detalhamento da Solução em Projeto Executivo

7. SISTEMAS SIMPLIFICADOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

7.1 GENERALIDADES

Os benefícios obtidos com o tratamento do esgoto doméstico se refletem, como foi verificado, principalmente no aspecto de saúde pública, meio ambiente, estético e social. Nas condições brasileiras, a adoção de sistemas simplificados de tratamento de esgoto é, não só desejável, como imprescindível. Em face do déficit de cobertura de serviços, o investimento para reverter a situação seria muito superior ao que vem sendo disponibilizado ao longo dos anos.

A busca por soluções que cubram o maior número possível de usuários passa pela otimização da relação benefício/custo. Por outro lado, o nível de eficiência para a remoção de poluentes, via de regra, se torna maior à medida que se investe mais. O equilíbrio entre essas duas demandas na busca de um sistema cada vez mais barato, sem deixar de prescindir de um nível mínimo de segurança sanitária passa a ser condição fundamental em um projeto sanitário de uma comunidade.

7.2 NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

A qualidade do efluente de um sistema de tratamento de águas residuárias é função do seu nível aplicado de tratamento, além do grau de contaminação que este possuía ao entrar na ETE. Conforme a exigência dos órgãos ambientais locais, que nunca podem exigir menos que a própria resolução CONAMA 20/86, são utilizados processos mais ou menos sofisticados de remoção de poluentes. Desta forma, os processos foram classificados de acordo com o seu grau de complexidade e nível de remoção em: (a) Tratamento Preliminar; (b) Tratamento Primário; (c) Tratamento Secundário e (d) Tratamento Terciário.

7.2.1 Tratamento Preliminar

Tem a finalidade de remover sólidos grosseiros que possam causar problemas de interrupção de fluxo na rede coletora e manutenção nos equipamentos da ETE, tais como entupimento e desgaste precoce de máquinas e equipamentos. Exemplos de sistemas de tratamento preliminar são as grades e desarenadores. (METCALF & EDDY, 1991; SPERLING, 1996; JORDÃO e PESSÔA, 1995)

7.2.2 Tratamento Primário

O tratamento primário desempenha a função de remover sólidos e matéria orgânica em suspensão. Esta remoção é realizada geralmente através de processos físicos de sedimentação, flotação e gradeamento. O efluente deste processo continua com altas taxas de DBO e matéria orgânica. Destacam-se as fossas sépticas, caixas de gordura, grades e tanques de decantação. O tratamento primário, por si só, não é suficiente para atingir os padrões de descarga de efluente doméstico em mananciais. Em situações bastante particulares de pequenas cargas de efluente, este nível de tratamento é aceitável como processo definitivo de tratamento de efluentes. Em situações normais, o tratamento primário precede o tratamento secundário como sistema combinado em uma ETE (METCALF & EDDY, 1991; SPERLING, 1996; JORDÃO e PESSÔA, 1995).

7.2.3 Tratamento Secundário

Visa principalmente remover orgânicos biodegradáveis e sólidos em suspensão. Pode se considerar, eventualmente, também a desinfecção como processo de tratamento convencional secundário. Em geral, o tratamento secundário é função dos níveis de remoção de contaminantes que se deseja obter. Utiliza-se de processos químicos, físicos e biológicos individualmente ou combinados. É este nível de tratamento que caracteriza a ETE como unidade operacional. Normalmente, os níveis de remoção de contaminantes são atendidos nesta fase, com exceção do nível de agentes patogênicos (METCALF & EDDY, 1991; SPERLING,

com exceção do nível de agentes patogênicos (METCALF & EDDY, 1991; SPERLING, 1996; JORDÃO e PESSÔA, 1995).

7.2.4 Tratamento Terciário

São utilizados como polimento do tratamento secundário ou ainda para remover poluentes específicos. Visam a remoção total de agentes patogênicos e traços de contaminantes complexos orgânicos. São utilizados ainda na remoção de metais pesados e componentes orgânicos não removidos na fase anterior. São processos especializados e normalmente dispendiosos, que só justificam o seu emprego quando o efluente necessitar de alto padrão de descontaminação. O uso de sistemas terciários para o tratamento de esgoto doméstico no Brasil é raro.

QUADRO 13: ELEMENTOS REMOVIDOS POR NÍVEL DE TRATAMENTO

NÍVEL	REMOÇÃO
PRELIMINAR	- Sólidos em suspensão
PRIMÁRIO	- Sólidos em suspensão sedimentáveis - DBO em suspensão (matéria orgânica em suspensão)
SECUNDÁRIO	- DBO em suspensão (matéria orgânica em suspensão não removida no tratamento primário) - DBO solúvel (matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos)
TERCIÁRIO	- Nutrientes - Patogênicos - Compostos não biodegradáveis - Metais pesados - Sólidos inorgânicos dissolvidos - Sólidos em suspensão remanescentes

Nota: a remoção dos nutrientes (por processos biológicos) e de patogênicos pode ser considerada como integrante do tratamento secundário, dependendo da concepção do tratamento local.

Fonte: SPERLING (1996)

QUADRO 14: CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

ITEM	NÍVEIS DE TRATAMENTO		
	PRELIMINAR	PRIMÁRIO	SECUNDÁRIO
Poluentes Removidos	- Sólidos Grosseiros	- Sólidos Sedimentáveis - DBO em Suspensão - Patogênicos (parcialmente)	- Sólidos não sedimentáveis - DBO em suspensão - DBO Solúvel - Nutrientes (parcialmente) - Patogênicos (parcialmente)
Eficiência de Remoção	-	- SS – 60 a 70% - SSed – 100% - DBO – 30 a 40% - Coliformes – 30 a 40%	- DBO – 60 a 99% - Coliformes – 60 a 99% - Nutrientes – 10 a 50%
Mecanismo de Tratamento Predominante Cumprir os padrões de lançamento	Físico	Físico	Biológico
	Não	Não	Usualmente sim
Aplicações	- Tratamento a montante de estações elevatórias - Etapa inicial de tratamento	- Tratamento parcial - Etapa intermediária de tratamento mais completo	Tratamento mais completo para matéria orgânica e sólidos em suspensão (para nutrientes e coliformes, com adaptações ou inclusão de etapas específicas)

Fonte: METCALF & EDDY.(1991)

7.3 PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

O Brasil, sobretudo a região Norte, é privilegiado em aspectos que favorecem o tratamento de esgoto doméstico, principalmente pelas sua média de temperatura ultrapassar 20°C durante todo o ano, abundância de luz solar e disponibilidade de área e corpos receptores com vazões razoáveis. Sistemas naturais de tratamento, tanto anaeróbios como aeróbios, são perfeitamente adequados às condições já mencionadas. Algumas tecnologias já vêm sendo largamente testadas e aprovadas em escala real, em diversas regiões brasileiras e podem ser utilizadas de maneira geral em sistemas modulares de tratamento.

7.3.1 Lagoas de Estabilização

As Lagoas de Estabilização são sistemas de tratamento biológicos em que a estabi-

lização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética de algas (JORDÃO & PESSOA, 1982), são caracterizadas pela eficiência, simplicidade e baixo custo (MATSUSHITA, citado por KELNER & PIRES, 1998). As lagoas de estabilização representam o habitat de uma grande variedade de seres vivos, cuja reprodução depende basicamente da oferta de alimento e das condições ambientais. A biota de uma lagoa de estabilização é composta de algas, bactérias, protozoários, fungos e animais superiores (ver Figura 10).

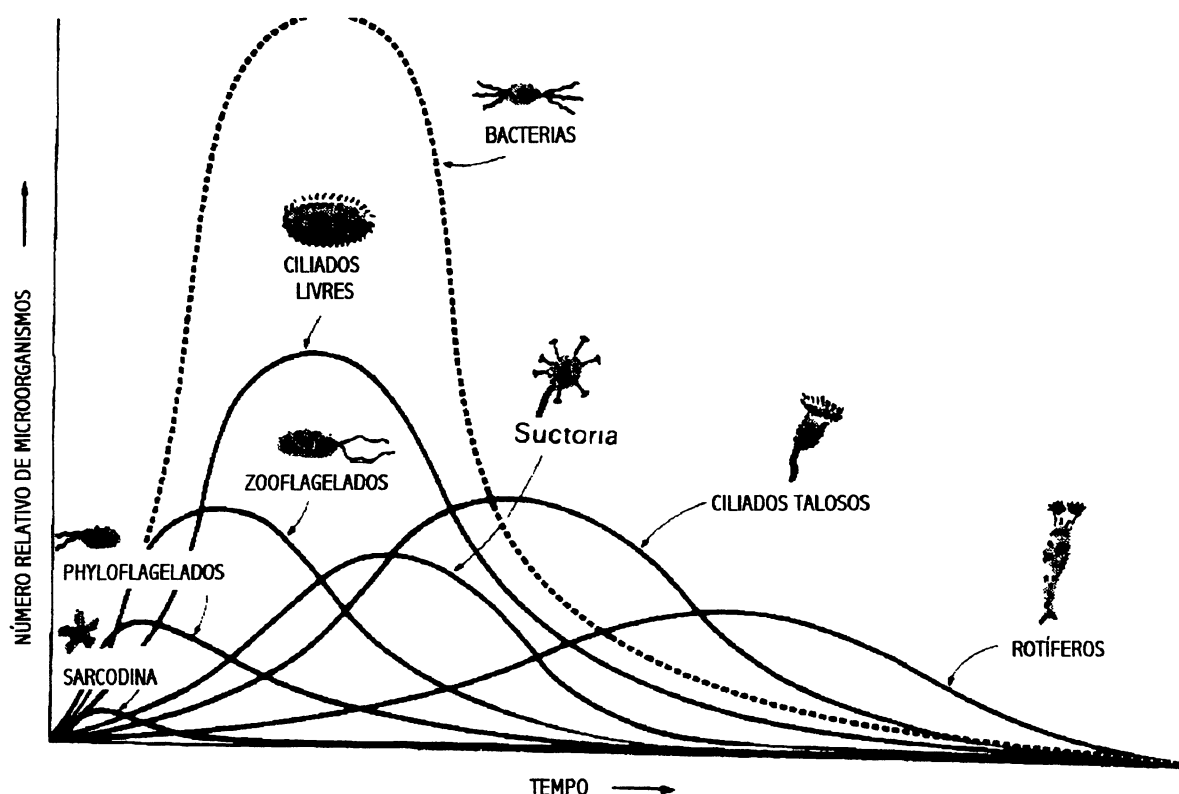


FIGURA 10: CRESCIMENTO/DECAIMENTO DE MICROORGANISMOS EM UM PROCESSO BIOLÓGICO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS
 FONTE : METCALF & EDDY (1991)

As lagoas de estabilização que se destinam ao tratamento planejado dos esgotos são quase sempre artificiais, projetadas para propiciar o máximo de eficiência e economia. No entanto, os processos envolvidos no mecanismo de depuração das águas residuárias são os mesmos das lagoas naturais. Assim como ocorre na Natureza, também nos sistemas controlados, ou tecnicamente projetados, são várias as maneiras de se utilizar a depuração biológica

para tratamento dos efluentes.

As lagoas de estabilização podem ser utilizadas para o tratamento de efluentes domésticos em várias situações. Sob o ponto de vista da utilização do esgoto bruto, são divididas como (a) sistema americano, onde o efluente, já clarificado, é lançado em lagoas rasas, onde prevalecem condições aeróbias; ou (b) australiano, onde o esgoto bruto adentra em uma lagoa sob condições anaeróbias e depois sofre degradação biológica em uma segunda lagoa, definida como facultativa. Os vários tipos de lagoas hoje conhecidos permitem grande flexibilidade nos projetos, quando além da variedade de opção ao tipo mais adequado, ainda permitem associação em série e/ou paralelo, entre si ou com outros tipos de tratamento, de acordo com a conveniência do projeto. ANDRADE NETO (1997) apresenta a seguinte opinião sobre esta modalidade de tratamento:

É, sem dúvida, o método de tratamento de esgotos de mais fácil aplicação, do projeto à operação. É muito eficiente e geralmente de mais baixo custo, é também o que se presta a utilização nas mais variadas situações, sendo capaz de resolver a maioria dos problemas com tratamento de esgotos. Tendo as condições ambientais favoráveis, a lagoa de estabilização é, reconhecidamente, a solução para tratamento de esgotos mais adequada para regiões em que o solo não alcança altos preços e onde existe escassez de pessoal técnico preparado. Além do baixo custo de construção e operação, da simplicidade e da eficiência do processo, este método apresenta, entre outras, a vantagem de ser muito eficiente no controle das doenças em relação a outros métodos de tratamento biológico.

7.3.1.1 Lagoas Anaeróbias

As lagoas anaeróbias possuem como principal mecanismo de estabilização da matéria orgânica a digestão anaeróbia, para isso, operam em condições de alta taxa orgânica, pouca penetração de luz solar e elevada turbidez. Tal condição é alcançada através do lançamento de uma grande carga de DBO por unidade de volume da lagoa, fazendo com que a taxa de consumo de oxigênio seja várias vezes superior à taxa de produção. As lagoas anaeróbias têm sido utilizadas para o tratamento de esgotos domésticos e despejos industriais predominantemente orgânicos, com altos teores de DBO, como frigoríficos, laticínios, bebidas etc. Em virtude do processo ser estritamente anaeróbio, a temperatura do meio influencia diretamente no processo de estabilização, o que faz com que locais de clima favorável (temperatura eleva-

da), como no Brasil, se tornem propícios a este tipo de lagoas.

Com o objetivo de restringir a penetração de luz e oxigênio, as lagoas anaeróbias são usualmente profundas, da ordem de 4 a 5 metros e tempo de detenção nunca inferior a 3 dias. A profundidade é importante, no sentido de reduzir a possibilidade da penetração do oxigênio produzido na superfície para as demais camadas. Pelo fato das lagoas serem mais profundas, a área requerida é correspondentemente menor. As lagoas anaeróbias não requerem qualquer equipamento especial e têm um consumo de energia praticamente desprezível. A sua eficiência de remoção de DBO é da ordem de 50% a 60%. A DBO efluente é ainda elevada, para os padrões de lançamento, implicando na necessidade de uma unidade posterior de tratamento. Geralmente se usa o sistema conjugado lagoa anaeróbia seguida de facultativa, denominado de sistema australiano. A remoção de DBO na lagoa anaeróbia proporciona uma substancial economia de área, fazendo com que o requisito de área total (lagoa anaeróbia + facultativa) seja em torno de $2/3$ do requisito de uma lagoa facultativa única. O atributo negativo que mais se destaca neste sistema é o aspecto estético, a geração de maus odores e a coloração escura da lagoa impedem a sua implantação nas proximidades de áreas residenciais.

7.3.1.2 Lagoas Facultativas

A lagoa facultativa é considerada a modalidade mais simples de sistema de lagoas de estabilização. O mecanismo de degradação biológica é idêntico ao que ocorre em lagoas naturais. A DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa, onde será convertido lentamente em gás carbônico, água, metano e outros. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, que se proliferam principalmente na região mais superficial da lagoa, através da fotossíntese. Como maior vantagem, destacam-se a simplicidade e a ausência total de mecanismos artificiais de tratamento. Em contrapartida, este tipo de lagoa (em condição unicelular), opera com taxas lentas de degradação, necessitando de maior tempo de detenção (não menos que 20 dias) e, por conseguinte, maior área de instalação (ver FIGURA 11).

7.3.1.3 Lagoa Aerada Facultativa

Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto, o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos, ao invés da fotossíntese. Como a lagoa é também facultativa, uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa sedimenta sendo decomposta anaerobiamente no fundo. Devido à introdução de mecanização, as lagoas

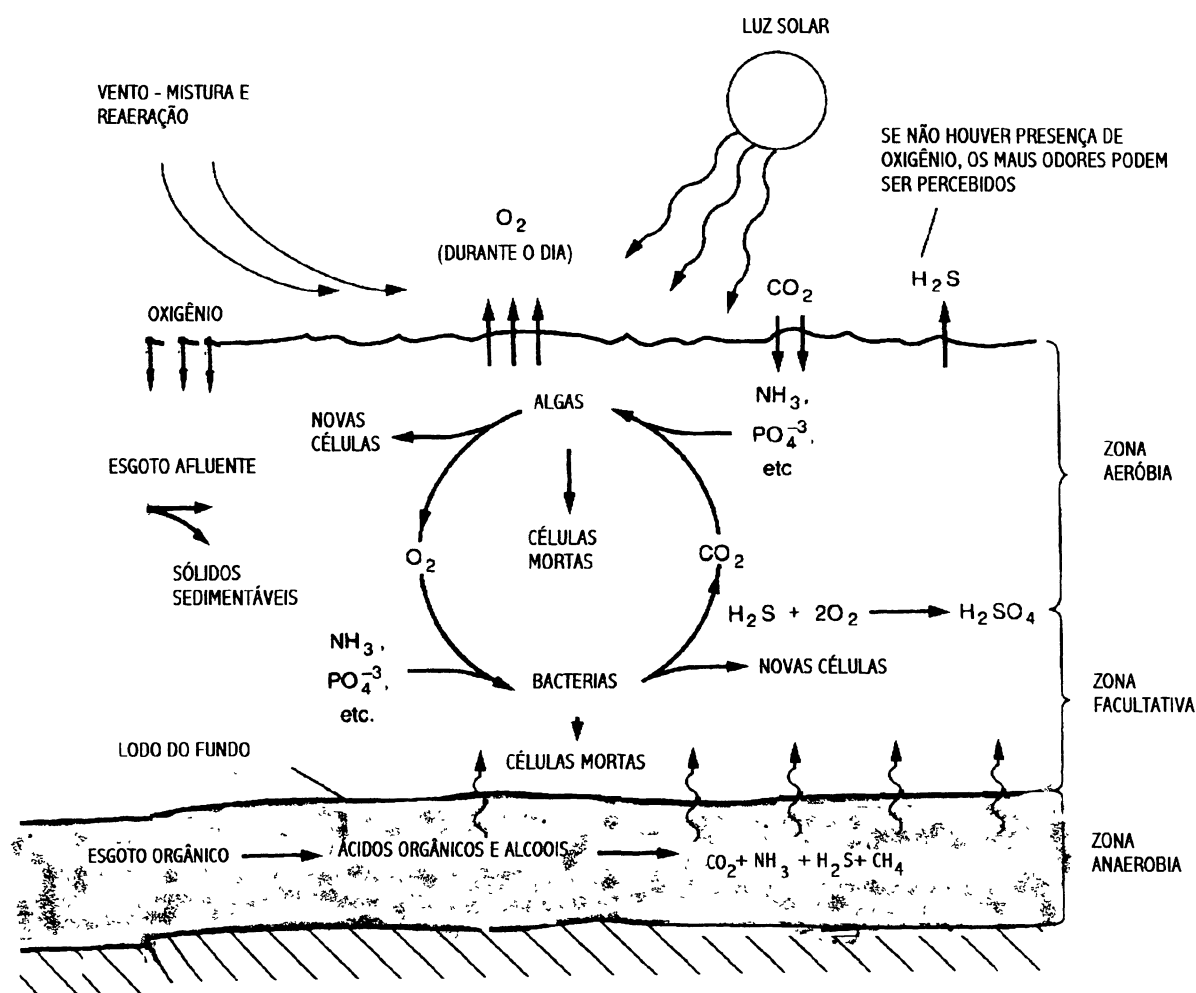


FIGURA 11 : REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSO BIOQUÍMICO DE UMA LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO

FONTE: METCALF & EDDY (1996)

aeradas são menos simples em termos de manutenção e operação, comparadas com as lagoas facultativas convencionais. A redução dos requisitos de área é conseguida, portanto, com uma certa elevação no nível de operação, além da introdução do consumo de energia elétrica. Este sistema constitui-se de uma alternativa para a ampliação da capacidade de lagoas facultativas convencionais sobrecarregadas e sem área para expansão. Basta que, para isso, sejam instala-

dos aeradores em quantidade adequada para o fornecimento mecânico de oxigênio.

7.3.1.4 Lagoa Aerada de Mistura Completa

As lagoas aeradas de mistura completa são essencialmente aeróbias. Os aeradores servem, não só para garantir a oxigenação do meio, mas também para manter os sólidos em suspensão (biomassa) dispersos no meio líquido. O tempo de detenção típico em uma lagoa aerada de mistura completa é da ordem de 2 a 4 dias. A maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, o efluente contém elevados teores de sólidos (bactérias), que necessitam ser removidos antes do lançamento no corpo receptor. Um decantador secundário ou uma lagoa de decantação a jusante proporciona condições para esta remoção, além de permitir recirculação de lodo, transformando o sistema em um equivalente a lodos ativados. A geração de lodo de uma lagoa deste tipo é bem superior às lagoas anaeróbias e facultativas, sendo necessária a remoção em períodos de 1 a 5 anos .

7.3.1.5 Lagoa de Maturação

Caracteriza-se por receber um afluente já tratado, cuja DBO já está praticamente estabilizada. O objetivo principal da lagoa de maturação é a remoção de patogênicos. Nela predominam condições ambientais adversas para os patogênicos, como elevado índice de radiação ultra-violeta, elevado pH, elevado OD, temperatura mais baixa que a do corpo humano, falta de nutrientes e predação por outros organismos.

A eficiência de remoção dos patogênicos de uma lagoa de maturação atinge níveis elevadíssimos ($E > 99,99\%$), com um custo inferior aos demais processos de desinfecção conhecidos. A remoção de ovos de helmintos, cistos e outros organismos patogênicos são eliminados totalmente por processos físicos de sedimentação e adsorção em flocos de lodo. (SPERLING, 1996; KELNER e PIRES, 1998).

Conforme ANDRADE NETO (1997), as lagoas de maturação também removem nutrientes solúveis, devido a alta atividade de síntese algológica, elevado nível de PH, que

favorece a volatilização da amônia e a precipitação do fosfato.

O QUADRO 15 enumera os parâmetros de projeto, eficiência e requisitos das lagoas, enquanto a FIGURA 12 apresenta o esquema geral dos diversos processos de lagoas de estabilização mais utilizados para o tratamento de efluente doméstico no Brasil.

QUADRO 15: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO – PARÂMETROS DE PROJETO

PARÂMETROS DE PROJETO	LAGOAS				
	ANAERÓBIA	FACULTATIVA	AERADA FACULTATIVA	AERADA MIST. COMPLETA	MATURAÇÃO
Tempo de detenção (d)	3 - 6	15 - 45	5 - 10	2 - 4	VARIÁVEL
Taxa de aplicação Superficial Kg DBO/m³/dia	-	100 - 300	-	-	-
Taxa de aplicação Volumétrica Kg DBO/m³/dia	0,1 - 0,3	-	-	-	-
Profundidade (m)	4,0 - 5,0	1,5 - 3,0	2,5 - 4,5	2,5 - 4,5	0,8 - 1,5
Relação Usual L/B (comprimento/largura)	1	2 - 4	2 - 4	1 - 2	VARIÁVEL
Coefficiente de Remoção de DBO a 20° C (d ⁻¹)	-	0,3 - 0,35	0,6 - 0,8	1,0 - 1,5	-
DBO Particulada Efluente (mg DBO/mg SS)	-	0,3 - 0,4	0,3 - 0,4	0,3 - 0,6	-
Requisitos médios de O ₂ (Kg O ₂ /Kg DBO removido)	-	-	0,8 - 1,2	1,1 - 1,4	-
Densidade de Potência (W/m³)	-	-	< 2,0	≥ 3,0	-
Taxa de acúmulo de Lodo (m³/hab.ano)	0,01 - 0,04	0,03 - 0,08	0,03 - 0,08	-	-

FONTE: SPERLING (1996)

QUADRO 16: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO – EFICIÊNCIAS E REQUISITOS

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO	LAGOAS			
	ANAERÓBIA - FACULTATIVA	FACULTATIVA	AERADA FACULTATIVA	AERADA MIST. COMPLETA - DECANTAÇÃO
DBO (%)	70 - 90	70 - 85	70 - 90	70 - 90
Nitrogênio (%)	30 - 50	30 - 50	30 - 50	30 - 50
Fósforo (%)	20 - 60	20 - 60	20 - 60	20 - 60
Coliformes (%)	60 - 99	60 - 99	60 - 99,99	90 - 96
REQUISITOS/ CUSTOS	LAGOAS			
	ANAERÓBIA - FACULTATIVA	FACULTATIVA	AERADA FACULTATIVA	AERADA MIST. COMPLETA - DECANTAÇÃO
Área (m²/hab)	2,0 A 5,0	1,5 - 3,5	0,3 - 0,6	0,2 - 0,5
Potência (W/hab)	0	0	1,0 - 1,7	1,0 - 1,7
Custos de Implantação (US\$/hab)	10 - 30	10 - 25	10 - 25	10 - 25

FONTE: SPERLING (1996)

SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

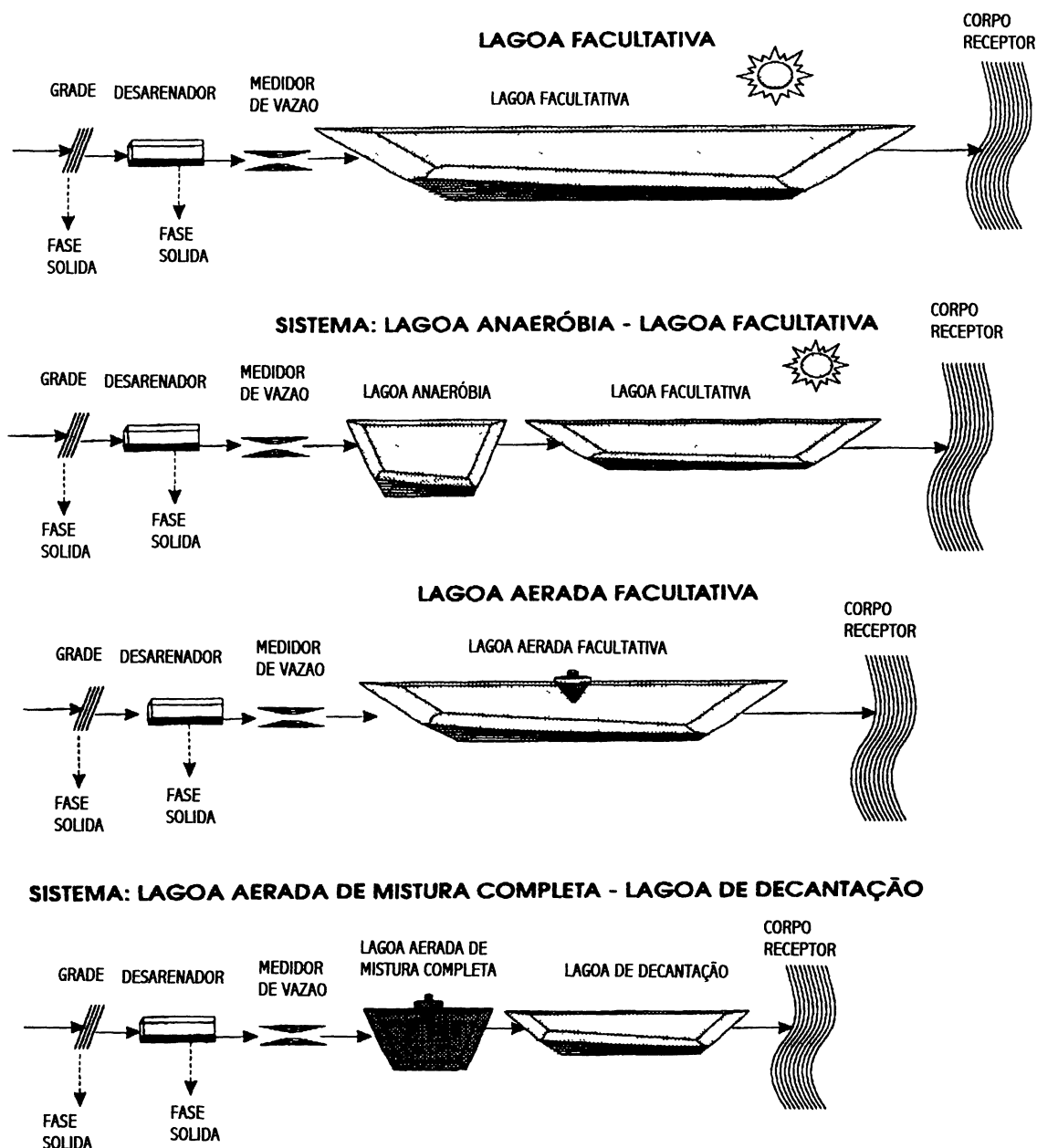


FIGURA 12: FLUXOGRAMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO
 FONTE : SPERLING (1996)

7.3.2 Sistemas Anaeróbios

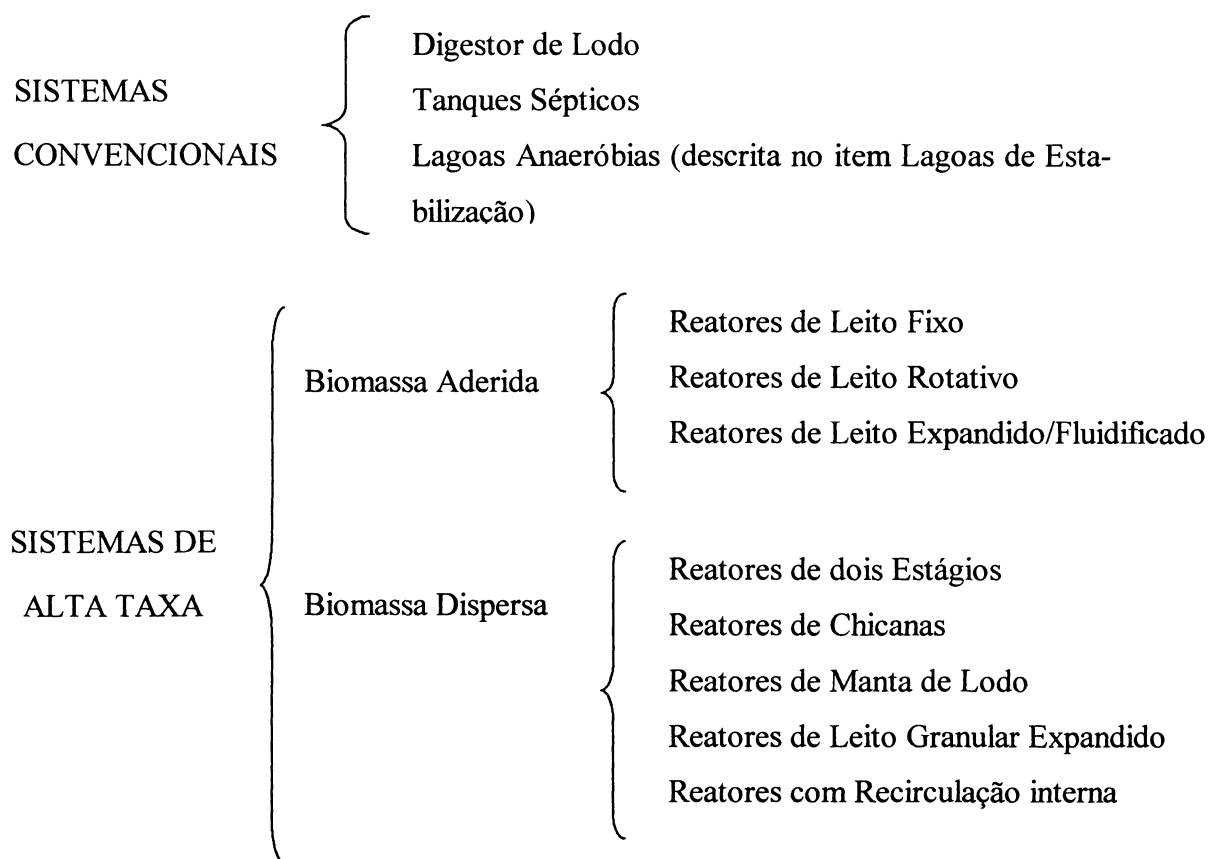
Os sistemas anaeróbios apresentam-se como uma excelente alternativa de tratamento de esgotos domésticos por se tratar de processos quase sempre naturais, que não necessitam de aporte de energia e geram menos resíduos. Para as condições brasileiras, principalmente de clima, ajustam-se perfeitamente os sistemas anaeróbios clássicos, além de sistemas conjugados anaeróbios-aeróbios. Diversos sistemas vem sendo desenvolvidos, aprimorados e aplicados em todas as regiões brasileiras com destacado sucesso.

CHERNICHARO et al. (2000) ressaltam alguns aspectos positivos que colocam os sistemas anaeróbios como opções bastante favoráveis na implantação de sistemas urbanos em pequena escala, tais como: (a) Baixa produção de sólidos, cerca de 5 a 10 vezes inferior a que ocorre em processos aeróbios; (b) Baixo consumo de energia, usualmente associado a uma elevatória de chegada, fazendo com que o custo operacional do sistema seja baixo; (c) Existência de flexibilidade em relações a expansões futuras e ao aumento de eficiência; (d) Simplicidade operacional, fluxograma simplificado de tratamento (poucas unidades integrando uma estação); (e) Baixa demanda de área; (f) Baixo custo de implantação, na ordem de R\$ 20,00 a R\$ 40,00 per capita (ano de referência – 2001); (g) Produção de metano, podendo ser utilizado como fonte de energia.

Em contrapartida, os mesmos autores ressaltam que é necessário observar restrições inerentes aos processos anaeróbios, que deverão ser levadas em consideração ao se projetar sistemas deste tipo, tais como: (a) As bactérias anaeróbias são suscetíveis a inibição por um grande número de compostos; (b) As bactérias anaeróbias são suscetíveis a inibição por um grande número de compostos; (c) Alguma forma de pós-tratamento é usualmente necessária; (d) A bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia é complexa e carece de maiores estudos; (e) Existe possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis; (f) Possibilidade de geração de efluente com certo aspecto desagradável; (g) Remoção de Nitrogênio, Fósforo e Patogênicos insatisfatória para os padrões brasileiros de emissão.

Os sistemas anaeróbios são classificados em dois grandes grupos, como pode ser visto a seguir. As lagoas anaeróbias, por se enquadrarem melhor na descrição de lagoas de estabiliza-

ção, já foram descritas no item anterior.



Fonte: CHERNICHARO (1997)

7.3.2.1 Reatores Anaeróbios Convencionais

Nos reatores convencionais, também chamados de lodo passivo em relação à fase líquida, ocorre a separação da fase sólida e a fase líquida através da decantação. O digestor de baixa carga não dispõe de dispositivos de mistura, sendo usualmente constituído de um único tanque, onde ocorrem simultaneamente a digestão, o adensamento do lodo e a formação de sobrenadante. Caracterizam-se por apresentarem os seguintes aspectos comuns: ausência de mecanismos de retenção de sólidos no sistema, elevado tempo de detenção hidráulica e baixas cargas volumétricas.

Geralmente o fluxo é horizontal, ocorrendo na fase líquida, e o processo mais importante dessa fase é a decantação. As fossas (tanques) séptica(o)s, os digestores convencionais de

lodo e as lagoas de estabilização anaeróbias são os principais representantes desta categoria.

7.3.2.2 Tanque Séptico (ou Fossa Séptica)

O tanque séptico foi inventado, ou descoberto, em 1872, na França. Segundo consta, Jean Louis Mouras construiu um tanque de retenção de sólidos, do esgoto proveniente de sua cozinha, com a finalidade de impedir a colmatção do poço absorvente de efluentes de sua propriedade. Após 12 anos de operação, verificou que o volume retido no referido tanque era muito menor do que o esperado. Intuiu MOURAS que a redução observada no volume da matéria sedimentável do esgoto fosse devida à atividade bacteriana que produzia a liquefação e gaseificação dos sólidos orgânicos, em ambiente anaeróbio, através do processo denominado fermentação. Com a colaboração do Abade MOIGNE, MOURAS realizou outras experiências, até patentear invento em 1881 como Eliminador Automático de Excrementos que consistia de um tanque hermético no qual as águas residuárias entravam e saíam através de tubulações, submersas na massa líquida, ambas na parte superior. Mais tarde, em 1903 o inglês W.O TRAVIS idealizou o que para ele era chamado de tanque hidrolítico, constituído de um tanque séptico com subdivisão interna, com duas câmaras, onde 1/7 a 1/5 da vazão afluente seria introduzida na câmara inferior, onde se processaria a digestão. Em 1905, Karl Imhoff, baseando-se na invenção de TRAVIS, idealizou o TANQUE IMHOFF. (ANDRADE NETO, 1997)

O tanque séptico é uma unidade, pré-moldada ou moldada in loco, que desempenha as funções múltiplas de sedimentação e de remoção de materiais flutuantes, além de comportar-se como digestor de baixa carga, sem mistura e sem aquecimento. Os tanques sépticos foram concebidos por volta do ano de 1860, a partir dos trabalhos pioneiros de Mouras, na França. São ainda amplamente utilizados em todo o mundo, constituindo-se em uma das principais alternativas para o tratamento primário de esgotos de residências e pequenas áreas não servidas por redes coletoras. (CHERNICHARO, 1997).

No Brasil, o projeto, a construção e a operação de tanques sépticos são objeto de normatização específica da ABNT (NBR 7229/93), que preconiza sua utilização nas seguintes

situações: (a) Para áreas desprovidas de rede pública coletora de esgotos; (b) Como alternativa de tratamento de efluentes domésticos em áreas providas de rede coletora local; (c) Para a retenção prévia dos sólidos sedimentáveis, quando da utilização de rede coletora com diâmetro e/ou declividade reduzidos para transporte de efluente livres de sólidos sedimentáveis.

O uso de fossas sépticas, para solução individual ou de pequenos aglomerados populacionais, era antigamente associado a uma posterior infiltração no terreno, através de sumidouros ou ainda, raramente, através de valas de infiltração. A partir da década de 80, o uso de filtros anaeróbios como tratamento complementar as fossas sépticas se tornou bastante popular, com a promulgação, em 1982, da NBR 7229 - Construção e Instalação de Fossas Sépticas e Disposição dos Efluentes Finais, da ABNT.

Ainda hoje (já com a nova NBR-7229/1993 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e a mais recente NBR 13969/1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação), os sistemas depuradores de esgotos sanitários com fossa séptica e filtro anaeróbio continuam sendo intensivamente utilizados para novos loteamentos com populações inferiores a 1.000 habitantes.

O seu efluente contém ainda elevadas concentrações de organismos patogênicos, sólidos, carga orgânica solúvel e nutrientes inorgânicos, e produzem mau odor (AZEVEDO NETO, 1997). Dependendo do destino ou da capacidade de recepção do corpo receptor, pode ser necessário um pós-tratamento. A NBR-7229/82 (revisão da NB-41) propõe como solução alternativa para tratamento complementar do efluente de tanque séptico, a utilização de filtros biológicos anaeróbios de fluxo ascendente, com leito fixo de pedras.

7.3.2.3 Filtros Anaeróbios

ANDRADE NETO, PEREIRA E MELO (2000) explicam que o filtro anaeróbio é um reator de lodo ativo sobre a fase líquida, mas com biomassa aderida a um suporte fixo, o que lhe confere maior estabilidade na atividade microbiológica. Promove eficiência complementar pela ação ativa do lodo sobre a parcela solúvel dos esgotos. O fluxo hidráulico

dos efluentes ocorre nos interstícios do material suporte, podendo ser ascendente, descendente ou horizontal. Os estudos mais recentes têm se concentrado nos de filtros anaeróbios de fluxo ascendente.

De acordo com CHERNICHARO (2000), os primeiros trabalhos acerca dos filtros anaeróbios aconteceram no final da década de sessenta e, desde então, têm tido uma aplicação crescente, representando hoje uma tecnologia avançada para o tratamento efetivo dos esgotos domésticos e de uma diversidade de efluentes industriais.

ANDRADE NETO, PEREIRA e MELO (2000) ressaltam que tal sistema anaeróbio se aplica a águas residuárias tanto de alta como de baixa carga orgânica, contudo, nas aplicações em alta concentração orgânica há maiores riscos quanto a colmatação do leito filtrante e o colapso do sistema. Nos casos onde o esgoto sofre prévia decantação, tal alternativa se destaca pela sua eficiência. Diante disso, logo foi cogitado e pesquisado o emprego combinado de tanque séptico, ou decanto-digestor, com os filtros anaeróbios. O decanto-digestor responde bem a variações de carga de esgoto, funcionando ainda, primordialmente, como uma unidade de decantação, enquanto o filtro anaeróbio desempenha muito bem a digestão de efluentes diluídos.

No Brasil, os filtros anaeróbios têm sido utilizados principalmente para o tratamento complementar de efluentes de tanques sépticos, ou decanto-digestores, de acordo com as disposições contidas na Norma Brasileira (ABNT, 1982) intitulada: *Construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais*. A referida norma foi revisada no tocante ao projeto, à construção e à operação dos sistemas de tanques sépticos, tendo sido substituída, em novembro de 93, pela NBR 7229/1993.

O conjunto decanto-digestor seguido de filtros anaeróbios torna-se um sistema que pode ser muito vantajoso para tratamento de esgotos sanitários, pois associa, em série, um reator resistente às variações do afluente com um reator eficiente também sobre a parcela dissolvida dos esgotos. Embora tenha sido mais aplicado para pequenas vazões, presta-se, também, para tratar vazões médias e grandes, principalmente quando construído em módulos (ver FIGURA 13).

Afirmam ANDRADE NETO, PEREIRA e MELO (2000), ainda que, como características favoráveis pode-se ressaltar os seguintes aspectos do conjunto tanque séptico e filtro anaeróbio : (a) requer operação esporádica; (b) não necessita de operador especializado; (c) não necessita de tempo de partida, sendo esta imediata; (d) responde bem e absorve choques de sobrecarga de esgotos, além de, como já foi dito, comportar-se bem com baixa carga em período considerável; (e) não tem perda de eficiência a longo prazo. CARVALHO E POVINELLI, citados por ANDRADE NETO (2000), ressaltam que, dentre os reatores anaeróbios, os filtros ascendentes são os de maior segurança operacional, os de mais fácil operação e monitoramento.

Os filtros anaeróbios tem sido projetados com seção circular ou retangular, com os tanques variando em diâmetro (ou largura) de 6 a 26 metros e altura de 3 até cerca de 13 metros. Os volumes dos reatores têm variado de 100 a 10.000 m³. Os meios suporte têm sido projetados ocupando desde a profundidade total do reator até cerca de 50 a 70% da altura dos tanques. É recomendado, a título de facilidade construtiva, que o filtro não tenha grande profundidade a fim de evitar riscos na escavação, interceptação do lençol freático ou horizontes de rocha.

A NBR 7229/82 recomendou um único modelo de filtro biológico, de fluxo ascendente, para o tratamento de esgoto doméstico. O sistema teria um fundo falso perfurado, altura do leito filtrante igual a 1,20 metros e profundidade do filtro igual a 1,80 metros, para qualquer volume. As camadas do filtro teriam respectivamente 0,30 m de fundo falso; 0,1 m de laje perfurada; 1,2 m de leito filtrante e 0,3 m de nível d'água superior.

ANDRADE NETO, citando KAMIYAMA (1993) esclarece que a configuração apresentada na NBR 7229/82 poderia ser melhorada, diminuindo-se a espessura da camada filtrante e aumentando-se a câmara inferior, visto que, segundo o autor: (a) a remoção de carga orgânica ocorre principalmente na parte inferior do filtro anaeróbio, até cerca de 60 cm do fundo; (b) a eficiência de remoção não melhora com o aumento de altura do leito filtrante acima de cerca de 1,20 m; (c) os sólidos biológicos gerados, responsáveis pela remoção de carga orgânica estão mais em forma de sólidos em suspensão entre os espaços vazios de mate-

rial filtrante do que em forma de biofilme sobre as superfícies do meio filtrante e estão concentrados em alturas até 60 cm do fundo.

Outros trabalhos desenvolvidos por DALTRO FILHO e POVINELLI (15º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1989, p. 226-240 e 241-254) mostraram, também, que na câmara de entrada do filtro anaeróbio é onde ocorre a maior remoção de matéria orgânica e que o material de enchimento do filtro retém boa parte dos sólidos em suspensão, melhorando a qualidade do efluente final.

Em decorrência da experiência obtida, as instalações mais recentes de filtros anaeróbios de fluxo ascendente têm sido dimensionadas observando-se as características acima descritas. A configuração híbrida, normatizada na NBR 13969/95, nas quais existe uma parte inferior, sem enchimento, com espessura que varia de 50 a 80 cm, onde os esgotos entram em contato com o lodo ativo e uma parte superior, com material filtrante, geralmente de pedras, com espessura variável de 60 a 80 cm. Desta forma, aproveitaram-se as vantagens dos FILTROS BIOLÓGICOS ANAERÓBIOS DE FLUXO ASCENDENTE DO LEITO FIXO DE PEDRAS - FAN e dos REATORES ANAERÓBIOS DE FLUXO ASCENDENTE ATRAVÉS DO LEITO DE LODO - RAFAALL. A câmara inferior funciona explorando os fenômenos do RAFAALL e a câmara superior é um filtro anaeróbio, ambas com fluxo ascendente.

Em comparação com o a NBR 7229/82, o reator híbrido da 13969/95 permite a redução do material filtrante, mantendo, ou melhorando, a capacidade de carga orgânica e reduzindo sensivelmente os custos. De acordo com ANDRADE NETO, comparado ao RAFAALL, o reator híbrido tem maior estabilidade operacional e capacidade de retenção de sólidos, principalmente pelo fato da ação de sua camada filtrante.

A eficiência do filtro anaeróbio foi estudada por YOUNG (1991), que reuniu dados operacionais de diversos filtros anaeróbios e correlacionou-os estatisticamente, objetivando a determinação dos parâmetros que influenciavam a performance do sistema. Dentre os parâmetros analisados nos itens de regressão linear de variáveis múltiplas foram incluídos: (a) tempo de detenção hidráulica; (b) concentração do esgoto; (c) área superficial do meio suporte; (d) declividade das placas corrugadas do meio suporte; (e) carga orgânica.

Os estudos estatísticos indicaram que o tempo de detenção hidráulica foi o parâmetro que mais influenciou a eficiência de remoção de DQO do sistema, influenciado fortemente pela temperatura. Os outros parâmetros não contribuíram significativamente para um aumento de performance do reator.

O QUADRO 17 apresenta os níveis de eficiências preconizados nas normas, considerando o tempo de detenção hidráulica (TDH) variando, em função do volume, de 12 a 24 horas no filtro. Na mesma tabela, entretanto, são apresentados níveis de eficiência, obtidos em escala real por diversos pesquisadores, utilizando tempos de detenções bem inferiores aos recomendados nas normas, na ordem de 50%.

**QUADRO 17: EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DE POLUENTES DE SISTEMAS FOS-
SA SÉPTICA – FILTRO ANAERÓBIO**

FONTE	EFICIÊNCIA REMOÇÃO DE POLUENTES (%)		
	DBO	DQO	SS
NBR 13969/95 ¹	40 – 70	40 – 75	70
NBR 7229/82 ¹	75 – 95	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO
RUI DE OLIVEIRA ¹	85	NÃO INFORMADO	92
VIEIRA & ALÉM SOBRINHO ¹	78 – 89	76 – 84	78 – 90
CAGECE ¹	67,2	NÃO INFORMADO	90,2
PINTO ²	68 – 79	68 – 79	NÃO INFORMADO

Fonte: ¹ Citado por ANDRADE NETO (2000) ; ² Citado por CHERNICHARO (2000)

Como se pode observar, a NBR prevê resultados bem inferiores aos observados em escala real, levando ao superdimensionamento das instalações. VIEIRA & ALÉM SOBRINHO (1983) e SAID & ALÉM SOBRINHO (1991) apresentaram eficiências de reatores, citados na tabela acima, com tempo de detenção hidráulica variando de 6 a 12 horas. PINTO (1995) obteve seus resultados com TDH variando de 6 a 8 horas. O que se deve ressaltar é a estrita observância do tempo de limpeza do lodo, variando de 3 meses e nunca ultrapassando

os seis meses.

Um segundo aspecto, de fundamental importância e que favorece sobremaneira o uso de reatores deste tipo no Brasil, é o ganho de produtividade com o aumento da temperatura.

De acordo com CHERNICHARO (2000), os filtros anaeróbios podem ser operados satisfatoriamente em temperaturas na faixa de 25 a 38°C. Normalmente, a degradação de esgotos complexos, que têm a hidrólise como a primeira etapa do processo de fermentação, requer temperaturas acima de 25°C. De outra forma, a hidrólise pode se tornar a etapa limitante do processo.

A eficiência do tratamento relaciona-se com a temperatura através da seguinte expressão:

$$E_t = 1 - (1 - E_{30})^{\theta(T-30)} \quad (6)$$

onde:

E_t = Eficiência do processo na temperatura ambiente (%)

E_{30} = Eficiência do processo na temperatura de 30 °C (%)

T = temperatura do líquido (°C)

θ = coeficiente de temperatura (de 1,02 a 1,04)

Observações conduzidas em reatores operando em escala plena e em escala de laboratório indicam que as mudanças de temperatura com curta duração são capazes de provocar maiores mudanças na eficiência de remoção de DQO, do que se os reatores fossem operados em duas temperaturas diferentes mas constantes.

Normalmente, os filtros anaeróbios são sidos projetados para comportar cargas orgânicas de até 16 kg DQO/m³.d (considerando o volume total). Entretanto, as cargas operacionais geralmente não ultrapassam a 12 kg DQO/m³ d, exceto quando os esgotos apresentam concentrações superiores a 12.000 mg DQO/L. Isso implica na existência de uma concentração acima da qual os filtros passam a ser dimensionados pelo critério de carga orgânica. Abaixo dessa concentração, o dimensionamento é feito pela carga hidráulica. Dessa forma, o

projeto de filtros anaeróbios para o tratamento de esgotos domésticos é sempre ditado pelo parâmetro tempo de detenção hidráulica.

CHERNICHARO, MARTINS, SOUZA e SPERLING (2000) pesquisaram o comportamento de filtros anaeróbios usado como polimento de reatores UASB em regime transitente. Chegaram a conclusão que este tipo de reator não sofre interferências significativas em tal regime, conclusão corroborada por ANDRADE NETO (2000) em suas experiências em escala plena.

7.3.2.4 Reatores Anaeróbios de Alta Taxa

De acordo com CHERNICHARO (1997), Os sistemas de alta taxa caracterizam-se pela inclusão de mecanismos de retenção de biomassa, que promovem um maior tempo de retenção celular e, por conseguinte, permitem um menor tempo de detenção hidráulica. O resultado disso é uma maior taxa de aplicação.

A biomassa age constantemente na fase líquida, pois permanece sempre em contato. Essa interface se dá através de flocos ou grânulos, dispersos na fase líquida, ou em biomassa aderida em algum meio suporte, por onde o líquido é obrigado a passar. Nesta categoria, destacam-se duas grandes vertentes de sistemas: o de biomassa aderida e o de biomassa não aderida.

Nos sistemas de biomassa aderida, os reatores possuem um enchimento de material inerte (pedra, seixo, escória de alto-forno, argila expandida, areia, material plástico e até bambu), onde se formará um biofilme de lodo, que será o responsável pela atividade anaeróbia. Convém destacar que este material inerte pode ser fixo ou móvel.

Na classificação de reatores de leito fixo, destacam-se os filtros anaeróbios de fluxo ascendente ou descendente. Em todo caso, o sistema funciona, basicamente, em fazer passar o esgoto afluyente no interstício do material de suporte. A biomassa aderida se encarregará de promover a digestão anaeróbia, enquanto que a perda de carga existente causará o efeito de filtração do esgoto (ainda que em pequena escala).

Os sistemas de leito móvel, o material inerte é movimentado através da fase líquida. Pa-

ra isso, o conjunto suporte-biomassa aderida deve sofrer algum tipo de movimento, que pode ser um impulso ascensional necessário, ou ainda girar através de um disco. Destacam-se nesta categoria os reatores de leito expandido, onde o material inerte é areia fina que, através de algum tipo de fluxo ascendente (injeção de ar ou líquido, recirculação), mantém-se disperso em camadas de concentrações variadas. Já nos sistemas de disco rotatório, existem os sistemas de biodisco.

Os sistemas onde a biomassa não está aderida a um meio suporte formam-se fases, ou mantas de lodo fluidizado, que se mantêm dispersos pela ação dos gases formados na própria atividade anaeróbia. Há uma grande variação de sistemas que operam desta forma, no entanto a maioria deles derivou da mesma origem, os reatores UASB (*UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET REACTORS*), desenvolvidos inicialmente na Holanda, na década de setenta, pela equipe do Prof^o GATZE LETTINGA. PATZA et al., citados por AISSE (2000), descrevem o reator UASB como um digestor tubular, de fluxo ascendente, com separação física e recirculação de lodo dentro da própria unidade (FIGURA 13).

A SANEPAR desenvolveu uma variação dos reatores UASB ao qual denominou de RALF - Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado. O seu funcionamento é descrito da seguinte forma:

Após o esgoto estar gradeado e desarenado, é conduzido até uma câmara no centro superior do reator; onde é dividido em partes iguais para alimentar tubos difusores, que conduzem o esgoto até o fundo do mesmo. Na parte inferior do reator, o esgoto em fluxo ascendente é misturado com o lodo contido em um manto previamente formado ou inoculado, rico em bactérias anaeróbias. A matéria orgânica contida no esgoto fica retida neste manto de lodo e é degradada e estabilizada por meio da atividade metabólica das bactérias. As bactérias contidas no manto de lodo transformam a matéria orgânica suspensa em produtos estáveis, como água, biogás e outros elementos inertes. Na parte superior do reator existe uma parede defletora, que serve de interface da zona de digestão e de decantação. Os gases formados se concentram na parte superior interna do reator de onde, através de um tubo, podem ser descartados ou reaproveitados para fins energéticos. A parte sólida arrastada pelos gases retorna ao manto de lodo após o desprendimento das bolhas geradas. O líquido segue para o decantador periférico e é vertido para uma canaleta que coleta todo o efluente tratado e o conduz para o emissário. Este emissário pode conduzir o efluente para um corpo receptor ou para um pós-tratamento. O lodo excedente gerado no reator deve ser removido periodicamente para leitos de secagem e aterros sanitários. (SANEPAR, 2001)

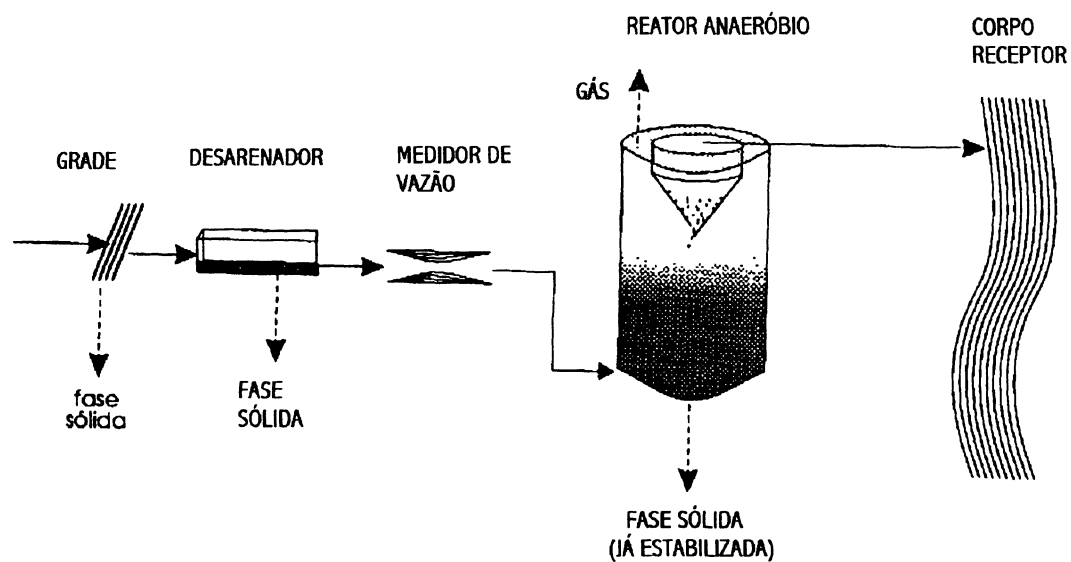
No Brasil, experiências com Tanques Sépticos, Filtros Anaeróbios e reatores UASB são

mais freqüentes, por causa da simplicidade de implantação e operação, custo relativamente baixo e grande aceitabilidade. A SANEPAR desenvolveu diversos projetos de módulos de RALF, que variam em formato e tamanho, podendo atender populações de 1000 a 45000 habitantes. Com uma eficiência de remoção em torno de 75% de DBO e 80% de DQO.

Por ser um processo anaeróbio de tempo de detenção baixo, os reatores UASB e RALF não atendem adequadamente as exigências de remoção de patogênicos, além de não remover também nutrientes. Para isso, estão sendo desenvolvidos sistemas combinados UASB – Sistemas Aeróbios, com o objetivo de solucionar esta deficiência.

SISTEMAS ANAERÓBIOS

REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO



SISTEMA FOSSA SÉPTICA - FILTRO ANAERÓBIO

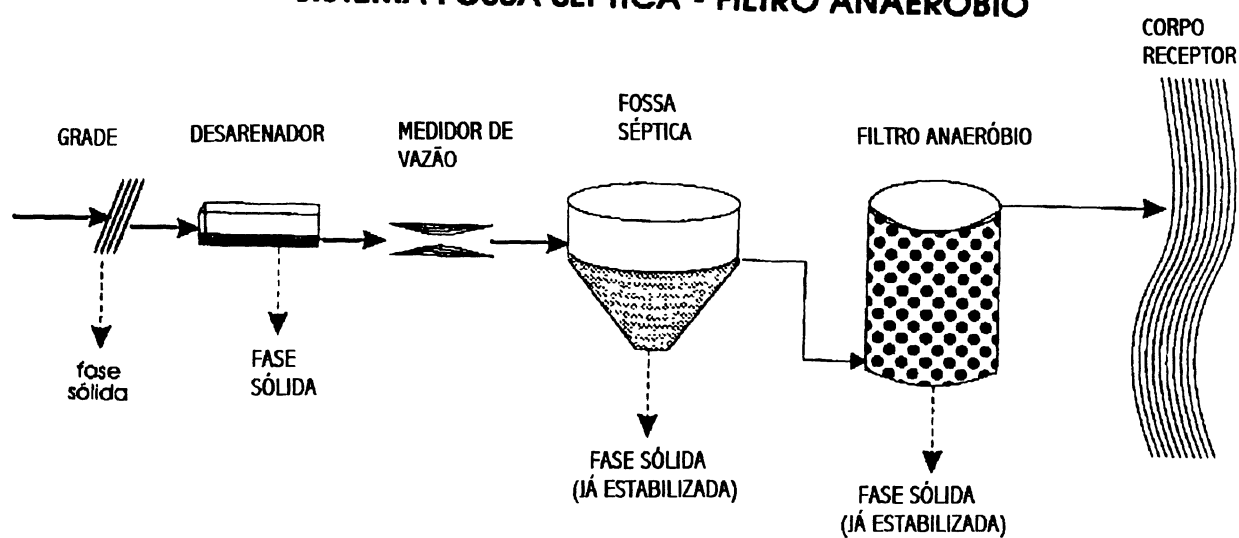


FIGURA 13: FLUXOGRAMAS DE SISTEMAS ANAERÓBIOS
 FONTE : SPERLING (1996)

7.3.3 Sistemas de Disposição no Solo

Conforme afirma ANDRADE NETO e colaboradores (2001), a disposição de esgotos no solo é uma prática bastante antiga, sendo uma forma bem sucedida de tratamento e disposição final dos efluentes resultantes das atividades humanas. A disposição de esgotos no solo é uma das melhores formas de reuso da água, pois além de promover a recarga no aquífero, enriquece o solo com nutrientes presentes no esgoto doméstico.

Acrescenta o mesmo autor que é um método extremamente simples, de baixíssimo custo (caso se disponha de área para a sua implantação), de fácil assimilação pelos diversos tipos de solo brasileiros, não requer mão de obra especializada e não requer métodos sofisticados de manutenção. Um acompanhamento periódico por um técnico ou agrônomo é recomendado, mas com uma frequência bem pequena. Requer ainda, um manejo das áreas utilizadas, a fim de não saturar o solo com grande concentração de nutrientes ou colmatar as camadas inferiores.

O processo de depuração é essencialmente natural ocorre, principalmente, devido a sua infiltração e percolação através do solo ou por seu escoamento sobre a superfície coberta por vegetação. Esta, junto com os microorganismos presentes, funciona como um sistema vivo de filtração, retendo nutrientes e digerindo parte da matéria orgânica residual. Parte da água infiltra no solo, atingindo os lençóis subterrâneos, enquanto outra parcela evapora (ANDRADE NETO, 1997; METCALF & EDDY, 1991).

As técnicas utilizadas nos processos de infiltração-percolação abrangem a irrigação de culturas e a infiltração rápida. As taxas de aplicação no terreno são bem baixas. O líquido pode ser aplicado segundo os métodos da aspersão, do alagamento, e da crista e vala.

7.3.3.1 Irrigação de Culturas

A irrigação é o método que requer a maior área superficial, mas é o sistema natural mais eficiente e de maior aproveitamento produtivo (GASI et al., 1988). Requer estudo epidemiológico e assessoria de profissional habilitado, tendo em vista os riscos de contaminação

por patogênicos e metais pesados. Para a irrigação com águas residuárias, são utilizadas diferentes técnicas, como por exemplo: a inundação por canais ou sulcos, o gotejamento, a subsuperficial e, com muito critério, a aspersão.

A aspersão oferece riscos biológicos em decorrência do transporte de patogênicos na forma de aerossóis. Segundo PEARSON (1986), citado por KELLNER e PIRES (1998), microorganismos nessa forma podem ser transportados a até um quilômetro da área de aspersão, através do vento. Na maioria das vezes, requer equipamento de bombeamento e de sistema de tubulação, que pode ser fixo ou móvel (GASI et al., 1988).

Para CORAUCCI FILHO (1999), as técnicas de irrigação por inundação, por canais ou sulcos, são as de mais simples operação e menos exigentes no que se refere ao tratamento prévio. Pode-se usar até mesmo esgoto bruto, mas os tratados são sanitariamente mais seguros. Como principais vantagens, tem-se o baixo custo de implantação, não requer mão-de-obra especializada e devolve os nutrientes ao solo. Como desvantagens tem-se os riscos epidemiológicos e o uso restrito para alguns tipos de terrenos e culturas. Recomenda-se que as culturas utilizadas com esta técnica não tenham possibilidade de contato direto com a terra, sugere-se o plantio de pomares, milho e plantas de grande porte (GASI et al., 1988).

7.3.3.2 Infiltração Rápida

A infiltração rápida presta-se para solos arenosos de alta taxa de infiltração, geralmente sem cobertura vegetal. Existem ainda, as técnicas de infiltração subsuperficial, que não são destinadas à irrigação. Neste caso, existem os sumidouros e as valas de infiltração, utilizados para pequenas vazões e com tratamento prévio, geralmente de uma fossa séptica. Esses processos só podem ser utilizados em solos cuja profundidade do lençol freático varie de três a cinco metros, a fim de evitar a contaminação do mesmo (GASI et al., 1988).

7.3.3.3 Vala de Infiltração

A vala de infiltração é um método de disposição de efluentes dos sistemas de tra-

tamento de esgotos, que consiste na sua percolação no solo, onde ocorre a depuração por processos físicos (retenção de sólidos), químicos (adsorção) e bioquímicos (oxidação). (CORAUCCI FILHO et al., 2001). Segundo os mesmos autores, é constituída, basicamente, de condutos não estanques (usualmente tubos perfurados), envolvidos com pedras britadas e alinhados no interior de valas recobertas com solo da própria localidade de instalação, tendo na sua extensão uma baixa declividade. O conduto distribui o efluente ao longo da vala, propiciando sua infiltração subsuperficial.

É um processo muito simples de disposição no solo, mas que só é recomendado utilizar quando o efluente possui baixa concentração de sólidos em suspensão. Requer grande área de terreno e só pode ser utilizado onde é remota a possibilidade de contaminação do aquífero. O seu desempenho é fortemente dependente das condições do solo onde é implantada.

No Brasil, o uso de valas de infiltração, para disposição no solo de efluentes de sistemas de tratamento de esgotos, vem sendo orientado, desde 1963, por normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, sendo sua aplicação mais usual o destino de efluentes de tanques sépticos.

7.3.3.4 Escoamento na Superfície

Outra forma de dispor o efluente no solo é através do escoamento na superfície. Este é empregado em solos menos permeáveis cobertos por vegetação. O esgoto é filtrado e estabilizado, ao escoar pela superfície do terreno coberto por gramíneas (CORAUCCI FILHO, 1999). O esgoto é distribuído por meio de canais, tubos perfurados ou aspersores, na faixa superior de um plano inclinado (tabuleiro ou rampa), sobre o qual escoam até ser coletado por valas dispostas ao longo da parte inferior. A vegetação na superfície, geralmente gramínea, permeabiliza a camada do solo por meio do sistema radicular. ANDRADE NETO (1997) explica que o tratamento ocorre durante o escoamento através da cobertura vegetal e da camada mais superior do solo e sobre a superfície do mesmo. A aspersão oferece riscos biológicos em decorrência do transporte de patogênicos na forma de aerossóis.

A implantação de sistemas para disposição de esgotos ou efluentes tratados no solo

é extremamente simples, bem como a sua operação. Os efluentes das lagoas de estabilização prestam-se, por excelência, para a irrigação de diversas culturas. Em pequenas comunidades, o sistema de tratamento, composto por lagoas de estabilização e disposição no solo para irrigação, constitui uma associação perfeita, assim como cada um pode associar-se a outros métodos de tratamento de esgotos (ANDRADE NETO, 1997).

SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO NO SOLO

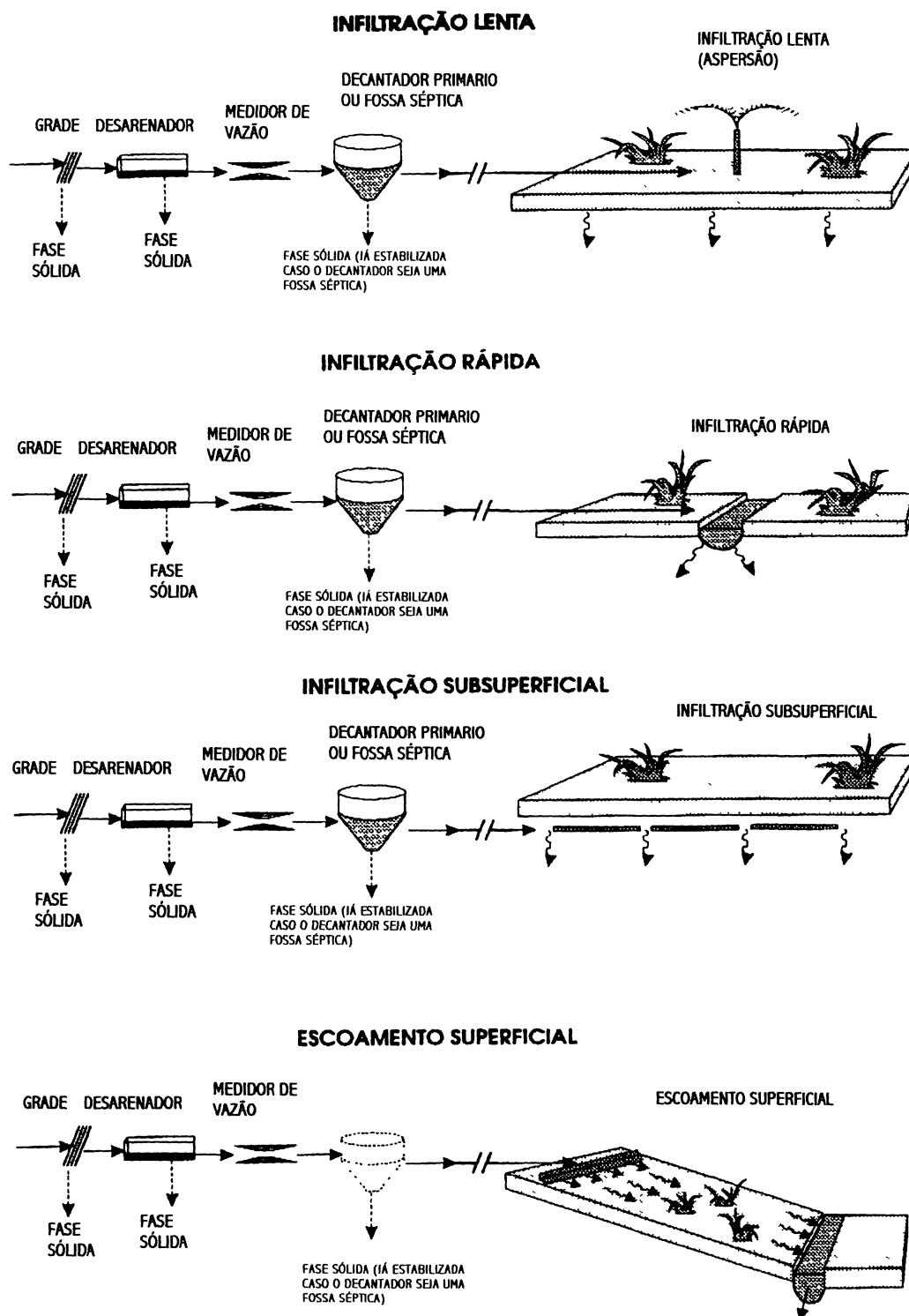


FIGURA 14 : FLUXOGRAMA DE SISTEMAS DE INFILTRAÇÃO DO SOLO
 FONTE: SPERLING (1996)

7.3.3.5 Terras Úmidas (Alagados ou Wetlands)

Por definição, terras úmidas são áreas onde a superfície da água está perto da superfície do solo, por um período que seja suficiente para manter sua saturação ao longo do ano, existindo no seu meio, uma vegetação característica associada. (CORAUCCI FILHO et al., 2001). A profundidade média das terras alagadas varia de 40 a 80 centímetros.

A vegetação preponderante neste sistema é do tipo macrófitas aquáticas. Este tipo de vegetação pode ser encontrado nas margens e áreas rasas de rios, lagos, reservatórios e cachoeiras entre outros corpos de água. Em condições favoráveis, quando a luz atinge o fundo do corpo d'água, podem se desenvolver em grandes bancos a mais de 10 m de profundidade.

Podem ser do tipo (a) emersas, plantas enraizadas no sedimento com folhas acima da lâmina de água, (*Echinochloa*, *Typha*); (b) flutuantes, plantas que se desenvolvem flutuando livremente no espelho de água (*Limnobium*, *Lemna*); (c) submersas enraizadas, plantas enraizadas crescendo submersas (*Vallisneria*, *Nitella*); (d) submersas livre: plantas com raízes pouco desenvolvidas, flutuando submersas em águas tranquilas (*Utricularia*); (e) com folhas flutuantes, plantas enraizadas com folhas flutuando na lâmina d'água (*Nymphoides*).

As macrófitas aquáticas, principalmente as enraizadas, têm a habilidade de assimilar os nutrientes presentes no sedimento. Também se constituem em importante microhabitat para muitos organismos, sendo local de desova, proteção, alimentação, etc. Desempenha ainda a função de reter e fixar microorganismos existentes, metais pesados através do processo de adsorção. O fornecimento de oxigênio se dá pela penetração de luz natural e pela produção vegetal, através da fotossíntese (METCALF & EDDY, 1991).

Em virtude do intenso crescimento as macrófitas aquáticas flutuantes podem ser os principais produtores de matéria orgânica do sistema. Podem crescer, em condições ótimas de luz e nutrientes, cerca de 5% ao dia com a potencialidade de cobrir boa parte do espelho de água causando inúmeros problemas ambientais e na qualidade da água como: prejuízos ao abastecimento de água, à navegação, aos usos múltiplos dos reservatórios, entre outros.

Existem diversos tipos de terras úmidas, podendo ser naturais (brejos, várzeas, pântanos, lagos muito rasos e manguezais) e construídas.

7.3.3.6 Terras Úmidas Naturais

Segundo CORAUCCI FILHO et al. (2001), as terras úmidas naturais são áreas inundadas por um curso de água, em períodos regulares, por um tempo suficiente que permita o desenvolvimento de uma vegetação, especialmente adaptada às regiões de solo saturado. Geralmente, localizam-se entre um corpo d'água permanente e uma região de mata não inundada, ou curso d'água.

A variedade de tipos de terras úmidas naturais é função da variedade de solos, vegetação e clima que podem ocorrer em diferentes regiões. Como por exemplo, pode-se destacar os mangues junto ao litoral, o pantanal, as matas de igapó na região Norte do país, dentre outras. Segundo CORAUCCI FILHO et al. (2001), o fator mais determinante para a classificação da Wetland natural é a hidrologia. Segundo os mesmos autores, a divisão das terras úmidas pode ser feita segundo dois grandes tipos principais: wetlands próximas ao litoral; (b) wetlands afastadas da região costeira.

As wetlands próximas ao litoral caracterizam-se pela formação de estuários, áreas onde o mar mistura-se com um rio ou riacho que desemboca numa praia. Essas regiões são ambientes de salinidade e níveis de água muito inconstantes, devido ao próprio regime de marés. Caracterizam-se por uma variedade muito grande de plantas, peixes, animais e outros seres marinhos bem adaptados às mudanças já descritas. Além disso, constituem uma proteção natural contra as enchentes e erosões, através do amortecimento de cheias.

Já o segundo tipo, as áreas mais afastadas da região costeira, são em geral regiões muito planas, entrecortada por rios de planície, compreendem locais com características peculiares, possuindo solos inundados de forma total ou parcial, devido à influência de rios e lagos, associados ao regime de chuvas. Enquanto que o período de enchente das wetlands próximas ao litoral não ultrapassa uma semana, visto que é regido pelo período das marés, a frequência de enchente das wetlands fora das regiões costeiras é bem maior, na ordem de meses.

CORAUCCI FILHO et al. (2001), citando DENNY (1997) acrescenta que, do ponto de vista ecológico, as wetlands naturais desempenham as seguintes funções : (a) habitat natural para um a grande variedade espécies, (b) manutenção do equilíbrio hidrológico, (c)

conservação da biodiversidade, (d) equilíbrio climático e fixação do Carbono, (e) preservação da qualidade da água.

METCALF & EDDY (1991) afirmam que as terras úmidas podem ser utilizadas como pós-tratamento de efluentes domésticos, porém para cargas de esgoto pequenas e diluídas. Em geral, podem desempenhar a função de eliminação de patogênicos e fixação de nutrientes. Entretanto, em alguns casos, a oferta demasiada de nutrientes e o crescimento descontrolado da vegetação natural podem comprometer o equilíbrio natural do sistema. Importante destacar o risco epidemiológico para animais e seres humanos, bem como a concentração de metais pesados na camada bentônica.

A legislação brasileira apresenta uma série de restrições ao uso de terras úmidas naturais, em virtude, principalmente, do importante papel que esse ecossistema desempenha.

7.3.3.6 Terras Úmidas Construídas

As wetlands construídas são uma forma de utilizar-se das propriedades das terras úmidas naturais sem, contudo, promover desequilíbrio ambiental. Dois tipos de wetland construída foram desenvolvidos para o tratamento de esgoto doméstico: (a) sistema de fluxo superficial e (b) sistema de fluxo subsuperficial (METCALF & EDDY, 1991 e CORAUCCI FILHO et al., 2001).

O Sistema de Fluxo Superficial (ver FIGURA 15) consiste de canais ou lagoas de fundo parcialmente impermeabilizado, dotado de plantas aquáticas macrófitas escolhidas com a finalidade específica de reter nutrientes, metais pesados e promover a desinfecção natural.

No Sistema de Fluxo Subsuperficial, o efluente escoar abaixo da superfície, no nível das raízes e rizomas das macrófitas, que desempenham função semelhante ao sistema anterior. Como vantagem em relação ao sistema anterior, destaca-se a menor proliferação de insetos (mosquitos), em virtude de não haver espelho d'água no sistema subsuperficial.

CORAUCCI FILHO et al. (2001) destacam aspectos construtivos que interferem na instalação de wetlands construídas, tais como: (a) proximidade de corpos hídricos receptores e possibilidade de contaminação, (b) existência/necessidade de solo impermeável, (c) declivi-

dade do terreno natural de 0 a 3%, (d) distância para planícies naturais de inundação, (e) disponibilidade de área. O QUADRO 18 apresenta a demanda por área dos sistemas de disposição no solo e terras úmidas alagadas.

Fatores importantes como risco epidemiológico, proliferação de insetos, contaminação do lençol freático, concentração de elementos traço devem ser levadas em consideração quando da escolha deste tipo de pós-tratamento (METCALF & EDDY, 1991).

QUADRO 18: PARÂMETROS DE DEMANDA POR ÁREA PARA OS SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO NO SOLO E TERRAS ÚMIDAS

SISTEMA	Demanda por área (m ² /hab)
Vala de Infiltração	0,8 a 12 ⁽²⁾
Escoamento Superficial	1,5 a 3,0 ⁽²⁾
Escoamento Subsuperficial	3,0 a 5,0 ⁽²⁾
Terras Úmidas – Fluxo Superficial	0,002 a 0,014 ⁽¹⁾
Terras Úmidas – Fluxo Subsuperficial	0,001 a 0,007 ⁽¹⁾

FONTE: CORAUCCI FILHO et al. (2001)

(1) ha/m³.dia

(2) Utilizando-se do efluente de um reator UASB

SISTEMAS DE TERRAS ÚMIDAS CONSTRUÍDAS

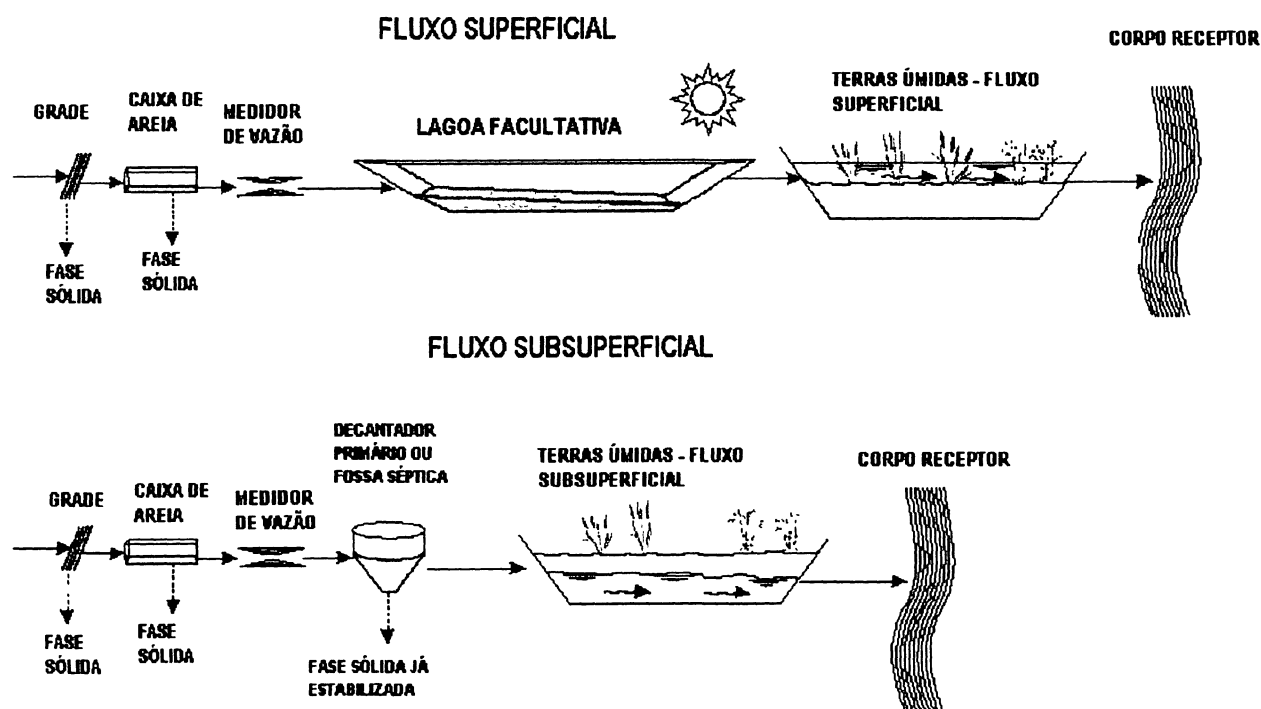


FIGURA 15 : FLUXOGRAMA DE SISTEMAS TERRAS ÚMIDAS CONSTRUÍDAS

FONTE: SPERLING (2002)

8. AS COMUNIDADES NUCLEADAS PELO EXÉRCITO BRASILEIRO NA AMAZÔNIA

8.1 A AMAZÔNIA – ASPECTO GERAL

A região Norte do Brasil é constituída pelos estados do Pará, Tocantins, Amapá, Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima. Esta região compreende perto de 45,3% da área territorial do Brasil, sua linha de fronteira mede em torno de 10.948 Km, ou seja, 70% dos limites de fronteira brasileiros. Do ponto de vista político, possui 25% do número de estados da Federação, mas quando se observa a sua população, verifica-se que corresponde a um grande vazio demográfico. Seu efetivo populacional, de acordo com dados o Censo de 2000 realizado pelo IBGE, atingiu 12.919,9 milhares de pessoas, o qual corresponde a 7,8% da população total residente no País (IBGE, 2000).

A Amazônia Legal, prevista inicialmente na Constituição Federal de 1946, Art 199 e criada através da Lei 1.806/53, compreende os estados de Rondônia, Acre, Amapá, Amazonas, Roraima, Pará, Tocantins e grande parte do Maranhão e Mato Grosso. Esta imensa área engloba a maior parte da bacia amazônica e faz fronteira com sete países sul-americanos, abrigando 342 municípios brasileiros. A sua população é de, aproximadamente, 14 milhões de habitantes (censo de 2000), o que representa pouco mais de 2 (dois) habitantes por quilômetro quadrados. De acordo com NERY DA SILVA e VANDELLI (2000), vivem na Amazônia Legal cerca de 145.000 índios de mais de 210 etnias diferentes, que ocupam 20% do território amazônico, correspondente a mais de 1.000.000 de Km². A área total da região perfaz 60% do território brasileiro (5.029.322 Km²) e, se constituísse um país separado, ocuparia a sexta posição em área territorial, comportando a metade dos países da Europa em seus limites.

A Amazônia Legal agrega a maior floresta tropical úmida do mundo. Dispõe da maior reserva de rios do planeta, lá se localizam o maior banco genético e a mais vasta província mineralógica planetária, na qual ocorrem, entre outras, abundantes jazidas de ouro, cassiterita e de minérios estratégicos de terceira geração, como o urânio, o titânio, o nióbio.

De acordo com dados do IBGE, a vegetação predominante é a floresta equatorial (Floresta Ombrófila Densa), constituída de grandes árvores (gêneros *HEVEA*, *BERTHOLLETIA* E *DINIZIA*), o solo é de baixa fertilidade. Algumas regiões, como o sudoeste do Amazonas, parte do estado do Acre e sul de Rondônia apresentam vegetação equatorial de transição (Floresta Ombrófila Aberta). Finalmente, no norte de Roraima ocorre a vegetação de cerrado, ou savanas, conhecida como campos de Roraima. A floresta equatorial brasileira é também classificada como de terra firme – fora do alcance das cheias – e de igapó, ou de várzea – periodicamente submersa nos meses de cheia.

Do ponto de vista orográfico, a região se divide em três grandes conjuntos de relevo (IBGE):

Ao norte, os planaltos de Roraima e Amazônia Setentrional, onde está localizada a região de escudo das Guianas, com terrenos da área pré-cambriana. Na região entre as bacias dos rios Madeira, Acre, Javari, Solimões e Amazonas, ocorrem as bacias sedimentares e regiões de planícies e depressões, também chamadas de planícies ou várzeas Amazônicas, caracterizadas por litologias mezozóicas e/ou paelozóicas. Caracterizam-se por se apresentar com áreas periodicamente inundáveis, com uma cobertura vegetal de Floresta densa e padrão da rede de drenagem fortemente influenciado pela tectônica regional. Ao sul ocorrem os planaltos residuais e depressões da Amazônia Meridional. Refere-se a relevos residuais de uma superfície de aplainamento, possuem rochas pré-cambrianas de origem vulcânica e sub vulcânica e metamórficas. Os pontos mais altos ultrapassam 400 metros de altitude, com caimento topográfico em direção às planícies Amazônicas. (IBGE, 2000)

O clima da região é predominantemente equatorial, quente e úmido, com temperaturas médias em todo o ano, em torno de 28° C e níveis de precipitação média perto de 400 mm nas áreas super úmidas (região do rio Japurá, Juruá e Negro), 340 mm nas regiões quentes e úmidas (restante da região). A única região que foge à regra é parte do estado de Roraima, onde o clima é tropical semiúmido (IBGE, 2000).

Em virtude da baixa densidade demográfica, das condições orográficas e de vegetação, a malha rodoviária da região é muito restrita e precária. O sistema de transporte predominante é o fluvial, bastante favorecido pela diversidade de rios e igarapés. A maioria das cidades amazônicas se localiza ao longo dos rios, que servem como principal fator de desenvolvimento e sustentação das ações humanas da região. O transporte aéreo ocupa a segunda posição em termos de integração regional, principalmente pelas dimensões continentais do

território amazônico.

Apesar de ser reconhecidamente uma das mais importantes regiões para o ecossistema mundial, de deter, em escala nacional, abundantes recursos minerais, madeireiros e agropecuário, e de esforços passados direcionados mais ou menos intensamente para a sua ocupação demográfica e econômica, o início deste século deparou-se com uma região ainda muito esparsamente povoada e desigualmente desenvolvida (5% do PIB brasileiro), já com graves problemas sociais (MOURA e MOREIRA, 2001).

Segundo MANCINI NETO (1991), um estudo dos problemas da área sob o ponto de vista demográfico, ecológico, psicossocial, militar e político, destacam-se os seguintes aspectos:

(a) Imenso vazio demográfico; (b) Ambiente hostil e precariamente conhecido; (c) Grande extensão de faixa de fronteira; (d) Presença de reservas indígenas em áreas “coincidentemente” ricas em recursos minerais; (e) Recursos sociais básicos incipientes; (f) Projetos de criação de parques indígenas nas faixas de fronteira; (g) Problemas fundiários envolvendo posseiros em áreas indígenas; (h) Ação direta e constante de grupos políticos separatistas e de narcotraficantes; (i) Exploração desordenada de extrativismos, principalmente de garimpeiros e indústrias madeireiras. (MANCINI NETO, 1991)

Visando se contrapor a essas principais dificuldades, foram criados, ao longo das décadas de 60 a 90, programas de desenvolvimento da Amazônia. No entanto, este desafio esbarra em problemas estruturais relevantes, como:

(a) Dimensões continentais; (b) Fragilidade do ecossistema; (c) Pressão internacional pela criação de uma área de patrimônio ecológico mundial intocável; (d) Ausência de infraestrutura mínima de cidades e vias de transporte; (e) Vazio demográfico e dificuldade em atrair novos contingentes populacionais; (f) Necessidade de garantir um processo de desenvolvimento que não só irradie seus benefícios para as populações regionais, mas, também ocorra dentro de uma estratégia de desenvolvimento sustentável que resulte na adequada utilização dos recursos naturais e a conservação dos ecossistemas, garantindo, assim, a solidariedade inter-geracional, com a preservação dos seus recursos naturais para o uso das gerações futuras (g) Necessidade de investimentos na área de tecnologia, produção de energia, infraestrutura urbana e regional. (MOURA e MOREIRA, 2001).

8.2 A OCUPAÇÃO MILITAR NA AMAZÔNIA

A integração do território da Amazônia ao restante do país foi preocupação militar

desde a sua conquista, em 1616, quando foi erguido o Forte do Presépio, que deu origem a Belém do Pará. Em 1637, o Capitão Pedro Teixeira, à frente de uma expedição cujo efetivo chegava a cerca de 2.500 pessoas, lançou-se para Oeste, contra a correnteza, pela calha do rio Amazonas, com a finalidade de reconhecer e explorar a região e colocar marcos de ocupação portugueses, até aonde pudesse chegar. Conseguiu chegar a Quito, na América Espanhola. Tal empreitada, que durou cerca de 2 anos, constituiu o fundamento principal para o reconhecimento, com base no "*UTI-POSSIDETIS*", da presença portuguesa na Amazônia. (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2002)

Profundos conhecedores de ocupação do terreno e da construção de fortes, os Engenheiros Militares portugueses, baseados no princípio militar de que quem domina a embocadura de um rio domina seu curso, estabeleceram suas fortificações na Amazônia em posições estratégicas, ao longo das vias fluviais, em sítios privilegiados para os defensores. A primeira colônia militar só viria a se estabelecer em 1.840, na região do rio Araguari — seguindo-se a instalação de outras em São João do Araguaia, São Pedro de Alcântara, Óbidos, Oiapoque, Tabatinga, Fortes de São José do Rio Negro, de Gurupá, de Macapá, de São José de Marabitanas, de São Gabriel das Cachoeiras, de São Joaquim, de São Francisco Xavier de Tabatinga e Príncipe da Beira, entre outros. No século seguinte a maioria das fortificações instaladas pelos portugueses foram substituídas por pelotões de fronteira, quando a preocupação com a segurança da Amazônia tornou-se tão necessária quanto imediata (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2002).

Em 1956, foi criado em Belém do Pará o Grupamento de Elementos de Fronteira, que viria no futuro a se tornar o Comando Militar da Amazônia (CMA), com o objetivo de integrar aquela região ao restante do país. Em 1969, mudou-se para Manaus, sede atual.

O Comando Militar da Amazônia enquadra um efetivo aproximado de 25 mil militares, numa área de responsabilidade que se estende pelos Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, de Rondônia, Roraima e partes do Tocantins e Maranhão. Está organizado em quatro brigadas de infantaria de selva: (a) 1ª Brigada de Infantaria de Selva – Boa Vista - RR; (b) 16ª Brigada de Infantaria de Selva - Tefé – AM; (c) 17ª Brigada de Infantaria de Selva – Por-

to Velho – RO e (d) 23ª Brigada de Infantaria de Selva – Marabá – PA. (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2002). Através da atuação de organizações militares com as mais diversas funções, tanto do ponto de vista militar como social, faz do CMA um dos elementos fundamentais para o processo de consolidação da defesa do território nacional na região Norte.

Além dessas grandes unidades operacionais, dispõe, ainda, da 8ª e 12ª Regiões Militar, a primeira em Belém - PA e a segunda em Manaus - AM, que são os grandes comandos logísticos-administrativos, responsáveis, dentre outras missões, pelo apoio técnico de engenharia militar. As Comissões Regionais de Obra são as Unidades responsáveis pelo apoio técnico de engenharia. Cabe a elas assessorar o Comando nos assuntos inerentes a obras, além de realizar obras de construção, ampliação e restauração de aquartelamentos e residências (chamadas de Próprios Nacionais Residenciais). A FIGURA 16 apresenta a área de responsabilidade da CRO/12, que atende aos Estados do Amazonas, Acre, Roraima e Rondônia.

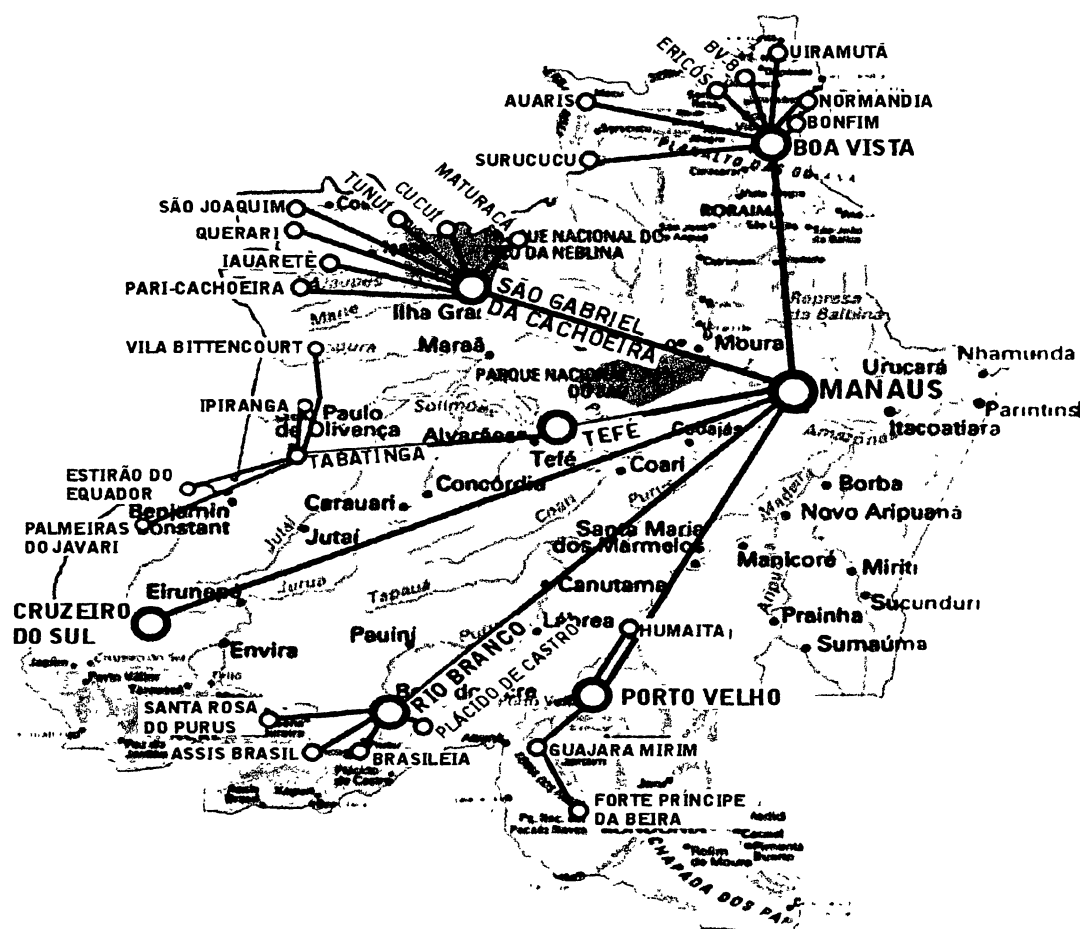


FIGURA 16: CIDADES SEDES DE ORGANIZAÇÕES MILITARES DA 12ª REGIÃO MILITAR
 FONTE: MINISTÉRIO DA DEFESA (2002)

Finalmente, o CMA dispõe de um outro importante grande comando técnico, o 2º Grupamento de Engenharia de Construção, encarregado da construção de aquartelamentos e suas infra-estruturas e, principalmente, construção e manutenção de estradas e obras de arte. O 2º G E Cnst dispõe de seis Unidades de Engenharia de Construção, distribuídas em toda a Amazônia Legal, responsáveis pela criação e desenvolvimento de diversas cidades de médio e grande porte hoje existentes, tais como: Santarém – PA, Imperatriz – MA, Porto Velho – RO, Boa Vista – RR, Rio Branco – AC, Cruzeiro do Sul – AC, dentre outras.

Além da sua missão constitucional de defesa da pátria e garantia dos poderes constitucionais (art. 142 da Constituição Federal), as Forças Armadas brasileiras, mediante convênio com os demais órgãos do Estado, cumprem o importante papel de levar à população Amazônica serviços básicos como saúde, segurança e infraestrutura.

As peculiaridades socioeconômicas da população em geral e das condições ambientais da região amazônica fazem com que as Organizações Militares presentes na área sirvam de pólo de desenvolvimento e agentes catalisadoras para a formação de novos núcleos urbanos. A instalação de novos aquartelamentos, assim como o funcionamento e ampliação dos já existentes, além de obedecer a condicionantes estratégicas, fica sujeita a restrições de ordem ambiental, social e política.

8.3 O PROJETO CALHA NORTE

O Projeto Calha Norte surgiu, em 1985, foi elaborado como plano de ação governamental com a finalidade de intensificar a presença do Estado ao norte dos rios Solimões e Amazonas (Amazônia Setentrional), abrangendo uma área praticamente inexplorada, que corresponde a 14% do território nacional, com mais de 6,7 mil quilômetros de fronteiras terrestres (ver FIGURA 17) que se estendem de Tabatinga à foz do Oiapoque (CAVAGNARI FILHO, 2002). *“O programa visa atender à necessidade de promover a ocupação e o desenvolvimento ordenado da Amazônia Setentrional, respeitando as características regionais, as diferenças culturais e o meio ambiente, em harmonia com os interesses nacionais”* (PCN, 2002).

Foram estabelecidos objetivos fundamentais e imediatos para a implantação do projeto, que ficou a cargo da Secretaria Geral do Conselho de Segurança Nacional:

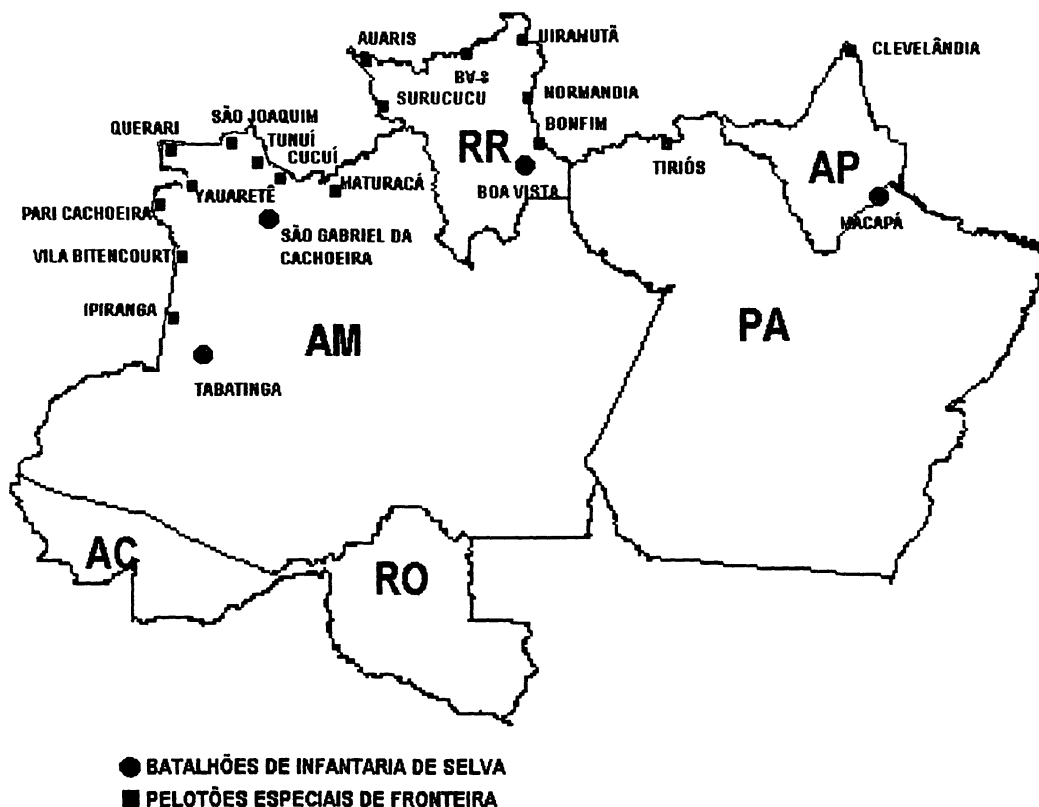


FIGURA 17: UNIDADES MILITARES DO PCN
FONTE: MINISTÉRIO DA DEFESA (2000)

- a) Intensificar as relações bilaterais com os países vizinhos;
- b) Aumentar a presença brasileira na área, com base na ação pioneira das Forças Armadas;
- c) proteger e dar assistência às populações indígenas ao norte do Solimões-Amazonas;
- d) Intensificar as campanhas demarcatórias das fronteiras pela restauração e pelo adensamento de marcos limítrofes;
- e) Ampliar a capacidade de produção de energia local e da infra-estrutura viária e fluvial;
- f) Incrementar a colonização com base nas populações da área e ao conseqüente estímulo à interiorização de pólos de desenvolvimento econômico;

- g) Ampliar a oferta de recursos sociais básicos;
- h) Fortalecer os órgãos governamentais de justiça, Polícia Federal, Receita Federal e Previdência Social, como fatores inibidores de ilícitos.
- i) Estimular a interiorização de pólos de desenvolvimento econômico, com base na vocação sócio-econômica da região.

Ao Exército Brasileiro, coube, além de outras ações indiretas, contribuir para a vivificação da faixa de fronteira e o desenvolvimento da área; apoiar logisticamente os órgãos federais e estaduais na execução de ações de governo, particularmente nos setores de saúde, educação, transporte e telecomunicações; manter a assistência às populações carentes nas regiões mais longínquas da faixa de fronteira (NERY DA SILVA e VANDELLI, 2002). Para isso, vem sendo criados novos Comandos de Fronteira, ampliados e melhorados os já existentes e estabelecidos novos Pelotões de Fronteira nas áreas consideradas prioritárias.

8.4 AS ORGANIZAÇÕES MILITARES DE COMANDOS DE FRONTEIRA

As ações dos elementos de fronteira combinam missões de vigilância, patrulhamento e apoio às comunidades locais. A idéia é que tais Organizações Militares venham futuramente a se transformar em núcleos urbanos que dificultem invasões fronteiriças. No sentido de dinamizar esses futuros núcleos, o Governo brasileiro tem investido em obras e serviços de infra-estrutura física (pequenas centrais elétricas, poços tubulares profundos, redes de saneamento) e social (hospitais, principalmente) no sentido de atender e também de adensar a esparsa população indígena e/ou cabocla que habita a região sob influência do projeto. Como consequência direta às ações de governo, pode-se destacar, até então, as seguintes melhorias sociais: (a) Estímulo às atividades educacionais, sociais e econômicas; (b) Assistência à saúde da população local; (c) Integração da população indígena à sociedade brasileira; (e) Inibição do trânsito ilegal de estrangeiros na área de fronteira; (f) Refreamento do narcotráfico e de movimentos de guerrilha; (g) Inibição da evasão ilegal de produtos nacionais, principalmente minerais preciosos; (h) Implantação de infraestrutura viária, fluvial e aeroportuária.

A criação de um novo aquartelamento em uma área de fronteira gera uma série de impactos significantes para aquela micro-região. Do ponto de vista físico-ambiental, as interferências ocorrem devido às necessidades de construção e operação. Na ótica social, as mudanças se dão em decorrência da alteração da vida cotidiana da comunidade local. Os cabos e soldados do pelotão são recrutados geralmente na própria área do Pelotão, os sargentos e oficiais são originários das mais diversas regiões brasileiras. Em busca de atendimento médico-odontológico, desenvolvimento do comércio ou oportunidade de pequenos empregos, um contingente populacional de índios, ribeirinhos, pequenos comerciantes, pescadores, garimpeiros e até estrangeiros são atraídos para o entorno do aquartelamento, onde têm oportunidade de desenvolver pequenos serviços e de usufruir as melhorias implantadas. Os ilícitos de fronteira, comuns em áreas inóspitas, tais como contrabando, tráfico de drogas, invasões, grilagens de terra e crimes em geral são inibidos pela presença militar. A construção e operação de uma pista de pouso com capacidade para pouso e decolagem de aviões de carga, além do estabelecimento de um fluxo freqüente de aeronaves militares na área, propiciam um significativo desenvolvimento para a região. O QUADRO 19 apresenta as principais características das aeronaves utilizadas para este fim.

QUADRO 19: CARACTERÍSTICAS DAS AERONAVES MILITARES DE SUPRIMENTO QUE OPERAM NAS ORGANIZAÇÕES MILITARES DE FRONTEIRA

AERONAVE	PESO MÁXIMO DE DECOLAGEM (KG)	COMPRIMENTO DE PIS- TA (M) ¹
EMB – 110 - BANDEIRANTE	5.670	695
EMB – 120 – BRASÍLIA	9.072	1.200
HS – 748 – AVRO	21.092	927
DHC 5D – BUFFALO – C-115	22.316	876
C – 130 - HERCULES	70.310	1.573

¹ O comprimento de pista apresentado serve de base de cálculo para o comprimento efetivo. Coeficientes de correção para altitude do aeroporto, temperatura de referência e declividade devem ser considerados.

FONTE: DAC (1980)

8.4.1 O Batalhão de Infantaria de Selva

O batalhão de infantaria de selva é a unidade tática básica da brigada de infantaria de selva. Pode atuar enquadrado pela brigada e/ou isoladamente. Em qualquer destes casos recebe uma área de responsabilidade e vigilância que pode repartir com as suas companhias. Caracteriza-se, particularmente, por sua fluidez e pela capacidade de operar continuamente em região de selva.

O Batalhão de Infantaria de Selva sediado em área de fronteira pode receber, além das missões de combate inerentes ao BIS, a missão de vigilância das fronteiras. Desempenha, também, com os pelotões especiais de fronteira (PEF), missões complementares ligadas à produção de alimentos e à prestação de serviços. O BIS, nesta situação, possui as mesmas características e possibilidades dos batalhões de infantaria de selva, acrescidas da capacidade de, nos tempos de paz, realizar a vigilância e a vivificação das fronteiras, constituir a presença armada brasileira em regiões fronteiriças e agir como fator de dissuasão para os elementos externos e como agente de operações psicológicas no seio da população que gravita em torno dos pelotões especiais de fronteira (MINISTÉRIO DA DEFESA).



FIGURA 18: BATALHÃO DE INFANTARIA DE SELVA
FONTE: MINISTÉRIO DA DEFESA (2002)

O BIS sediado em área de fronteira é constituído por um comando, um estado-maior, uma companhia de comando e apoio, um número variável de companhias de fuzileiros de selva e uma base de administração e apoio. O seu efetivo pode variar, conforme a quantidade de companhia de fuzileiros, de 500 a 1200 militares. O BIS, com seus elementos de saúde, presta assistência médico-hospitalar à população local, mediante convênios estabelecidos pelo Ministério da Defesa com outros Ministérios e Governos Estaduais. Fora desses convênios, pode atender casos de emergência. As FIGURAS 18 e 19 apresentam, respectivamente, a estrutura física e organizacional de um BIS.

Com as companhias de fuzileiros de selva e com os pelotões especiais de fronteira (PEF), em tempos de paz, o BIS pode cooperar, mediante ordem, com os órgãos públicos (federal e estaduais responsáveis por questões ligadas a: (a) indígenas; (b) problemas fundiários; (c) narcotráfico; (e) contrabando; (f) exploração ilegal e predatória de recursos naturais; (g) saúde; (h) atividades educacionais.

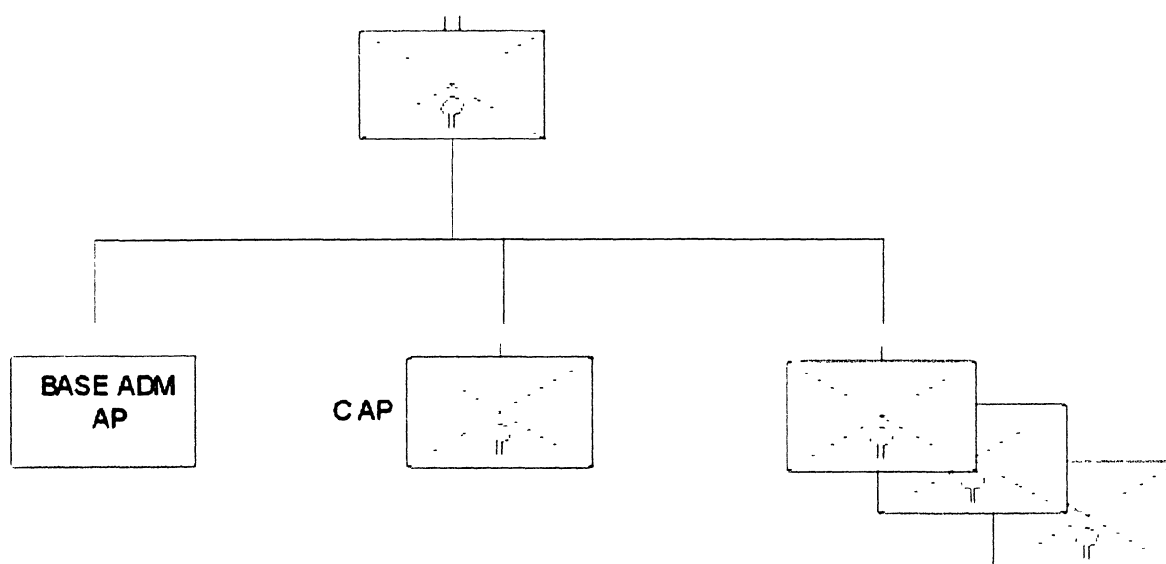


FIGURA 19: ORGANIZAÇÃO DE UM BIS DE FRONTEIRA
 FONTE: MINISTÉRIO DA DEFESA (2001)

8.4.2 A Companhia de Fuzileiros de Selva

A Companhia de Fuzileiros de Selva é constituída de três pelotões de fuzileiros de selva, um pelotão de apoio e uma seção de comando. A sua missão primordial é agir como uma fração de um Batalhão de Infantaria de Selva que, devido às peculiaridades do ambiente operacional que atua, pode operar enquadrada no Batalhão ou isoladamente. A Cia Fuz SI, enquadrada ou não pelo BIS, executa todos os tipos de operações contra forças inimigas regulares, tais como operações ofensivas, defensivas e ribeirinhas. Também pode a Cia Fuz SI operar contra forças irregulares nacionais ou estrangeiras. Neste caso, emprega, intensamente as técnicas de combate contraguerrilha. Devido às peculiaridades do ambiente operacional amazônico, realiza, com muita frequência, operações aeromóveis e ribeirinhas. O seu efetivo pode variar de 120 a 220 militares. A FIGURA 20 descreve a estrutura organizacional de uma Cia Fuz SI.

A Cia Fuz SI, quando isolada, pode desempenhar, mediante ordem, operações de apoio à comunidade, principalmente no atendimento médico-odontológico.

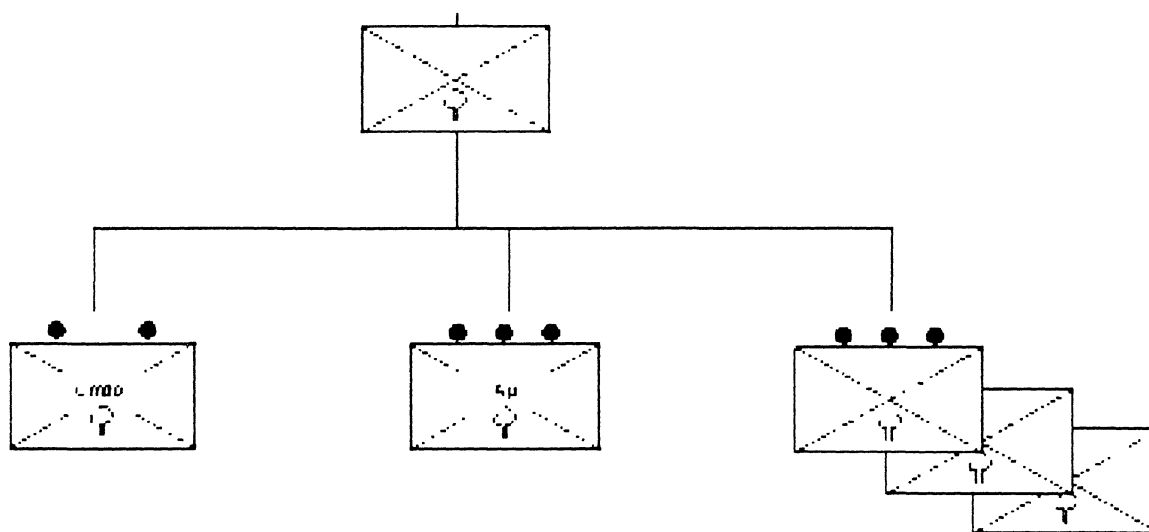


FIGURA 20 : ORGANIZAÇÃO DA COMPANHIA DE FUZILEIROS DE SELVA
 FONTE: MINISTÉRIO DA DEFESA (2001)

8.4.3 O Pelotão Especial de Fronteira

O pelotão especial de Fronteira é a menor fração de emprego descentralizado de uma Unidade de Fronteira. A missão do PEF é a vigilância da fronteira, cooperando ainda com a vivificação da área. Assim, as suas tarefas não se limitam à atividade militar, estendendo-se também às atividades complementares. Estas últimas ligam-se basicamente à produção, em pequena escala, de gêneros alimentícios de origem vegetal e animal e à prestação de serviços para si próprio e para comunidade civil existente ao redor do aquartelamento.

O efetivo médio de um PEF é de 60 militares, podendo variar de acordo com a missão específica e com o período do ano. A constituição do pelotão especial de fronteira (PEF) é a seguinte: (a) comando; (b) estado-maior; (c) grupo de comando; (d) grupo de serviços; (e) grupo de combate; (f) grupo de navegação fluvial e (g) grupo de apoio. AS FIGURAS 21 e 22 apresentam, respectivamente, a estrutura organizacional e física de um típico Pelotão de Fronteira do PCN.

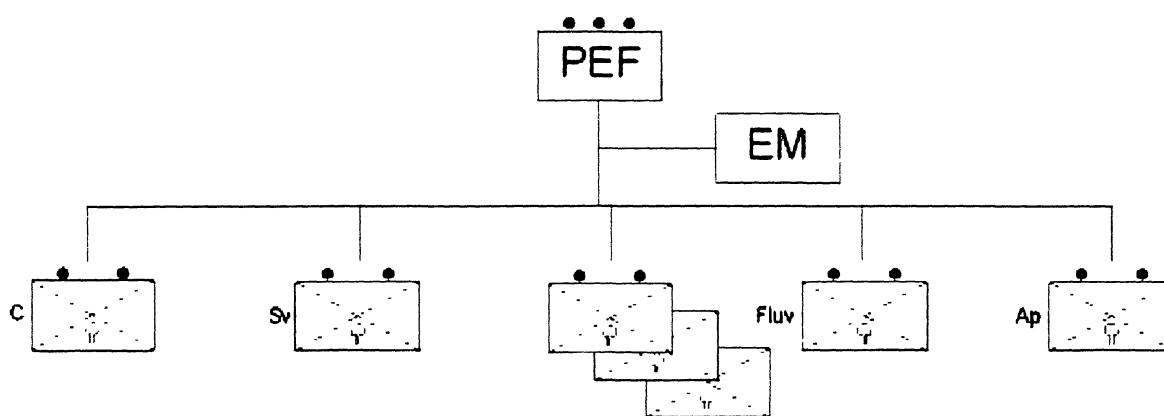


FIGURA 21: ORGANIZAÇÃO DE UM PELOTÃO ESPECIAL DE FRONTEIRA
 FONTE: MINISTÉRIO DA DEFESA (2001)

A missão principal do PEF é atuar como elemento de combate descentralizado em região de fronteira, executando atividades de vigilância, reconhecimento e ações ofensivas e defensivas de pequena envergadura e curta duração. Servem, ainda, como bases de combate avançadas para operações de maior envergadura em sua área de responsabilidade.

As missões complementares do pelotão especial de fronteira são relacionadas ao

apoio e prestação de serviços ao próprio pelotão e à comunidade onde está inserido. Na maioria das vezes, o PEF é o único aparelho do Estado presente nestas regiões longínquas da Amazônia.

As principais missões complementares são:

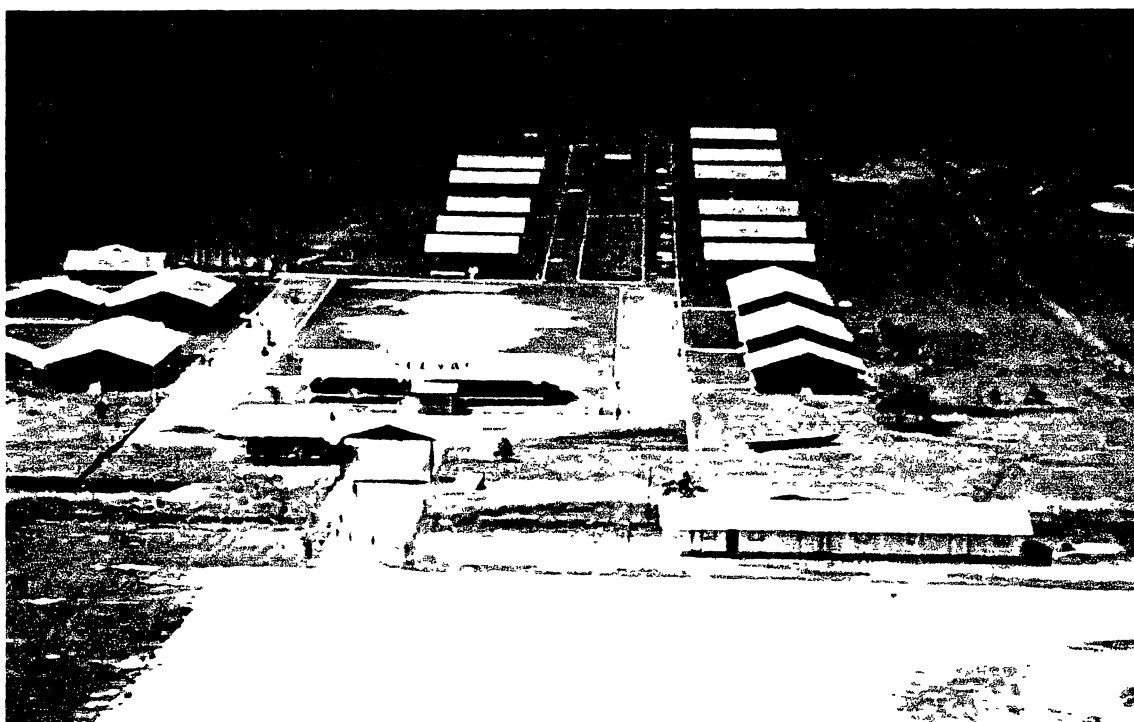


FIGURA 22: ESTRUTURA FÍSICA DE UM PEF
 FONTE: MINISTÉRIO DA DEFESA (2001)

1. As relacionadas com a produção: (a) exploração de recursos locais através da caça e pesca, em caráter emergencial; (b) criação de animais, particularmente os de menor porte; (c) implantação de horta comunitária; (d) reflorestamento com árvores frutíferas; (e) exploração de armazém reembolsável, mediante ordem.
2. As relacionadas com a prestação de serviços: (a) realização, com a sua infraestrutura de apoio, de trabalhos de serraria, carpintaria, olaria, eletricista, bombeiro, manutenção do patrimônio sob a sua responsabilidade etc.
3. Atividades específicas de fronteira: (a) apoio a órgãos públicos na faixa de fronteira; (b) assistência de saúde às populações nativas; (c) atuação nas reservas indígenas, nos limites da lei; (d) atuação em face de aeronaves, veículos e embarcações estrangeiras; (e) atuação em face de organizações militares e autoridades civis estrangeiras; (f) cooperação com o

Comando do BIS na solução de pendências localizadas, antecipando-se ao surgimento de conflitos em sua área de responsabilidade.

Um pelotão de Fronteira necessita, em média de 42.000 m² (5 hectares) de área para a sua instalação e uma pista de pouso de 1.800 a 2.000 metros, para a operação das aeronaves militares BANDEIRANTE (EMB-110), BRASÍLIA (EMB-120), AVRO (HS-748), BUFFALO (C-115) e HERCULES (C-130). A demanda média de energia elétrica de um PEF oscila entre 30 e 80 kWh, suprido por geradores a diesel ou por pequenas centrais hidrelétricas (PCH). O abastecimento de água em geral é realizado por poços tubulares profundos, podendo ainda possuir outras formas de abastecimento. No pelotão de QUERARI, em virtude da presença de um espesso horizonte de rocha, foi instalada uma estação de tratamento de água por filtro lento de areia (MANCINNI, 1980).

As Seções de Saúde dos Pelotões Especiais de Fronteira constituem, geralmente na única forma de assistência à saúde nas regiões de fronteira. Nessas seções prevalecem as ações preventivas de saúde, particularmente quanto a educação sanitária; pré-natal e vigilância ao parto normal; ao crescimento normal da criança e do adolescente; e a profilaxia das doenças transmissíveis e da cárie dental. Cada Seção de Saúde de Pelotão de Fronteira conta, no mínimo, com um médico, um dentista e um farmacêutico, além de sargentos auxiliares de enfermagem, de cabos padioleiros e de soldados socorristas. Em convênio com a Fundação Nacional de Saúde, as Seções de Saúde dos PEF promovem as campanhas de vacinação previstas para todo território brasileiro, além de campanhas regionais que visam combater doenças endêmicas características do ambiente de selva.

9. METODOLOGIA DE SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO

9.1 INTRODUÇÃO

Sempre quando é possível dispor de mais de uma solução para um determinado problema, o indivíduo que tem o poder de escolher deverá desenvolver um processo decisório. Em situações corriqueiras do dia-a-dia, essa operação ocorre normalmente sem que seja percebida. Conforme as decisões vão tomando maior vulto de importância, e aumenta a quantidade de interesses envolvidos, tal processo vai se tornando mais complexo.

Os processos decisórios na área de recursos hídricos e meio ambientes vêm se tornando cada vez mais complexos, à medida que são envolvidos múltiplos objetivos e múltiplos decisores (comitês, consórcios, etc.). Em geral estabelecem-se conflitos de interesse entre grupos antagônicos com visões distintas acerca das metas a serem adotadas no planejamento e gestão dos recursos hídricos. Alguns grupos preocupam-se com a maximização do benefício econômico, visando atender ao máximo da população com quantidade limitada de recursos. Já outro setor da sociedade preocupa-se com os agravos ao meio-ambiente que determinadas alterações possam gerar. Ao mesmo tempo em que a população local, afetada diretamente, anseia por maior qualidade de vida e o mínimo de impactos ao ambiente.

A tomada de decisão para a instalação de um sistema de esgotamento sanitário é um processo complexo, pois envolve interesses (demandas) diversos e objetivos, às vezes, antagônicos. A necessidade do atendimento simultâneo das diversas exigências, o caráter multidisciplinar e subjetivo dos agentes envolvidos no processo, a incerteza dos níveis de eficiência de remoção de poluentes dos diversos sistemas, bem como a aleatoriedade das condições climáticas e hidrológicas caracterizam o problema.

A busca pela solução mais adequada forçosamente dependerá do decisor, ou grupo de decisores, que estabelecerá critérios de preferências e cenários de análises. O objetivo estratégico da implementação de um sistema deste tipo é o desenvolvimento sustentável da região e a melhoria das condições de vida da população atendida. Como se pode observar, trata-se

de um objetivo de difícil mensuração e complexa definição de metas.

Diante deste panorama, destacam-se diversos sistemas que atendem, cada um deles, às demandas apresentadas, a um custo variado e com impactos diversos. Caberá ao decisor, que poderá ser um governante, um consórcio de investidores, um grupo de lideranças locais, uma empresa de saneamento, ou todos juntos, escolher qual sistema adotar.

9.2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Segundo PORTO et al. (1997) durante as décadas de 80 e 90, com a melhoria dos sistemas computacionais disponíveis, foi possível desenvolver sistemas de apoio à decisão, nas diversas áreas da ciência e tecnologia, a partir da intensa utilização de bases de dados cada vez mais completas e modelos matemáticos resolvido numericamente.

Segundo os mesmos autores, um sistema de suporte à decisão compõe-se de três módulos inter-relacionados: (a) base de dados, (c) base de modelos e (c) interface de diálogo. A base de dados reúne as informações necessárias para a solução do problema, é fundamental que o decisor disponha do máximo de informações possível a respeito daquilo que se está decidindo. A base de modelos deve ter a capacidade de realizar a análise e processamento das alternativas de solução do problema. A interface de diálogo permite a iteração do decisor com o modelo, através de entrada/saída de informações (PORTO et al.,1997).

Os algoritmos de fluxo para a escolha de sistemas é uma forma bastante simples de Sistema de apoio à decisão. Consiste basicamente em escolhas do tipo sim/não que conduzem a soluções pré-estabelecidas. São adequadas somente em situações bem particulares, poucos critérios e objetivos.

A programação Linear é uma técnica de otimização, empregada pra a resolução de problemas de alocação de recursos que tenham seus modelos representados por expressões lineares (PUCCINI e PIZOLATTO, 1990). Segundo PORTO et al.(1997), são muito adequados para problemas de combinação de atividades que competem por uma quantidade limitada de recursos. Como aspectos positivos, destacam-se: (a) facilidade de implantação, (b) disponibilidade de pacotes computacionais para a resolução da maioria dos problemas e (c) flexibi-

lidade para a resolução de diversos problemas envolvendo recursos hídricos. Como restrição principal, destaca-se a limitação a problemas lineares.

A Programação Dinâmica é uma técnica matemática utilizada para a resolução de problemas de decisão seqüencial inter-relacionadas. Ao contrário do que ocorre na Programação Linear, não existe uma formulação padrão para a resolução de um problema. As funções-objetivo e as restrições, na PD, podem ser não lineares. Outra grande vantagem da programação dinâmica é que ela pode ser utilizada em um grande número de problemas de solução discreta. Como desvantagem, pode-se destacar a explosão computacional, ou *praga da dimensionalidade*, quando surgem diversas variáveis de estado, chamado problema multi-estágio. (BELLMAN e DREYFUS, 1962).

A Simulação Matemática consiste de uma técnica de modelagem, onde o modelo de simulação fornece respostas a um conjunto de informações de entrada, que incluem decisões previamente tomadas, permitindo ao decisor examinar as conseqüências dos cenários e decisões adotadas. Para que o modelo possa ser utilizado, é necessário realizar uma calibração e uma posterior validação deste modelo. A calibração é realizada para ajustar o grau de representatividade do modelo computacional com o sistema real. A validação compreende a execução de uma nova simulação para um caso ou evento, sem a alteração dos parâmetros calibrados, com o objetivo de verificar a consistência destes em relação a um caso real. Como grande vantagem da simulação matemática destaca-se a capacidade de apresentar as conseqüências de uma tomada de decisão em determinado cenário. Em compensação, a grande dificuldade é a própria modelagem do sistema (PORTO et al., 1997).

A análise de problemas onde estão em jogo diversos objetivos e atributos de alternativas, aplicam-se os métodos chamados de multiobjetivo, que tendem a buscar a otimização de vários aspectos e os interesses de vários grupos ao mesmo tempo. No caso da existência de vários atributos a serem avaliados, medidos em diferentes escalas e critérios, essa análise passa a ter também o caráter multicritério. A solução deste tipo de análise é diretamente dependente dos critérios avaliados e de sua aplicabilidade à problemática em questão e dos agentes decisores, o que torna a análise mais subjetiva. Dentro de um conjunto de soluções, em função

dos critérios pré-estabelecidos e dos objetivos propostos, o decisor poderá escolher a mais adequada VINKE (1992).

Dentre os métodos abordados, foi escolhido o método de Análise Multiobjetivo e Multicritério em virtude da sua grande flexibilidade em obter soluções ótimas sob o ponto de vista de diversos aspectos, como ocorre normalmente em um problema envolvendo sistemas de tratamento de águas residuárias. A presente pesquisa não tem como objetivo aprofundar-se na conceituação dos métodos de análise multiobjetivo, mas sim utilizar um algoritmo desenvolvido pela rede PROSAB 2 para a escolha de sistemas mais adequados para a região em estudo. Serão citados e apresentados os conceitos mínimos para o entendimento dos métodos e a compreensão dos resultados.

9.3 SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - ANÁLISE MULTIOBJETIVO E MULTICRITÉRIO

9.3.1 Conceitos e Definições

A análise multiobjetivo, como o nome já sugere, caracteriza-se pela ocorrência de mais de uma função-objetivo. VINKE (1992) declara que, em um processo de tomada de decisão que envolve múltiplas soluções e diversos objetivos, uma das tarefas mais difíceis é, justamente, definir o objetivo. PORTO et al. (1997) apresentam o objetivo principal como uma meta, que é entendida como a resultante de todos os objetivos específicos. Os mesmos autores apresentam os principais conceitos de uma análise multiobjetivo, citando vários outros autores, da seguinte forma:

Em geral um problema multiobjetivo pode ser estruturado na forma de uma hierarquia (Keeney e Raiffa, 1976; Braga, 1979, Chankong e Haimes, 1984). Define-se meta como sendo uma intenção ou um objetivo muito genérico que pode ser atendido por objetivos mais específicos que são quantificados por atributos. Objetivos refletem as aspirações do decisor (ou decisores) em relação ao atendimento de uma determinada meta. Um determinado objetivo pode ser alcançado através de sua maximização ou minimização. Atributos permitem avaliar como um determinado objetivo está sendo alcançado. Desta forma atributos podem ser entendidos como um aspecto mensurável de julgamento (Teclé e Duckstein,

1994) pelo qual uma variável de decisão pode ser caracterizada. Esta caracterização pode assumir a forma cardinal quando é possível estabelecer-se uma escala numérica de comparação (por exemplo, reais, metros, gA, etc.) e ordinal no caso em que é possível somente a ordenação, sem a possibilidade de estabelecer-se uma comparação numérica. (PORTO et al., 1997)

OBJETIVOS – Constitui a base para a tomada de decisões. Alguns autores (MAJOR, 1977; LOUCKS, STENDINGER e HAITH, 1981) costumam diferenciar objetivos de propósitos. Objetivos refletem as aspirações do decisor (ou decisores) em relação ao atendimento de uma determinada meta. Os objetivos devem ser perfeitamente quantificáveis e facilmente identificáveis em um problema.

META – É o conjunto de objetivos pretendidos, sintetizado em uma única pretensão. É um objetivo genérico, composto. Em diversos casos, pode ser um aspecto subjetivo, como melhoria da qualidade de vida ou melhoria da qualidade da bacia. Do ponto de vista hierárquico, a meta compõe um conjunto de objetivos.

PROPÓSITOS - estariam mais ligados à operação ou a objetivos imediatos, por exemplo, redução de mau cheiro, tratamento de esgoto, captação de água. Ou seja, um determinado objetivo poderia ser alcançado através da execução de uma obra com propósitos múltiplos: Canalizar os esgotos, tratar o efluente doméstico, evitar o assoreamento do manancial e diminuir o número de casos de parasitoses.

ATRIBUTOS – São os pontos de vista considerados relevantes para a resolução ou análise de um problema. São características ou o conjunto de características mensuráveis de uma alternativa e que interferem na análise da mesma. Exemplo: custo de implantação, custo de operação, requisitos de área e energia, nível de remoção, etc. Os atributos são inerentes à alternativa, podem assumir valores dimensionais, como custo, concentração, área, etc, ou valores comparativos, por exemplo, nível de aceitação da população, confiabilidade do sistema, resistência a variações de vazão, que somente podem ser medidos em forma de comparação, tal como: alto, médio, baixo e insuficiente sem gradação entre eles.

CRITÉRIOS – São os padrões de julgamento das alternativas disponíveis. Quando se dispõe de apenas um critério, a decisão é mais imediata. Quando existem vários critérios de julgamento, será necessário estabelecer relações entre eles. Os critérios são inerentes ao pro-

blema e, mais particularmente, ao decisor.

RESTRIÇÕES – São limitações impostas pelo problema ou pela alternativa proposta. Podem advir de limitações de processo (capacidade de remoção de poluente, tempo de detenção hidráulico, capacidade de vazão) ou de limitações impostas pelo problema (nível admissível de concentração de DBO a ser lançado no manancial, valor teto do custo de implantação, área máxima de ocupação...). São particularmente importantes, pois podem inviabilizar determinada alternativa em consequência da especificidade do caso. São características inerentes tanto da alternativa como do problema.

DOMINÂNCIA – Dado dois elementos a e b , é dito que a domina b se $f(a) \geq f(b)$, onde f é a função objetivo que se quer maximizar/minimizar. Em análises de apenas um objetivo, a solução “ a ” é dita dominante se esta obtiver o valor máximo/mínimo da função objetivo. No entanto, em análises multiobjetivo, em geral determinada solução não domina as outras em todos os objetivos propostos. Não existe um único ótimo em um problema com múltiplos objetivos. Existe sim um conjunto de ótimos que satisfazem de formas diferentes, os diferentes objetivos envolvidos na análise. Em virtude de não se ter uma única função-objetivo a se maximizar ou minimizar, aplica-se o conceito do princípio da *OTIMALIDADE DE PARETO*, segundo o qual, para o conjunto das *soluções não dominadas*, é impossível sair-se de uma posição sem que algumas alternativas melhorem seu atendimento ao conjunto dos objetivos e outras tenham, em detrimento, sua eficiência diminuída.

PORTO e AZEVEDO (1998), citando COHON (1978) e HAIMES (1987), definem o conceito de *não-dominância* da seguinte forma: uma *solução não-dominada* é aquela em que a melhoria de uma função-objetivo só pode ser conseguida às custas da degradação de outra.

ANÁLISE MULTICRITÉRIO E MULTIOBJETIVO - Com a variedade de atributos de comparação entre alternativas, não há como determinar a superioridade de uma alternativa em relação às demais. A situação de dominância, onde a totalidade dos atributos de uma alternativa tem superioridade em relação aos atributos das demais, não fica configurada. Além disso, pode não ser possível determinar a hierarquização de soluções ótimas entre alternativas

comparadas, pois poderá ocorrer a dominância, em relação a um critério, entre alternativas que não necessariamente se verifique em outro.

Torna-se necessário o uso de ferramentas capazes de resolver esse tipo de questão. Essas ferramentas podem ainda abranger novos tipos de relações entre ações, tais como a indiferença e a incomparabilidade.

9.3.2 Método de Programação de Compromisso

O Método clássico de Programação de Compromisso ou Programação Negociada (do inglês *Compromise Programming*), apresentado inicialmente por ZELNY (1973), foi adaptado e aplicado na área dos recursos hídricos por DUCKSTEIN e OPRICOVIC (1980), que incluíram uma adaptação numérica para facilitar a interpretação dos resultados do método e aplicá-lo para problemas discretos. Caracteriza-se por ser um processo iterativo, geralmente com o estabelecimento progressivo das preferências por parte do decisor, até que seja atingida uma solução satisfatória. Há situações em que os pesos dos critérios de avaliação decorrem da estrutura do problema.

Segundo JARDIM (1999), a Programação de Compromisso baseia-se na noção geométrica do melhor, identifica-se a alternativa que é mais próxima de uma "solução ideal" através do emprego de uma medida chamada "grau de proximidade". A solução ideal é definida como o vetor $F^* = (f_1^*, f_2^*, f_3^*, \dots, f_n^*)$ onde as f_i^* são as soluções do problema:

$$\text{Max } f_i(x) \text{ , sujeito a } x \in X \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$$

Sendo x o vetor de decisões, n o número de critérios, X o conjunto de soluções viáveis e $f_i(x)$ a função objetivo para o critério i . Normalmente não é possível obter a solução ideal, pois nem sempre é possível obter um vetor x^* que seja solução para os n problemas.

Para problemas multiobjetivo com alternativas de solução discretizadas, faz-se:

Z_i^* o conjunto dos melhores valores das funções-objetivo e Z_i^{**} o conjunto dos piores valores das funções-objetivo.

A solução de melhor compromisso é caracterizada pelo vetor dos melhores valores alcançados em cada critério da matriz de avaliação. Ou seja:

$$L_s(x)_s^* = \min L_s(x_s) = \min \left\{ \sum_i^p \alpha_i^s \left[\frac{Z_i^* - Z_i(x)}{Z_i^* - Z_i^{**}} \right]^s \right\}^{\frac{1}{s}} \quad (7)$$

onde:

$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \dots + \alpha_n = 1$ são os pesos dados às alternativas propostas.

s é a importância que o decisor dá ao desvio das soluções de compromisso à solução ideal.

Finalmente, com estes valores e os parâmetros s e α , calcula-se a distância de cada alternativa até a solução ideal. A alternativa que apresentar a menor distância é a solução de melhor compromisso, o que corresponde ao melhor desempenho e a maior proximidade à solução ótima.

9.3.3 Método PROMETHEE

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations*) estabelece uma estrutura de preferência entre alternativas discretas, comparadas aos pares. A estrutura de preferência é definida como:

a P b se $f(a) > f(b)$ - a é preferível a b

a I b se $f(a) = f(b)$ - a é indiferente a b

No método PROMETHEE, a classificação das alternativas é dada pelo índice de preferência global de a sobre b , $\pi(a, b)$, para cada a e $b \in X$. (sendo X o conjunto total das alternativas). O índice de preferência global $\pi(a, b)$ é dado pela seguinte expressão:

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n \alpha_i P_i(a, b) \quad (8)$$

onde:

α_i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$, são pesos associados a cada critério analisado. O somatório dos pesos associados deverá ser 1.

$P_i(a,b)$: preferência da alternativa a sobre a b.

O índice de preferência global possibilita a avaliação de cada alternativa, $a \in X$, mediante a consideração das duas quantidades seguintes:

Fluxo de importância positivo :

$$\phi^+(a) = \sum_{x \in X} \pi(x, a) \quad (9)$$

Fluxo de importância negativo :

$$\phi^-(a) = \sum_{x \in X} \pi(x, a) \quad (10)$$

Com isso, a avaliação de cada alternativa, $a \in X$, pode ser efetuada considerando-se a determinação de dois outros valores: o “fluxo de importância positivo” $\phi_+(a)$ e o “fluxo de importância negativo” $\phi_-(a)$. O fluxo de importância positivo indica quanto cada alternativa domina as demais. O fluxo de importância negativo indica quanto cada alternativa é dominada pelas demais. A classificação das alternativas é feita considerando-se, para cada $a \in X$, o “fluxo de importância líquido”: $\phi = \phi_+(a) - \phi_-(a)$. A alternativa que alcançar o maior valor de ϕ é considerada a favorita.

9.3.4 Método ELECTRE

Segundo GOBETTI, O método ELECTRE (*Elimination and (Et) Choice Translating Reality*) aplica-se principalmente no tratamento de alternativas discretas avaliadas qualitativamente, com fixação prévia das preferências, por parte dos decisores. JARDIM (1999) acrescenta que a metodologia, desenvolvida por BENAYOUN et al. (1966) e ROY (1971) sustenta-se nos três conceitos fundamentais: *concordância*, *discordância* e *valores-limite* e utiliza um *intervalo de escala* no estabelecimento das *relações-de-troca* para a comparação das alternativas, aos pares.

Segundo GERSHON et al. (1982), citado por JARDIM (1999) o método se baseia na separação, do conjunto das alternativas de solução, daquelas que são as preferidas na maioria dos critérios de avaliação, sem causar um nível de descontentamento inaceitável para

qualquer um dos critérios fixados. A partir da matriz de avaliação, as alternativas são comparadas, aos pares, com base em relações de preferência, que não são necessariamente transitivas.

$a > b$ significa que a alternativa **a** é preferida à alternativa **b**

$a = b$ significa que **a** é equivalente à **b**

A concordância entre duas alternativas i e j é uma medida ponderada do número de critérios sob os quais a alternativa i é preferida ou equivalente à alternativa j . O índice de concordância é calculado pela seguinte fórmula:

$$C(i, j) = \frac{\sum [w(k') + \frac{1}{2} w(k'')]}{\sum w(p)} \quad (11)$$

onde: $w(k')$ = pesos dos critérios sob os quais $i > j$

$w(k'')$ = pesos dos critérios sob os quais $i = j$

$w(p)$ = pesos de todos os critérios

Comenta JARDIM (1999) que os índices de concordância são apresentados na forma de uma matriz de concordância, onde $C(i, j)$ representa o elemento da linha i e coluna j , ou seja, a satisfação que o decisor sente ao preferir a alternativa i frente à alternativa j , sob certo critério. O índice de discordância $D(i, j)$ representa o desconforto sentido pelo decisor ao escolher a alternativa i frente à alternativa j .

$$D(i, j) = \max \left\{ \frac{Z(j, k) - Z(i, k)}{R^*} \right\} \quad (12)$$

$k \in (j > i)$

Sendo: $(j > i)$ conjunto onde a alternativa j é preferida à alternativa i ;

k : os critérios sob os quais $j > i$;

$Z(j, k)$: a avaliação da alternativa j sob o critério k ;

$Z(i, k)$ a avaliação da alternativa i sob o critério k ;

R^* : o maior valor numérico dos intervalos de escala.

Prossegue o mesmo autor. Para o estabelecimento da matriz de discordância, inicialmente é definida uma escala numérica comum para todos os critérios, sendo que cada critério deve ter um intervalo de escala diferente. A escala é usada para comparar o desconforto causado entre o menor valor numérico (pior escolha) e o maior valor numérico (melhor escolha) de cada critério para cada par de alternativas. Essa escala comum é usada para medir o desconforto que o decisor sente ao preferir a alternativa i à alternativa j , considerados todos os critérios.

O maior valor da escala numérica comum define o critério sob o qual o decisor sente o maior desconforto ao mudar de nível, quando estabelece seu juízo de valor, em termos de preferência manifesta.

9.3.5 Método da Ponderação Aditiva

Segundo SOUSA et al. (2001), o Método de Ponderação Aditiva é um processo bastante simples e por isso muito utilizado. Consiste basicamente em atribuir para cada um dos objetivos $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$,..., $f_p(x)$, pesos de importância w_k . O problema se resume em calcular o somatório abaixo:

$$\text{Max} \sum_{k=1}^p w_k f_k(x) \quad (13)$$

Onde $w_k > 0$ é o coeficiente de ponderação do objetivo k . A alternativa com o maior valor será a de maior preferência pelo decisor. Conforme comentam SOUSA et al. (2000), este método é muito simples de ser aplicado, porém ele possui a limitação de não contemplar níveis de importância entre os objetivos. Ou seja, para o algoritmo, o objetivo de remoção de DBO possui a mesma importância que remoção de NMP de coliformes, e assim por diante.

10. SOFTWARE SAD – SISTEMA DE APOIO À DECISÃO – ESTUDO DE CASO

10.1 GENERALIDADES

O software SISTEMA DE APOIO À DECISÃO, desenvolvido pela REDE PROSAB 2 (SOUSA, CORDEIRO NETTO e LOPES JÚNIOR, 2002) visou auxiliar na escolha de uma alternativa para pós-tratamento de reatores anaeróbios, no âmbito de um universo de alternativas possíveis. Para isso, desenvolveu um banco de dados com os atributos, restrições e possibilidades dos sistemas de pós-tratamento para reatores anaeróbios.

O que propõe o presente trabalho é ampliar este banco de dados com mais sistemas de tratamento de esgoto doméstico que conjuguem simplicidade, baixo custo e eficiência, a fim de serem empregados como alternativas de tratamento de esgotos domésticos para pequenas comunidades. Para isso, foram levantados, na literatura especializada, dados a respeito de outros sistemas de tratamento de esgotos domésticos que possam ser aplicados em regiões de difícil acesso e população reduzida.

A REDE PROSAB 2, assim como a nossa proposta, parte do pressuposto que o local da futura estação de tratamento já foi previamente escolhido (geralmente, dois ou três locais possíveis de implantação seriam previamente selecionados). É premissa do modelo, também, que um sistema de coleta de esgotos separador absoluto já existe ou será implantado. Além da rede coletora, é pressuposta a existência de sistema preliminar de tratamento (basicamente, caixa de gordura e grade).

O software SAD – Sistema de Apoio à Decisão – é um aplicativo, desenvolvido em linguagem de programação *DELPHI*, que utiliza um banco de dados do tipo *.mdb*, compatível com o aplicativo de bancos de dados *MICROSOFT ACCESS*. Apesar de ser um sistema que não permite ao usuário alterações no nível de programação, é possível desenvolver (como foi feito neste trabalho) tabelas e relatórios a partir dos já existentes. A última versão do SAD, utilizada no presente trabalho, foi lançada no *site* da FINEP em abril de 2003.

10.2 ESTRUTURA DO SAD

A metodologia de utilização do SAD utiliza métodos de pré-seleção simples, do tipo verdadeiro/falso, conjugado a métodos sofisticados de análise multiobjetivo e multicritério. A seqüência do programa segue a mesma ordem proposta pela metodologia de análise multicritério, desenvolvida por SOUZA (2001), a partir da execução de 4 fases assim descritas:

FASE I - INSTRUÇÕES GERAIS E INFORMAÇÃO DE DADOS

FASE II – PRÉ-SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS VIÁVEIS AO CASO

FASE III – AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA

FASE IV – ANÁLISE TECNOLÓGICA GLOBAL (MULTICRITÉRIO)

10.2.1 Fase I - Instruções Gerais e Informação de Dados

Nesta etapa do programa, são informados os dados de entrada das alternativas a serem analisadas e do local onde está sendo proposta a instalação do sistema. A tela *Cadastro* possui três telas de entrada de dados dispostas da seguinte ordem: *Cadastro de Alternativas*, *Cadastro de Casos* e *Cadastro de Configurações*.

10.2.1.1 Cadastro de Alternativas

O SAD vem com 12 alternativas de tratamento de esgoto já cadastradas, utilizando o reator UASB como dispositivo de tratamento em nível secundário e outros dispositivos de tratamento em nível de polimento. Com base em pesquisa na bibliografia nacional, foram cadastrados 5 outras alternativas para tratamento, levando-se em conta principalmente a simplicidade de construção/operação e o baixo custo. O software tem capacidade de analisar até 50 alternativas cadastradas.

Algumas alternativas cadastradas no SAD não foram objeto deste estudo em virtude da sua complexidade de instalação/operação não serem compatíveis com a realidade dos PEF. Entretanto, as referidas alternativas permaneceram para serem analisadas durante a pesquisa com o intuito de torna-la mais abrangente. Nas referências podem ser encontradas diver-

das fontes de pesquisa a respeito das alternativas abordadas neste trabalho, bem como das demais cadastradas no SAD. As tecnologias consideradas de maior complexidade são as seguintes: UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso, UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido, UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco, UASB seguido de Filtro Biológico de Alta Taxa, UASB seguido de Lagoa Aerada Aeróbia (Mistura Completa) e UASB seguido de Sistema de Lodos Ativos

A tela *Cadastro de Alternativas* possui 4 telas : (a) Restrições técnicas, (b) Concentração de Efluentes, (c) Grau de tratamento e (d) Critérios de Avaliação.

Cadastro de Alternativas

Arquivo Registro ?

Incluir Editar Apagar Gravar Cancelar Pesquisar Sair

Codigo da Alternativa: Descrição:

Wetlands UASB seguido de Wetlands

Restrições Técnicas | Concentração de Efluentes | Grau de Tratamento | Critérios de Avaliação

Declividade Máxima do Terreno: 20 % Espessura Mínima do Solo: 0 m ☐ Permite Afloramento de Rochas?

Declividade Mínima do Terreno: 1 % Profund. Mín.Camada Perm. Solo: 0 m

Permeabilidade Mínima do Solo: 0 cm/h Demanda por Área: 0,8 m²/hab

Permeabilidade Máxima do Solo: 0 cm/h Custo de Implantação: 60 R\$/hab

Nível Máximo do Lençol Freático: 0 m Energia Exigida: 0 kWh/hab.ano

FIGURA 23: TELA DE CADASTRO DAS RESTRIÇÕES TÉCNICAS DAS ALTERNATIVAS
FONTE: SAD – PROSAB 2001

Nos campos de restrições técnicas são informados os parâmetros restritivos de cada uma das alternativas: (a) declividade máxima do terreno (%), (b) declividade mínima do terreno (%), (c) permeabilidade máxima do solo (cm/h), (d) permeabilidade mínima do solo (cm/h), (e) nível máximo do lençol freático (m), (f) espessura mínima do solo (m), (g) profundidade mínima da camada permeável do solo (m), (h) demanda por área (m²/hab), (i) custo de implantação (R\$/hab), (j) energia requerida (kWh/hab.ano) e (l) se permite afloramento de rocha. As alternativas propostas pela rede PROSAB 2 foram cadastradas anteriormente e os dados de restrição já constam no banco de dados do programa. É permitido incluir novas al-

ternativas, bem como editar e excluir dados já cadastrados. Como sugestão para o modelo, é apresentada a idéia de criar dois ou três parâmetros, para concentrações de efluentes e grau de tratamento, cujos títulos e unidades o usuário possa editar. Dessa forma, o usuário tem a liberdade de avaliar outros que não tenham sido propostos no modelo atual, tais como: óleos e graxas, traços de algum contaminante, etc...

Na tela *Concentração de Efluentes*, o usuário deverá preencher informações a respeito das concentrações esperadas do efluente após passar pela alternativa. Nem todos os campos precisam ser preenchidos, caso o usuário introduza um valor nulo ou o campo fique sem preenchimento, o programa interpretará como dado não informado. Os parâmetros pro-

Cadastro de Alternativas

Arquivo Registro ?

Incluir Editar Apagar Gravar Cancelar Pesquisar Sair

Código da Alternativa: Descrição:

Restrições Técnicas Grau de Tratamento

SS Total: 0 %

DBO Total: 90 %

DBO Filtrado: %

DQO Total: %

DQO Filtrado: %

NTK: 37,5 %

Fósforo Total: 40 %

Concentração de Efluentes Critérios de Avaliação

Colif. Totais: 80 %

Colif. Fecais: 80 %

Turbidez: %

Sólidos Totais: 90 %

FIGURA 24: TELA DE CADASTRO DO GRAU DE TRATAMENTO PRETENDIDO

FONTE: SAD – PROSAB 2001

postos são os seguintes: (a) DBO total (mg/L), (b) DBO Filtrada (mg/L), (c) DQO Total (mg/L), (d) DQO Filtrada (mg/L), (e) Sólidos em Suspensão Totais (mg/L), (f) Sólidos Totais (mg/L), (g) Carbono Orgânico Total (mg/L), (h) Nitrogênio Total de *KEDJAH*L (mg/L), (i) Fósforo Total (mg/L), (j) Coliformes Totais (NMP/100 mL), (l) Coliformes Fecais (NMP/100 mL) e (m) Turbidez (mg/L).

Nos campos da tela *Grau de Tratamento* são inseridos os valores percentuais máximos de remoção de cada um dos parâmetros descritos na tela anterior.

A última tela do *Cadastro de Alternativas* discorre sobre os *Critérios de Avaliação*

FIGURA 25: TELA DE CADASTRO DO CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE CADA SISTEMA.

FONTE: SAD – PROSAB 2001

do decisor a respeito de parâmetros preestabelecidos. A gradação dos parâmetros é a mesma e varia de 1 a 5, sendo o valor mais baixo correspondente ao aspecto mais positivo do parâmetro, enquanto a nota 5 corresponde ao aspecto mais desfavorável. Os parâmetros de análise são os seguintes: (a) requisitos de área construída, (b) custo de implantação, (c) custo de operação e manutenção, (d) dificuldades de construção, (e) dificuldades de operação e manutenção, (f) consumo de energia, (g) resistência a choques de carga, (h) nível de instrução para operação e manutenção, (i) rejeição do público e (j) dificuldade de ampliação.

10.2.1.2 Cadastro de Casos

As telas de cadastro de casos são bem semelhantes às telas de cadastro de alternativas. Na tela *Cadastro de Casos* o usuário deverá inserir os dados relativos à região onde está sendo proposta a alternativa de tratamento. É possível inserir novos casos, editar e excluir casos já existentes. Esta tela se divide da seguinte forma: *Restrições Técnicas*, *Concentrações de Efluentes* e *Grau de Tratamento*.

Na tela *Restrições Técnicas*, os campos tratam de parâmetros técnicos para a instalação de sistemas de tratamento. Os dados de entrada são os seguintes: (a) declividade do terreno (%), (b) população de projeto, (c) permeabilidade do solo (cm/h), (d) nível do lençol freático (m), (e) área máxima ocupada, (f) profundidade da camada impermeável (m), (g) custo máximo de implantação (R\$/hab), (h) custo máximo de Operação e Manutenção (R\$/hab.ano), (i) espessura do solo (m), (j) se existe abastecimento de energia elétrica e (l) se existe afloramento de rocha.

Na tela *Concentrações de Efluentes* são informados os níveis de concentração de efluentes permitidos após o tratamento, em função da legislação ambiental e da capacidade de recuperação do corpo receptor. Os campos de entrada desta tela são os seguintes: (a) DBO total (mg/L), (b) DBO Filtrada (mg/L), (c) DQO Total (mg/L), (d) DQO Filtrada (mg/L), (e) Sólidos em Suspensão Totais (mg/L), (f) Sólidos Totais (mg/L), (g) Carbono Orgânico Total (mg/L), (h) Nitrogênio Total de *KEDJAH*L (mg/L), (i) Fósforo Total (mg/L), (j) Coliformes Totais (NMP/100 mL), (l) Coliformes Fecais (NMP/100 mL) e (m) Turbidez (mg/L).

A última tela de cadastro de casos é a de *Grau de Tratamento*. Nela são inseridos os valores percentuais mínimos toleráveis de concentrações removidas de cada um dos parâmetros descritos na tela anterior.

10.2.1.3 Cadastro de Configurações

A tela *Cadastro de Configurações* se refere ao limite para seleção do contexto tecnológico. Nela serão inseridos os limites de concentração de poluentes e do número de habitantes para o sistema proposto. Os dados de entrada são: (a) DBO total (mg/L), (b) DBO Filtrada (mg/L), (c) DQO Total (mg/L), (d) DQO Filtrada (mg/L), (e) Sólidos em Suspensão Totais (mg/L), (f) Sólidos Totais (mg/L), (g) Carbono Orgânico Total (mg/L), (h) Nitrogênio Total de *KEDJAH*L (mg/L), (i) Fósforo Total (mg/L), (j) Coliformes Totais (NMP/100 mL), (l) Coliformes Fecais (NMP/100 mL), (m) Turbidez (mg/L) e (n) População. É possível inserir novos limites, editar e excluir limites já existentes.

Limites para Seleção do Contexto Tecnológico		
Arquivo Registro ?		
Incluir	Editar	Apagar
Gravar	Cancelar	Pesquisar
Sair		
Codigo da Caso:	População:	
Limite1	100000 hab	
Solidos Totais:	DBO Total:	Turbidez:
150 mg/L	90 mg/L	20 mg/L
SS Total:	DBO Filtrado:	Cot Total:
100 mg/L	40 mg/L	45 mg/L
NMP Colif. totais:	DQO Total:	NTK:
250000 NMP	270 mg/L	25 mg/L
NMP Colif. Fecais:	DQO Filtrado:	Fósforo Total:
250000 NMP	100 mg/L	4 mg/L

FIGURA 26: TELA DE LIMITES TECNOLÓGICOS PARA A SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

FONTE: SAD – PROSAB 2001

10.2.2 Fase II – Pré-Seleção de Alternativas Viáveis ao Caso

Nessa fase, as alternativas cadastradas no banco de dados do sistema, e consideradas como tecnologias reconhecidamente aprovadas, são verificadas quanto às restrições operacionais de cada sistema e quanto às restrições impostas pelas condições locais. Serão comparados valores das alternativas cadastradas pelo usuário e as que já fazem parte do banco de dados do PROSAB com os respectivos valores do caso a ser estudado. A partir de consulta a esses dados, verifica-se quais das alternativas consideradas inicialmente são viáveis para o caso em questão, isto é, quais atendem às restrições técnicas impostas a elas, em função das condições locais.

A pré-seleção de alternativas é realizada por meio de um procedimento de exclusão das alternativas que não atendem a um conjunto.

Seleção de Critérios da Pré-Seleção

-Caso Selecionado: **Gama**

Restrições Técnicas:	Conc. de Efluentes:	Grau de Tratamento:
☐ Declividade do Terreno	☐ Sólidos Totais	☐ Sólidos Totais
☐ Permeabilidade do Solo	☐ SS Total	☐ SS Total
☐ Nível Máximo do Lençol Freático	☐ DBO Total	☐ DBO Total
☐ Espessura Mínima do Solo	☐ DBO Filtrado	☐ DBO Filtrado
☐ Profund. Mín. Camada Perm. Solo	☐ DQO Total	☐ DQO Total
☐ Área Máxima Ocupada	☐ DQO Filtrado	☐ DQO Filtrado
☐ Custo Máximo de Implantação	☐ Cot Total	☐ Cot Total
☐ Custo Máximo de O&M	☐ NTK	☐ NTK
☐ Existe Abastecimento de Energia?	☐ Fósforo Total	☐ Fósforo Total
☐ Existe Afloramento de Rochas?	☐ NMP Colif. totais	☐ NMP Colif. totais
	☐ NMP Colif. Fecais	☐ NMP Colif. Fecais
	☐ Tubidez	☐ Tubidez
☒ Marcar Todos	☒ Marcar Todos	☒ Marcar Todos
☐ Desmarcar Todos	☐ D Todos	☐ D Todos

☒ Ok ☐ Sair

FIGURA 27: TELA DE SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS A SEREM AVALIADOS NA FASE II

FONTE: SAD – PROSAB 2001

Parâmetros referentes a *Restrições Técnicas*, *Concentrações de Efluentes* e *Grau de Tratamento* serão confrontados. O usuário tem a possibilidade de escolher quais os parâmetros que farão parte do processo de pré-seleção das alternativas. O processo de pré-seleção se dá conforme a seguinte sequência:

1) As alternativas que não apresentarem eficiência de remoção (grau de tratamento) maior que a eficiência mínima de remoção serão excluídas.

2) Leitura dos dados informados das características mínimas possíveis de qualidade do efluente tratado por cada alternativa, isto é, as concentrações mínimas que cada processo de tratamento é capaz de fornecer. São excluídas as alternativas que não atendem ao critério das concentrações mínimas possíveis para o efluente, sendo descartadas quando a concentração exigida para o caso em estudo for menor que a mínima possível fornecida pela alternativa.

3) Critério da necessidade de área – é calculada a necessidade de área de terreno das alternativas a partir da necessidade de área por habitante vezes o número de habitantes previsto no caso. Serão excluídas as alternativas inviáveis, em função do critério de ocupação de espaço, isto é, são eliminadas as alternativas que exigem área maior do que a disponível designada pelo caso em estudo.

4) Critério das declividades mínimas e máximas do terreno requeridas pelas alternativas. São excluídas as alternativas cujas declividades ultrapassam os valores dos casos.

5) Os demais critérios, tais como profundidade mínima do lençol freático, profundidade mínima da camada impermeável, profundidade mínima da camada impermeável, percolação mínima do solo, profundidade mínima do lençol freático, profundidade mínima da camada impermeável, espessuras mínimas de solo, condições de ocorrência de rochas, são analisados por comparação de valores.

6) Ao final da análise de pré-seleção, são geradas tabelas de resultado de pré-seleção, onde constam todas alternativas, classificadas ou não, e o respectivo parâmetro de classificação. As presentes tabelas foram disponibilizadas neste trabalho em relatório Access para que o usuário disponha dos dados de saída.

Seleção de Alternativas	
Alternativa	Aprovado
☒ UASB seguido de Vala de Filtração	Não
☐ UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso	Não
☐ UASB seguido de Sistema de Lodos Ativados	Sim
☐ UASB seguido de Lagoa Aerada Aeróbia (Mist. Compl)	Sim
☐ UASB seguido de Wetlands	Sim
☐ UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido	Sim
☐ UASB seguido de Filtro Anaeróbio	Sim
☐ UASB seguido de Escoamento Superficial	Sim
☐ UASB seguido de Filtro Biológico de Alta Taxa	Sim
☐ UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	Não
☐ UASB seguido de Lagoa de Polimento	Não
☐ UASB seguido de Escoamento Subsuperficial	Sim
☐ Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	Sim
☐ Lagoa Facultativa	Sim
☐ Lagoa Anaerobia seguida de Lagoa Facultativa	Sim

Ok

FIGURA 28: TELA DE RESULTADO DA PRÉ-SELEÇÃO NA FASE II
 FONTE: SAD – PROSAB 2001

10.2.3 Fase III – Avaliação Tecnológica

Na fase *AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA* são analisadas as alternativas pré-selecionadas na fase anterior. Na tela *SELEÇÃO DOS CRITÉRIOS*, o usuário escolherá quais os critérios de avaliação que farão parte nesta fase da análise. Os critérios de avaliação de cada análise foram configurados na fase de cadastro e representam o grau de efeito, ou causa, que cada alternativa de tratamento representa em relação ao caso em estudo. Os critérios de avaliação propostos no programa são os seguintes: Demanda por área de implantação/construção; custo de implantação/construção, custo de operação e manutenção; simplicidade/facilidade de implantação/construção; simplicidade/facilidade de operação e manutenção; resistência a choques de cargas; flexibilidade e possibilidade de expansão; produção de impacto ambiental; quantidade produzida de resíduos sólidos; disposição adequada/reaproveitamento de resíduos sólidos; exigência em capacitação de recursos humanos; utilização preferencial de recursos materiais locais; nível de rejeição do público ao tratamento e confiabilidade no fornecimento de energia.

Seleção de Contextos

Atenção:
O Contexto abaixo foi selecionado conforme os dados dos limites e do caso, sendo permitida a adequação do contexto e a alteração dos pesos pré-definidos para cada critério, caso o usuário deseje

Selecione o Contexto Adequado:

- ☒ Sistema de pequeno porte em local de alto risco ambiental-epidemiológico
- ☐ Sistema de pequeno porte em local de baixo risco ambiental-epidemiológico
- ☐ Sistema de médio porte em local de alto risco ambiental-epidemiológico
- ☐ Sistema de médio porte em local de baixo risco ambiental-epidemiológico

Critérios de Avaliação:

	Pesos Adotados:
☒ Requisitos de Área para Construção	5,75
☒ Custo de Implantação e Construção	6
☒ Custo de Operação e Manutenção	6,75
☒ Dificuldade de Construção	4,5
☒ Dificuldade de Operação e Manutenção	5,5
☒ Consumo de Energia	3,25
☒ Resistência a Choques de Carga	5,25
☒ Nível de Instrução do Pessoal para O&M	3,25
☒ Rejeição do Público em Geral	5
☒ Dificuldade em Realizar Ampliações	3

☒ Marcar Todos ☐ Desmarcar Todos

☒ Ok

 **Restaura Pesos**

FIGURA 29: TELA DE PESOS ADOTADOS CONFORME O CENÁRIO ESCOLHIDO
FONTE. SAD – PROSAB 2001

Em seguida, na tela *SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS*, o usuário poderá escolher quais as alternativas a serem analisadas na próxima fase. O programa apresenta as alternativas pré-selecionadas, no entanto, caso seja opção do usuário analisar uma alternativa não selecionada, poderá fazê-lo através nesta tela. Na tela *PROCESSAMENTO* serão apresentadas as alternativas analisadas, os respectivos critérios de análise e os pesos.

Segundo SOUSA et al. (2001) os pesos dos critérios sofrem influência do contexto tecnológico, ou seja, os pesos variam com cada caso sendo simulado. Sendo assim, foram criados quatro conjuntos de pesos para os critérios de avaliação. Cada um desses conjuntos de pesos foi extraído de um questionário, remetido a todos os pesquisadores da rede PROSAB 2. Nele, cada pesquisador emitiu uma nota para cada um dos 18 critérios estabelecidos e considerando quatro cenários de análise, para tanto, foram definidos e descritos quatro tipos de contexto que representariam a maioria das situações brasileiras. O quadro 20 apresenta a média aritmética dos pesos atribuídos pelos participantes da Rede PROSAB 2 a cada critério de avaliação.

O SAD utiliza 10 dos 18 critérios avaliados e resumidos no quadro 20. Critérios importantes como os de número 12, 13 e 14 não foram considerados na análise do programa. Como recomendação para a melhoria do software, é sugerida a inclusão de todos os critérios pesquisados na Rede PROSAB 2. Um outro critério importante a ser incluído seria o risco epidemiológico para a comunidade.

Alguns pesos adotados na Rede PROSAB 2 poderia ser reavaliados para trabalhos futuros na região Amazônica. Para a realidade dos Pelotões de Fronteira, alguns critérios como 9, 15, 16, 17 devem ser majorados a fim de corresponder às condições locais.

QUADRO 20: CONJUNTOS DE PESOS USADOS NA AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS – REDE PROSAB 2

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	CONTEXTO			
	0	1	2	3
1. EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA	11,75	13,00	12,00	11,00
2. EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO	5,50	3,00	4,50	4,75
3. EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE FÓSFORO	5,75	2,25	4,75	3,75
4. EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE ORGANISMOS PATOGÊNICOS	10,75	6,75	11,00	5,75
5. DEMANDA POR ÁREA DE IMPLANTAÇÃO/CONSTRUÇÃO	5,75	7,00	5,00	4,25
6. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO/CONSTRUÇÃO	6,00	9,00	5,25	8,00
7. CUSTO DE OPERAÇÃO/MANUTENÇÃO	6,75	9,75	6,00	8,00
8. SIMPLICIDADE/FACILIDADE DE IMPLANTAÇÃO/CONSTRUÇÃO	4,50	8,50	4,25	7,25
9. SIMPLICIDADE/FACILIDADE DE OPERAÇÃO/MANUTENÇÃO	5,50	8,75	4,50	7,00
10. RESISTÊNCIA A CHOQUES DE CARGA	5,25	3,50	5,50	4,00
11. FLEXIBILIDADE E POSSIBILIDADE DE EXPANSÃO	3,00	2,25	5,00	3,75
12. PRODUÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO	6,50	4,75	6,00	6,25
13. QUANTIDADE PRODUZIDA DE RESÍDUOS SÓLIDOS (LODOS, ETC.)	4,25	4,25	5,50	6,75
14. DISPOSIÇÃO ADEQUADA/REAPROVEITAMENTO DOS SÓLIDOS	5,25	4,25	5,75	6,25
15. EXIGÊNCIA EM CAPACITAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS	3,25	5,00	4,75	4,25
16. UTILIZAÇÃO PREFERENCIAL DE RECURSOS MATERIAIS LOCAIS	2,00	3,25	1,75	3,00
17. NÍVEL DE REJEIÇÃO DO PÚBLICO AO TRATAMENTO	5,00	2,25	3,75	3,25
18. CONFIABILIDADE NO FORNECIMENTO DE ENERGIA	3,25	2,50	4,75	2,75

FONTE: SOUZA et al. (2001)

CONTEXTO 0: SISTEMA DE PEQUENO PORTE DE ALTO RISCO AMBIENTAL-EPIDEMIOLÓGICO

CONTEXTO 1: SISTEMA DE PEQUENO PORTE DE BAIXO RISCO AMBIENTAL-EPIDEMIOLÓGICO

CONTEXTO 2: SISTEMA DE MÉDIO PORTE DE ALTO RISCO AMBIENTAL-EPIDEMIOLÓGICO

CONTEXTO 3: SISTEMA DE MÉDIO PORTE DE BAIXO RISCO AMBIENTAL-EPIDEMIOLÓGICO

10.2.4 Fase IV – Análise Tecnológica Global (Multicritério)

Nesta etapa, alguns algoritmos de análise multiobjetivo e multicritério são utilizados para relacionar de forma hierárquica, dentre as alternativas selecionadas, quais as mais adequadas, para os critérios estabelecidos. São utilizados os métodos da PONDERAÇÃO ADITIVA, COMPROMISE PROGRAMMING, PROMETHEE e a série ELECTRE.

Resultado - Ponderação Aditiva	
Alternativa	Pontos
▶ UASB seguido de Lagoa de Polimento	5527911E38
☐ Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	50,25000
☐ Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	60,01715
☐ UASB seguido de Filtro Anaeróbio	68,75000
☐ UASB seguido de Escoamento Superficial	87,25000
☐ UASB seguido de Wetlands	98,00000
☐ UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	131,50000

Ok

FIGURA 30: TELA DE RESULTADOS – PONDERAÇÃO ADITIVA

FONTE: SAD – PROSAB 2001

Resultado Promethee II	
Alternativa	Fluxo/Importancia
▶ Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	51,3125
☐ Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	41,6875
☐ UASB seguido de Filtro Anaeróbio	13,6875
☐ UASB seguido de Escoamento Superficial	1
☐ UASB seguido de Lagoa de Polimento	-3,8125
☐ UASB seguido de Wetlands	-7,75
☐ UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	-96,125

Ok

FIGURA 31: TELA DE RESULTADOS – PROMETHEE II

FONTE: SAD – PROSAB 2001

Para a execução dos algoritmos de análise, é necessário introduzir os pesos de critérios de avaliação para o caso em estudo. Para cada critério de análise proposto na fase anterior, corresponderá um peso proposto pelo usuário. O programa propõe, baseado na pesquisa da rede PROSAB 2, quatro contextos de avaliação: contexto 0, sistema de pequeno porte de alto risco ambiental-epidemiológico; contexto 1, sistema de pequeno porte de baixo risco ambiental-epidemiológico; contexto 2, sistema de médio porte de alto risco ambiental-epidemiológico; e contexto 3, sistema de médio porte de baixo risco ambiental-epidemiológico. O usuário poderá adotar um dos quatro contextos propostos, ou, a partir de-

Resultado - Ponderação Aditiva		
Alternativa	Pontos	
► UASB seguido de Lagoa de Polimento	5527911E38	
□ Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	50,25000	
□ Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	60,01715	
□ UASB seguido de Filtro Anaeróbio	68,75000	
□ UASB seguido de Escoamento Superficial	87,25000	
□ UASB seguido de Wetlands	98,00000	
□ UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	131,50000	
☒ Ok		

FIGURA 30: TELA DE RESULTADOS – PONDERAÇÃO ADITIVA

FONTE: SAD – PROSAB 2001

Resultado Promethee II		
Alternativa	Fluxo/Importancia	
► Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	51,3125	
□ Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	41,6875	
□ UASB seguido de Filtro Anaeróbio	13,6875	
□ UASB seguido de Escoamento Superficial	1	
□ UASB seguido de Lagoa de Polimento	-3,8125	
□ UASB seguido de Wetlands	-7,75	
□ UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	-96,125	
☒ Ok		

FIGURA 31: TELA DE RESULTADOS – PROMETHEE II

FONTE: SAD – PROSAB 2001

Para a execução dos algoritmos de análise, é necessário introduzir os pesos de critérios de avaliação para o caso em estudo. Para cada critério de análise proposto na fase anterior, corresponderá um peso proposto pelo usuário. O programa propõe, baseado na pesquisa da rede PROSAB 2, quatro contextos de avaliação: contexto 0, sistema de pequeno porte de alto risco ambiental-epidemiológico; contexto 1, sistema de pequeno porte de baixo risco ambiental-epidemiológico; contexto 2, sistema de médio porte de alto risco ambiental-epidemiológico; e contexto 3, sistema de médio porte de baixo risco ambiental-epidemiológico. O usuário poderá adotar um dos quatro contextos propostos, ou, a partir de-

Resultado Compromise Programming	
Alternativa	GrauProximidade
☒ Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	1.499,98438
☐ Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	1.281,11255
☐ UASB seguido de Lagoa de Polimento	1.091,11499
☐ UASB seguido de Filtro Anaeróbio	1.050,77655
☐ UASB seguido de Escoamento Superficial	947,70288
☐ UASB seguido de Wetlands	805,00116
☐ UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	272,00000

FIGURA 32: TELA DE RESULTADOS – COMPROMISE PROGRAMMING
 FONTE: SAD – PROSAB 2001

les, criar outros contextos de cenário.

O software SAD apresenta uma peculiaridade em relação aos métodos COMPROMISE PROGRAMMING E PONDERAÇÃO ADITIVA. Trata-se da inversão dos valores que os respectivos algoritmos consideram como a solução mais adequada. Ao contrário do que é exposto na metodologia, no método COMPROMISE PROGRAMMING, a solução mais adequada é aquela que apresenta o maior valor atribuído ao grau de proximidade. No método PONDERAÇÃO ADITIVA, a solução mais adequada é aquela que apresentar menor pontuação (no caso específico da figura apresentada, o valor apresentado corresponde a um número muito próximo de zero). A explicação para esta inversão de interpretação se dá em virtude do Software utilizar os pesos de importância das alternativas na ordem decrescente, ou seja, o menor valor corresponde ao melhor desempenho, assim como o maior valor corresponde ao pior desempenho da alternativa.

Cumprе ressaltar a importância de critérios de avaliação para o aspecto epidemiológico. Sugere-se a criação de dois novos critérios: risco epidemiológico e risco ambiental.

Ao final, o usuário, instruído pelos resultados obtidos com a aplicação dos métodos multicritério, pode chegar a uma decisão, sendo a alternativa selecionada virtualmente a mais aceitável socialmente, culturalmente, ambientalmente e economicamente, do ponto de vista das pessoas atuando na "decisão" (SOUZA & FORSTER, 1996).

10.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DO SAD – PEF IPIRANGA

10.3.1 Generalidades

Uma das maiores preocupações quando se vai implantar uma nova unidade do exército, tem sido a preservação ambiental da área e a proteção da população, dos impactos supervenientes. Em muitos casos, os Pelotões de Fronteira são instalados em áreas de Unidades de Conservação (parques nacionais, florestas nacionais, áreas de preservação permanente, estações ecológicas, áreas de relevante interesse ecológico, reservas biológicas, áreas de proteção ambiental, reservas extrativistas, reservas ecológicas e reservas florestais) ou Terras Indígenas. Em decorrência desse fato, precauções e providências têm que ser tomadas a fim de não interferir de forma brusca e negativa no equilíbrio do ecossistema e no hábitat de populações nativas, além de contrariar a legislação vigente.

O saneamento básico, das ações de infraestrutura urbana, é sem dúvida o mais necessário nesses casos, mais particularmente a captação e distribuição de água potável; coleta, tratamento e destinação final dos esgotos sanitários.

Tal desafio é agravado pela problemática das condições locais, tanto dos pontos de vista ambiental, antropológico, quanto tecnológico, que determinarão restrições de alguns sistemas.

10.3.2 Pelotão Especial de Fronteira de Ipiranga

O Pelotão Especial de Fronteira de Ipiranga localiza-se no município de Santo Antônio do Içá, estado do Amazonas, junto à fronteira do Brasil com a Colômbia. O PEF situa-se na margem direita do rio *IÇÁ*, que recebe o nome de rio *PUTUMAYO* no lado Colombiano. As instalações do PEF ocupam uma área total de 2.614.330,65 m², dispõem de 35 benfeitorias e estão sob responsabilidade do 8º Batalhão de Infantaria de Selva.

O PEF de Ipiranga foi escolhido para compor o estudo de caso pelos seguintes motivos: (a) caracteriza-se por uma pequena nucleação urbana do Exército Brasileiro; (b) a sua localização e as condições de implantação indicam que se desenvolverá como comunidade; (c) existe uma real necessidade de implantação de um sistema de coleta e tratamento e esgoto,

xiste uma real necessidade de implantação de um sistema de coleta e tratamento e esgoto, tendo sido já solicitado pelo poder municipal ao Projeto Calha Norte; (d) está em fase de estudo preliminar no PCN a implantação do referido sistema; (e) no pelotão existe uma estação de monitoramento hidrológico e de qualidade de água em operação, com dados históricos levantados.

A região onde se encontra o PEF Ipiranga, no vale do rio Içá, é caracterizada como planície fluvial - área aplainada resultante de acumulação fluvial - aluvião. O material data do período Cenozóico, Quaternário, Pleistoceno (CPRM, 2000).

A formação Içá é constituída de arenito amarelado/avermelhado/amarronzado, ferruginoso, friável, com ampla variação granulométrica (CPRM, 2000), constituído de areias e argilas, sedimentos inconsolidados holocênicos, depósitos recentes e atuais. A bacia é suscetível a erosão e periodicamente alagada, podendo apresentar diques, canais anastomosados. O solo predominante é pouco desenvolvido (característica principal, pouca evolução dos perfis), pouco húmico, álico (saturação por alumínio igual ou superior a 50%), aluviais eutróficos (saturação por bases igual ou superior a 50%), composto de argila de atividade baixa (capacidade de troca de cátions da fração mineral do solo inferior a 24 meq/100 g) e textura argilo-arenosa com pouca profundidade, do grupo de solos aluviais, fortemente drenados e com o lençol freático quase superficial (RADAMBRASIL, 1977). O coeficiente de infiltração do solo para este tipo de terreno varia de 40 a 60 l/m³/dia e o lençol freático se encontra a baixa profundidade, perto de 1,5 metros. O terreno é muito plano a pouco movimentado, tipicamente fluvial, com vales abertos em forma de “U” (IBGE, 2000).

O clima predominante da área é o Equatorial Quente e Super-úmido, caracterizando-se pela ausência de período de seca, temperatura do mês mais frio superior a 20 °C, estações do ano pouco evidentes, amplitude térmica anual muito baixa, dia e noite aproximadamente com a mesma duração, estado higrométrico muito elevado (RADAM BRASIL, 1977). As temperaturas mínimas, médias e máximas mensais do ar sofrem pouca variação ao longo do ano, tendo seus valores médios perto de 24 °C, 27 °C e 33 °C respectivamente. A precipitação média anual registrada na região é de 2.932 mm/ano (CPRM, 2000).

O Rio Içá se caracteriza como rio de planície, pouca declividade, possui várias ilhas, com uma vazão mínima, registrada em março 1980, de 1.296 m³/s, e uma vazão máxima, registrada em julho de 1989, de 12.983 m³/s. As cotas correspondentes a estas vazões foram de, respectivamente, 8,59 m e 15,99 m. Campanhas de qualidade da água, realizadas recentemente, registraram os seguintes parâmetros de qualidade:

QUADRO 21: PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA – ESTAÇÃO IPI-RANGA VELHO

DATA DA COLETA	15/10/2001	12/01/2002	15/04/2002	09/07/2002
Temperatura da Amostra (° C)	30,0	28,4	26,8	25,6
pH	5,7	5,3	6,2	6,8
Turbidez (FTU)	41,0	39,0	42,0	37,0
Condutividade Elétrica (µS/cm a 20° C)	66,0	18,0	13,0	14,0
OD (mg/L)	5,1	2,20	5,3	5,1
SS Totais (mg/L)	34,0	67,0	47,0	49,0

FONTE: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - HIDROWEB

Como atividade econômica, destaca-se a extração de madeira, dentre as espécies mais exploradas - *Virola*, *Louro*, *Itaúba* e *Jacareúba*. A agricultura é de subsistência, em sistemas de roças. A mandioca, feijão, milho, e arroz são as culturas mais exploradas, sendo a mandioca cultivada em terra firme, enquanto as outras culturas cultivadas na várzea (RADAMBRA-SIL, 1977).

As práticas agrícolas dependem de métodos tradicionais, baixo nível de conhecimento técnico, utilização de queimadas, as culturas são anuais, há susceptibilidade a erosão, excesso de água, limitações fortes para a produção sustentada de cultivos de uma grande número de culturas. A base da alimentação na região é o milho, feijão, mandioca e o pescado. Por causa da grande ocorrência de aldeias indígenas e de uma população com limitado nível de escolaridade, é desaconselhado o reuso do esgoto em culturas irrigadas (RADAMBRASIL, 1977).

Os rios e lagos são piscosos, pesca-se na ordem de 20 espécies de peixes, destacando-se o *tambaqui*, *curimatã*, e o *pirarucu*. A população pesca para o consumo local. Utiliza-se o

anzol, tarrafa e malhadeira. Todos os rios da região são malarígenos, com alta concentração de sedimento argiloso, as infecções gastrointestinais são comuns em consequência do uso indiscriminado da água *in natura* para o consumo (RADAMBRASIL, 1977). De acordo com CEPIS (1990), citado por KELNER e PIRES (1998) é possível cultivar peixes para o consumo humano, principalmente *carpas e tilápia do Nilo*, quando o efluente da lagoa apresentar número de coliformes fecais inferior a 100.000/mL. Entretanto, tal prática, além de carecer de maiores estudos, torna-se bastante arriscada em regiões onde controle epidemiológico e ambiental é bastante dificultado em decorrência dos padrões sócio-culturais e da dificuldade de atendimento médico.

A população do município é de 26.526 habitantes, sendo que deste total, 2.859 pessoas são indígenas das etnias *ticuna, cocama e caixana* (FUNASA, 2002). No município está localizada a reserva indígena *Tukuna do Rio Içá*, ainda não demarcada. O número de domicílios particulares permanentes no município é de 4.151 domicílios, sendo que 741 dispõem de abastecimento regular de água e apenas 25 contam com sistema de esgotamento sanitário. Não há hospitais em Santo Antônio do Içá, a região dispõe apenas de 3 unidades ambulatoriais (IBGE, 2000).

A disponibilidade de profissionais especializados para operação e manutenção de um sistema mais sofisticado de tratamento de esgoto torna-se difícil. Não há fornecimento regular de energia elétrica para a utilização em um sistema que requeira tal tipo de energia. A substituição de peças e componentes, bem como o fornecimento regular de elementos químicos para sistemas mais sofisticados fica bastante prejudicado pela indisponibilidade de meios de transporte. Em geral, é utiliza-se o rio como eixo principal de deslocamento na região, além de aviões comerciais de pequeno porte ou aviões cargueiros da FAB.

O atendimento de saúde da população indígena é realizada pela FUNASA através da Rede de Atenção Básica de Saúde do Distrito Sanitário Especial Indígena, composta por 7 Equipes Multidisciplinar de Saúde Indígena, localizadas nos Pólos Base de Tabatinga, Beja-mim Constant, São Paulo de Olivença, Santo Antônio do Içá, Amatura, Tonantins e Belém do Solimões. A região é classificada como de alto risco epidemiológico. A execução das Ações

de Atenção Básica de Saúde são realizadas em parceria com a Diocese do Alto Solimões, Municípios e Estado. A referência de média e alta complexidade se dá por intermédio do Hospital da Guarnição do Exército em Tabatinga e da rede do SUS em Manaus (FUNASA, 2002).

Solicitações do poder público municipal, assim como relatórios de autoridades de saúde, foram levados ao Projeto Calha Norte com o objetivo de desenvolver uma solução adequada para o problema de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto doméstico para a região. A proposta inicial de estudo de caso será de implantar um sistema de tratamento de efluentes domésticos do tipo modular, para um tempo de recorrência curto (não mais que dez anos), de forma a atender a população existente e permitir ampliação futura a partir de um estudo de crescimento da comunidade. Os sistemas modulares caracterizam-se pela possibilidade de ampliação, através de instalação de novos módulos, assim como melhoria de eficiência, com a implantação de tratamento específico, como desinfecção e redução do NMP de Coliformes Fecais e Totais.

A vazão do rio Içá permite a diluição quase que completa do esgoto a ser lançado (vide relatórios de vazão máxima e mínima da ANA). No entanto, em decorrência do uso indiscriminado da água por parte da população local, sobretudo dos indígenas, além do alto risco epidemiológico e da baixa cobertura de equipamentos de saúde, fez com que fosse adotado nível de tratamento mais rigoroso possível para a atual fase de implantação e dos seus sistemas.

O levantamento da população da vila torna-se difícil pelo caráter nômade das populações indígenas. No entanto, foi estabelecido um valor seguro de 600 pessoas como população de projeto. Em uma segunda fase, o modelo será utilizado com uma população de projeto de 2.000 pessoas, perto do triplo da população estimada inicialmente. Tal procedimento servirá para verificar a consistência da aplicação dos sistemas para uma população maior. O decisor, com base nos dados fornecidos pelo modelo terá condições de escolher um sistema que atenda à demanda atual e a uma demanda futura. A estimativa de 2.000 pessoas para a população futura não se baseou em nenhum modelo de crescimento populacional. Este valor serve apenas como um parâmetro para verificar o comportamento do sistema modular para uma popu-

lação maior.

As vazões de esgoto serão estimadas, e não medidas, em virtude da atual ausência de rede regular de abastecimento de água na vila, com exceção das vilas militares. Dados de literatura serão utilizados para a estimativa de vazões e de concentrações do efluente doméstico. Com base na observação dos dados de vazões de esgoto de cidades que possuem cobertura deste sistema, será possível realizar uma estimativa bem próxima da realidade.

É recomendado que o sistema de coleta de esgoto a ser adotado seja o separador absoluto. Primeiramente porque este é o padrão nacional e segundo, seria muito mais oneroso utilizar um sistema unitário, onde fosse incluído esgoto e águas pluviais na mesma tubulação.

A vazão unitária diária considerada para o cálculo de descarga será de 100 L/hab.dia. Os coeficientes de retorno e de variação de vazão serão os preconizados na NBR 9649, citada por ALÉM SOBRINHO e TSUTYIA (2000): Coeficiente de retorno 0,8; $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,5$. A taxa de infiltração da rede de esgoto estimada será de 0,025 L/s.Km, recomendada por ALÉM SOBRINHO e TSUTYIA (2000), citando vários autores. A vazão de esgoto é dada por:

$$Q = Q_d + Q_{inf} \quad (14)$$

Onde:

Q : Vazão de esgoto sanitário em L/s;

Q_d : Vazão de esgoto doméstico em L/s;

Q_{inf} : Vazão de infiltração em L/s;

A vazão de esgoto doméstico é dada por (ALÉM SOBRINHO e TSUTYIA, 2000):

$$Q_d = \frac{Pop.K_1.K_2.Q_{pc}.R}{86400} \quad (15)$$

Onde:

Q_{pc} = Vazão diária per capita em L/hab.dia;

Pop: População;

K1 : Coeficiente de variação de vazão do dia de maior consumo;

K2: Coeficiente de variação de vazão da hora de maior consumo;

R: coeficiente de retorno;

O estudo preliminar de saneamento da região prevê a instalação de rede de abastecimento de água para toda a vila de Ipiranga.

As 12 alternativas já cadastradas pela rede PROSAB 2 vem acompanhadas do banco de dados de restrições. Foi necessário apenas atualizar valores monetários de custos de operação e implantação. As restrições das alternativas cadastradas neste trabalho foram pesquisadas na literatura especializada. O quadro Restrições Técnicas das Alternativas apresenta os dados referentes ao trabalho em questão. Vale ressaltar que a restrição da alternativa é atributo da tecnologia, sendo, portanto, independente das condições locais.

As condições e restrições locais são bastante desfavoráveis para a implantação de alguns sistemas. Em princípio, é possível prever que sistemas que requeiram fornecimento de energia elétrica sejam descartados. Para fins de estudo acadêmico, optou-se por testar todos os sistemas propostos pela rede PROSAB 2.

O programa SAD é muito adequado para análise de viabilidade, pois permite implementar simulações e verificações do comportamento das alternativas propostas. No caso do presente trabalho, serão utilizados quatro cenários de simulação, iniciando pelo cenário mais exigente e culminando com o menos exigente possível dentro da realidade :

Os três quadros Concentração do Efluente - Caso, Grau de Tratamento - Caso e Restrições Técnicas - Caso se referem às condições locais em estudo

CENÁRIO 1 - Todas as tecnologias cadastradas serão analisadas pelos três critérios: restrições técnicas, grau de tratamento e concentração efluente. Nos critérios de grau de tratamento e concentração efluente, serão analisados DBO total, NTK, Fósforo e Coliformes. Este cenário é o mais apropriado, pois contempla a remoção de DBO, patogênicos e nutrientes. Para este cenário, o caso analisado se chamará PEF IPIRANGA, que corresponde a uma meta mais conservadora de nível de tratamento. Nele o grau de tratamento e as concentrações

efluentes são mais restritivas. Outra condição mais favorável à pré-seleção foi a de não incluir os critérios de remoção de patogênicos na análise.

CENÁRIO 2 - Todas as tecnologias cadastradas serão analisadas pelos três critérios: restrições técnicas, grau de tratamento e concentração efluente. Nos critérios de grau de tratamento e concentração efluente, serão analisados DBO total, NTK e fósforo. Os níveis de remoção, neste caso, serão menores, considerando-se que o sistema evoluirá com a implementação de novos módulos, bem como utilizando-se do fator de diluição do rio. Para o CENÁRIO 2, o caso analisado se chamará PEF IPIRANGA – 2, que é menos restritivo e corresponde a níveis de tratamento menos rigorosos. Foi colocada esta situação para se verificar a viabilidade de uma melhoria gradativa e continuada de um sistema modular. Desta forma, será possível realizar uma análise de sensibilidade para a escolha de alguns sistemas.

CENÁRIO 3 - Todas as tecnologias cadastradas serão pré-selecionadas apenas pelo critério restrições técnicas, utilizando o caso PEF IPIRANGA- 2 , nesta simulação, será considerado que o fator de diluição do rio absorverá a concentração efluente. A finalidade desta simulação é verificar o desempenho dos sistemas de tratamento sem levar em consideração o seu grau de tratamento.

CENÁRIO 4 - Todas as tecnologias cadastradas serão pré-selecionadas apenas pelo critério restrições técnicas, utilizando o caso PEF IPIRANGA - 2, desconsiderando-se ainda as restrições de contaminação do lençol freático. A finalidade desta simulação é verificar os sistemas naturais de infiltração no solo e Wetland.

Os quadros Grau de Tratamento - Alternativa e Concentração do Efluente - Alternativa foram montados seguindo a mesma metodologia apresentada no parágrafo anterior.

11. CONCLUSÃO

11.1 GENERALIDADES

A ocupação organizada da Amazônia brasileira deve ser encarada como uma necessidade, tanto do ponto de vista ambiental quanto social. A adoção de nucleações militares, implantadas com o objetivo de povoar as fronteiras, já era um mecanismo adotado pelos romanos no final da idade antiga. Colhe-se do texto, ainda, a importante e dolorosa lição deixada pelo desenvolvimento das cidades da Europa, no período medieval, com o advento das doenças decorrentes da falta de saneamento básico.

É possível concluir que, do ponto de vista de poluição de recursos hídricos, o esgoto doméstico, lançado de forma inadequada, é o principal responsável pelo desequilíbrio nos corpos receptores junto aos núcleos urbanos. Verifica-se, ainda, que as questões de saúde pública estão diretamente relacionadas às condições de saneamento básico, destacando-se o esgoto doméstico como principal agente poluidor das fontes de abastecimento de água das cidades, onerando significativamente o custo de tratamento d'água para o consumo humano.

É, portanto, necessário realizar criterioso planejamento de gestão ambiental abordando a necessidade de coleta, tratamento e destinação adequada e ambientalmente correta do efluente líquido doméstico de qualquer nucleação urbana a ser implantada, a fim de minimizar os impactos diretos ao meio ambiente, bem como evitar agravos nas condições de saúde e qualidade de vida da população ali instalada.

As condições atuais de saneamento, principalmente coleta e tratamento de esgoto doméstico, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil divergem do restante do país. As consequências principais desta diferença são os altos índices de doenças de origem e veiculação hídrica, mais presentes naquelas regiões.

Os sistemas modulares (ou apenas sistemas simplificados) de tratamento de águas residuárias apresentam-se como uma importante alternativa de desenvolvimento ambiental e melhoria de qualidade de vida, para os pequenos centros urbanos, ou aqueles que ainda estão

sendo criados. Através da composição de módulos de fácil instalação, operação e manutenção é possível desenvolver soluções simples e baratas para o problema do esgoto doméstico para pequenas comunidades.

Sistemas simples e naturais de tratamento também se apresentam como soluções eficientes na região amazônica em virtude das altas temperaturas, grandes vazões dos corpos receptores e altos níveis de irradiação solar durante o ano inteiro. Tanto os processos anaeróbios como os aeróbios respondem bem às condições mencionadas.

11.2 RESULTADOS DA METODOLOGIA

O Pelotão Especial de Fronteira de Ipiranga, localizado no município de Santo Antônio do Içá - AM corresponde à descrição de uma nucleação urbana de fronteira. Os problemas com saneamento básico já são identificados como um dos responsáveis pelo agravamento do quadro epidemiológico do município. Um aspecto de extrema relevância é a presença de população indígena na área, fazendo com que o risco epidemiológico aumente.

A região apresenta algumas restrições de ordem natural e operacional, dificultando sobremaneira a implementação de um sistema decisório pautado apenas na experiência e opinião do decisor. O sistema de apoio à decisão, baseado em algoritmos de apoio à decisão multiobjetivo e multicritério mostrou-se capaz de encontrar soluções adequadas tecnicamente e tangíveis do ponto de vista econômico.

Dentre os sistemas pesquisados, verificou-se que as lagoas de estabilização, tais como: (a) lagoas anaeróbias, (b) lagoas facultativas, unicelulares ou em série e (c) lagoas de polimento, demonstraram ser excelentes opções para o tratamento das águas residuárias em pequenos núcleos de fronteira. Sistemas anaeróbios como: (a) reatores UASB e (b) conjunto fossa séptica e filtro anaeróbio, também se mostraram adequados à realidade das comunidades isoladas na fronteira. Os sistemas de disposição controlada no solo, além das terras úmidas construídas, mostraram-se como alternativas viáveis ao tratamento de esgoto doméstico naquela região, desde que seja solucionado/mitigado o risco de contaminação do lençol freático.

Fatores climáticos, sobretudo as altas temperaturas e a grande incidência de radia-

ção solar, permitem níveis de desempenho de remoção de poluentes acima dos valores preconizados em literatura, sendo um aspecto bastante favorável para a implantação de sistemas anaeróbios e aeróbios fotossintéticos. A disponibilidade de área também favorece a implantação de lagoas e terras úmidas construídas.

Dentre os fatores restritivos e complicadores para a implantação de sistemas de tratamento de esgoto doméstico, pode-se destacar:

(a) A pequena profundidade do lençol freático, aliada a topografia muito plana das regiões de planície e a alta permeabilidade do solo, fazem com que haja grande risco de contaminação da água subterrânea e dos mananciais próximos.

(b) O alto risco epidemiológico, gerado principalmente pela deficiência nutricional, baixo nível imunológico, práticas inadequadas de uso da água e dos alimentos e ausência/precariedade de cobertura dos sistemas de saúde pública, compromete a segurança de qualquer sistema que venha ser implantado. Desta forma, ações de infraestrutura consideradas corriqueiras em regiões urbanizadas devem ser minuciosamente avaliadas do ponto de vista epidemiológico/ambiental.

Como resultados das análises realizadas pode-se resumir:

CENÁRIO 1 – Foi a condição considerada mais exigente para a implementação do sistema, utilizando-se o caso cadastrado como PEF Ipiranga, foi possível pré-selecionar três sistemas apenas : UASB seguido de Lagoa de polimento, Lagoa Facultativa Unicelular e Lagoas Anaeróbia - Facultativa. Um aspecto bastante relevante no que diz respeito aos motivos que levaram a uma grande quantidade de tecnologias descartadas na pré-seleção é a restrição do nível de lençol freático. Caso esta restrição não fosse considerada, seis outras alternativas poderiam ser pré-selecionadas (UASB seguido de Wetlands, UASB seguido de Escoamento superficial, UASB seguido de Escoamento Subsuperficial, UASB seguido de Vala de Infiltração, Fossa Infiltração, Fossa - Vala de Infiltração).

CENÁRIO 2 – Esta análise, considerada menos exigente, utilizou um segundo caso cadastrado, PEF Ipiranga – 2. As concentrações efluentes e o grau de tratamento adotado foram menos rigorosos, considerando que a grande vazão do rio Içá diluísse (o que ocorreria

facilmente) a concentração efluente do esgoto. Com estas condições, além das alternativas pré-selecionadas no CENÁRIO 1, foram pré-selecionadas as tecnologias fossa-filtro anaeróbio e UASB-Filtro Anaeróbio.

CENÁRIO 3 – A condição deste cenário era a utilização do caso cadastrado como PEF Ipiranga – 2 e utilizando-se apenas das restrições técnicas. Ao liberar totalmente as restrições de concentração efluente e grau de tratamento, o decisor estará desconsiderando qualquer restrição de descarga de poluente no rio. Fazendo isso é possível verificar o desempenho das tecnologias sem eliminar as alternativas menos eficientes. Como resultado, repetiu-se a condição do CENÁRIO 2.

CENÁRIO 4 – Liberando-se cada vez mais as restrições, nesta condição desconsiderou-se a possibilidade de contaminação do lençol freático. Como já foi mencionado, esta restrição eliminou várias tecnologias, consideradas por outros critérios como competitivas. Deste modo, alternativas de infiltração no solo e Wetlands puderam ser analisadas.

No aspecto geral, pode-se concluir que:

Algumas das alternativas propostas pela rede PROSAB 2, além de outros processos pesquisados na bibliografia especializada e largamente utilizados no Brasil, se mostraram eficientes para a resolução do problema.

No que se refere à remoção de DBO, as alternativas apresentaram bom desempenho. Quando se trata da remoção de coliformes e nutrientes, os padrões de descarga do efluente não foram atendidos, porém, devido às grandes vazões apresentadas pelo rio Içá, foi considerado satisfatório o nível de remoção. Uma das premissas dos sistemas modulares é a melhoria progressiva da eficiência da composição dos seus módulos.

Verificou-se, como era de se esperar, que as tecnologias naturais de remoção de poluentes preponderaram diante das demais. Isso decorre das enormes restrições que o PEF está submetido em virtude do seu isolamento. Algumas outras restrições decorrentes do terreno também fizeram com que muitas tecnologias fossem descartadas.

Quando os dois casos foram testados para 3.000 pessoas, as lagoas foram descartadas pelo critério da área. Realizando a mesma operação para 2.000 pessoas, o resultado foi o

mesmo. Este fato não é preocupante, pois a região onde se localiza o Pelotão permite expansão e instalação de outras lagoas.

Os quadros a seguir apresentam todos os resultados já comentados.

Restrições Técnicas das Alternativas

Alternativa	Declividade Máxima do Terreno (%)	Declividade Mínima do Terreno (%)	Permeabil. mínima do Solo	Permeabil. Máxima do Solo	Nível Max do Lençol Freático (m)	Espessura Mínima do Solo (m)	Abasfecim. de Energia Elétrica	Restrição Afloramento de Rocha	Profundidade Mínima do solo impermea.(m)	Area Máx. Ocupada (m²)	Custo Máx de Implantação	Custo Máx de Oe M (R\$/hab.ano)	População
Vala Filtração	20	5	0,1	1	4	3	☐	☐	2	5	R\$ 130,00	R\$ 0,00	2.000
Biofiltro	20	1	0,01	1	1	1,2	☒	☐	1	0,02	R\$ 160,00	R\$ 1,37	2.000
Lodo Ativado	20	1	0,01	1	1	1	☒	☐	1	0,06	R\$ 166,00	R\$ 1,10	2.000
Lagoa Aerada	20	1	0,01	1	2	2	☒	☐	1	0,05	R\$ 144,00	R\$ 2,42	2.000
Wetlands	15	3	0,01	0,05	2	2	☐	☐	1	0,8	R\$ 120,00	R\$ 0,00	2.000
Esc. Superficial	12	1	0,1	1	3	1	☐	☐	1	2	R\$ 96,00	R\$ 0,00	2.000
Filtro Anaeróbio	20	1	0,01	1	1	2	☐	☐	1	0,06	R\$ 87,00	R\$ 0,00	2.000
Esc. Subsuperf.	12	1	0,1	1	2	1	☐	☐	1	3	R\$ 150,00	R\$ 0,00	2.000
Filtro Alta Taxa	20	1	0,15	1	3	3	☐	☐	3	0,02	R\$ 87,00	R\$ 0,00	2.000
Filtro Aerado	20	1	0,01	1	1	1	☒	☐	1	0,03	R\$ 160,00	R\$ 0,66	2.000
Lagoa Polim.	20	1	0,01	1	1	2	☐	☐	1	0,2	R\$ 76,00	R\$ 0,00	2.000
FAD	20	1	0,01	1	1	0,3	☒	☐	1	0,02	R\$ 122,00	R\$ 1,10	2.000
Fossa-FA	15	1	0,01	1	1	2	☒	☒	1	0,03	R\$ 130,00	R\$ 0,00	2.000
Fossa-Infiltração	20	1	0,15	1	4	3	☐	☐	3	0,3	R\$ 80,00	R\$ 0,00	2.000
Fossa-Vala de In.	15	3	0,01	1	4	2	☐	☐	1	5	R\$ 100,00	R\$ 0,00	2.000
Lagoa Facultativa	15	1	0,01	1	1	2	☐	☐	1	3,5	R\$ 60,00	R\$ 0,00	2.000
Lagoa Anaer-Facul	20	1	0,01	1	1	2	☐	☐	1	3,5	R\$ 53,00	R\$ 0,00	2.000

Fonte: Rede 2 PROSAB (2001)

Valores monetários - base março/2003

Grau de Tratamento - Eficiência de Remoção de Poluentes das Alternativas

Alternativa	S Totais %	SS Total %	DBO Total %	DBO Filtrado %	DQO Total %	DQO Filtrado %	COT %	NTK %	Fosforo Total %	Colif. T %	Colif. F %	Turbidez %
Vala Filtração			92,0					80,0	95,0	99,90	99,90	
Biofiltro			96,0					38,0	47,0	80,00	80,00	
Lodo Ativado			99,0					33,0	52,0	85,00	85,00	
Lagoa Aerada			80,0					40,0	50,0	85,00	85,00	
Wetlands			99,0					99,0	99,0	99,00	99,00	
FAD			95,0					50,0	70,0	90,00	90,00	
Filtro Anaeróbio			97,0					30,0	28,0	80,00	80,00	
Esc. Superficial			97,0					58,0	83,0	99,90	99,90	
Filtro Alta Taxa			95,0					34,0	45,0	80,00	80,00	
Filtro Aerado			98,0					50,0	70,0	90,00	90,00	
Lagoa Polim.			99,0					90,0	92,0	99,99	99,99	
Esc. Subsuperf.			97,0					40,0	45,0	99,90	99,90	
Fossa-FA			80,0					18,0	15,0	70,00	70,00	
Fossa-Infiltração			99,0					80,0	95,0	99,00	99,00	
Fossa-Vala de In.			97,0					85,0	95,0	99,00	99,00	
Lagoa Facultativa			78,0					40,0	85,0	99,00	99,00	
Lagoa Anaer-Fac			80,0					40,0	50,0	99,90	99,90	

FONTE: SPERLING (1996), SPERLING (1996), METCALF e EDDY (1991), CHERNICHARO et al (2001)

Concentração do Efluente - Alternativa

Alternativa	STotais mg/L	SS Total mg/L	DBO Total mg/L	DBO Filtrado mg/L	DQO Total mg/L	DQO Filtrado mg/L	COT mg/L	NTK mg/L	Fosforo Total mg/L	NMP CT	NMP CF	Turbidez
Vala Filtração	90	18	15				15	23	7	1,00E+07	1,00E+06	
Biofiltro	90	25	25				25	25	9	2,00E+07	2,00E+06	
Lodo Ativado	90	25	15				15	24	9	2,00E+06	2,00E+05	
Lagoa Aerada	90	37	35				25	23	7,5	1,00E+07	1,00E+06	
Wetlands	60	18	15				15	10	7	1,00E+05	1,00E+04	
Esc. Superficial	60	25	25				25	10	1	1,00E+06	1,00E+05	
Filtro Anaeróbio	90	37	25				25	28	9	4,00E+07	4,00E+06	
Esc. Subsuperf.	90	15	15				15	10	1	3,00E+06	3,00E+05	
Filtro Alta Taxa	90	28	25				25	23	9	3,50E+07	3,50E+05	
Filtro Aerado	90	27	25				25	23	9	1,00E+07	1,00E+06	
Lagoa Polim.	90	55	25				25	25	7	1,00E+04	1,00E+03	
FAD	90	18	25				25	27	9	1,00E+07	1,00E+06	
Fossa-FA	70	50	30				30	30	13	3,00E+07	3,00E+05	
Fossa-Infiltração	70	50	25				25	25	7	1,00E+07	1,00E+06	
Fossa-Vala de in.	90	30	25				25	30	7	1,00E+06	1,00E+06	
Lagoa Facultativa	90	40	40				40	23	8,25	1,00E+05	1,00E+04	
Lagoa Anaer-Facul	90	40	40				40	23	7,5	1,00E+06	1,00E+05	

Fonte: Base de Dados SAD - PROSAB e Sperling (1996)

Concentração do Efluente Caso

Caso	S Totais mg/L	SS Total	DBO Total mg/L	DBO Filtrado mg/L	DQO Total mg/L	DQO Filtrado	COT mg/L	NTK mg/L	Fosforo Total	NMP CT	NMP CF	Turbidez
Santa Maria Teste1		80,0	5,0					17,3			1,00E+03	
PEF Ipiranga - 2			80,0					33,0	14,0	1,50E+07	1,50E+06	
PEF Ipiranga			50,0		90,0			32,0	13,5	8,00E+06	8,00E+05	

Concentração de Esgoto Bruto - Padrão de Descarga

Padrão	S Totais mg/L	SS Total mg/L	DBO Total mg/L	DBO Filtrado mg/L	DQO Total mg/L	DQO Filtrado mg/L	COT mg/L	NTK mg/L	Fósforo Total mg/L	NMP CT	NMP CF	Turbidez
Faixa Mínimo	700	200	200		400		170	35	5	1,00E+06	1,00E+05	
Faixa Máximo	1350	450	500		800		350	70	25	1,00E+09	1,00E+08	
PEF Ipiranga	900	250	250		450		200	40	15	1,00E+08	1,00E+07	

Fonte: SPERLING(1996) - Faixa Mínimo e Máximo - PEF IPIRANGA : Adotado

Limites de Configuração - Caso

Limite	STotais mg/L	SSTotal mg/L	DBOTotal mg/L	DBO Filtrado mg/L	DQO Total mg/L	DQO Filtrado mg/L	COT mg/L	NTK mg/L	Fosforo Total	NMP CT	NMP CF	Turbidez	População
Limite - PEF Ipiranga	150	100	90	40	270	120	100	40	15	3,00E+06	3,00E+06	20	4000
Limite 1	150	100	90	40	300	150	50	30	6	5,00E+06	5,00E+07	20	100000

Fonte: Autor

Restrições Técnicas - Caso

Caso	Declividade do Terreno (%)	Pemeabili. do Solo (cm/ h)	Nível do Lencol Freatico (m)	Espessura do Solo (m)	Abastecim.En ergia Elétrica	Afloramento de Rochal	Profundidade do Solo Imperm. (m)	Area Máx. de Ocupação (m2)	Custo Máx. de Implantação (R\$)	Custo Máx. de O M (R\$/hab.ano)	População
Santa Maria	5	0,001	7	1	☒	☐	7	100.000,00	2.000 000,00	90.000,00	212.592
Teste1	1	0	0	0	☐	☐	0	0,00	0,00	0,00	0
PEF Ipiranga - 2	5	0,125	1,5	5	☐	☐	6	3.000,00	70.000,00	2,00	2.000
PEF Ipiranga	5	0,125	1,5	5	☐	☐	6	10.000,00	70.000,00	2,00	600

Fonte : autor

Concentração Efluente Pré-Seleção - Cenário 1

Alternativa	S Totais	SS Total	DBO Total	DBO Filtrado	DQO Total	DQO Filtrado	COT	NTK	Fósforo Total	NMP CT	NMP CF	Turbidez
Vala Filtração	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Biofiltro	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Lodo Ativado	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Lagoa Aerada	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Wetlands	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Esc. Superficial	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Filtro Anaeróbio	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Esc. Subsuperf	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Filtro Alta Taxa	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Filtro Aerado	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Lagoa Polim.	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
FAD	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Fossa-FA	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Fossa-Infiltração	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Fossa-Vala de In.	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Lagoa Facultativa	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec
Lagoa Anaer-Facul	Não Sele	Não Sele	APR	Não Sele	Não Sele	Não Sele	Não Sel	APR	APR	Não Sel	Não Sele	Não Selec

Dados de Saída do SAD Caso: PEF Ipiranga

Grau de Tratamento - Pré-Seleção

Alternativa	Sólidos Totais	SSTotal	DBO Total	DBO Filtrado	DQOTotal	DQO Filtrado	COT	NTK	FosforoTotal	NMP CT	NMP CF	Tubidez
Vala Filtração	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Biofiltro	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	REP	REP	Não Selec
Lodo Ativado	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Lagoa Aerada	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Wetlands	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Esc Superficial	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Filtro Anaeróbio	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	REP	REP	Não Selec
Esc Subsuperf	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Filtro Alta Taxa	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	REP	REP	Não Selec
Filtro Aerado	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Lagoa Polim	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
FAD	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Fossa-FA	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	REP	REP	Não Selec
Fossa-Infiltração	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Fossa-Vala de In	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Lagoa Facultativa	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec
Lagoa Anaer-Facu	Não Selec	Não Selec	APR	Não Selec	Não Selec	Não Selec	Não Selec	APR	APR	APR	APR	Não Selec

Dados de Saída do SAD

Caso: PEF Ipiranga

Restrições Técnicas - Pré-Seleção - Cenário 1

Alternativa	Declividade do Terreno	P permeabilidade do Solo	Nível do Lençol Freático	Espessura do Solo	Abastecimento de Energia Elétrica	Aforamento de Rocha	Profundidade do Solo Imperm.	Área Máx de Ocupação	Custo Máx Implantação (R\$/hab)	Custo Máx OeM (R\$/hab.ano)
Vala Filtração	REP	APR	REP	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Biofiltro	APR	APR	APR	APR	REP	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Lodo Ativado	APR	APR	APR	APR	REP	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Lagoa Aerada	APR	APR	REP	APR	REP	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Wetlands	APR	REP	REP	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Esc. Superficial	APR	APR	REP	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Filtro Anaeróbio	APR	APR	APR	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Esc. Subsuperf.	APR	APR	REP	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Filtro Alta Taxa	APR	REP	REP	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Filtro Aerado	APR	APR	APR	APR	REP	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Lagoa Polim.	APR	APR	APR	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
FAD	APR	APR	APR	APR	REP	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Fossa-FA	APR	APR	APR	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Fossa-Infiltração	APR	REP	REP	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Fossa-Vala de In.	APR	APR	REP	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Lagoa Facultativa	APR	APR	APR	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec
Lagoa Anaer-Facul	APR	APR	APR	APR	APR	APR	APR	Não Selec	APR	Não Selec

Dados de Saída do SAD **Caso: PEF Ipiranga**

Resultado da Pré-Seleção - Cenário 1

Alternativa	Descrição da Alternativa	Selecionado	Aprovado
Vala Filtração	UASB seguido de Vala de Filtração	☐	☐
Biofiltro	UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso	☐	☐
Lodo Ativado	UASB seguido de Sistema de Lodos Ativados	☐	☐
Lagoa Aerada	UASB seguido de Lagoa Aerada Aeróbia (Mist. Compl)	☐	☐
Wetlands	UASB seguido de Wetlands	☐	☐
Esc. Superficial	UASB seguido de Escoamento Superficial	☐	☐
Filtro Anaeróbio	UASB seguido de Filtro Anaeróbio	☐	☐
Esc. Subsuperf.	UASB seguido de Escoamento Subsuperficial	☐	☐
Filtro Alta Taxa	UASB seguido de Filtro Biológico de Alta Taxa	☐	☐
Filtro Aerado	UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	☐	☐
Lagoa Polim.	UASB seguido de Lagoa de Polimento	☐	☒
FAD	UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido	☐	☐
Fossa-FA	Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	☐	☐
Fossa-Infiltração	Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	☐	☐
Fossa-Vala de In.	Fossa Séptica seguida de Vala de Infiltração	☐	☐
Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa Unicelular	☐	☒
Lagoa Anaer-Facul	Lagoa Anaeróbia seguida de Facultativa	☐	☒

Dados de Saída do SAD

Caso: PEF Ipiranga

Análise Multicritério - Resultados

Alternativa	Promethee	Compromise Programming	Ponderação Aditiva	Electre III	Promethee	Compromise Programming	Ponderação Aditiva
UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso				14	Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Escoamento Subsuperficial				11	Não Classif	Não Classif	Não Classif.
UASB seguido de Escoamento Superficial				2	Não Classif.	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido				3	Não Classif.	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco				6	Não Classif.	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Filtro Biológico de Alta Taxa				13	Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Filtro Anaeróbio				9	Não Classif	Não Classif	Não Classif.
Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio				4	Não Classif.	Não Classif	Não Classif
Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida				5	Não Classif	Não Classif	Não Classif.
Fossa Séptica seguida de Vala de Infiltração				7	Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Lagoa Aerada Aeróbia (Mist. Compl)				8	Não Classif	Não Classif	Não Classif
Lagoa Anaeróbia seguida de Facultativa	0,8	422,9	87,0	9	1	1	1
Lagoa Facultativa Unicelular	-1,4	391,0	87,0	9	3	2	1
UASB seguido de Lagoa de Polimento	0,6	379,6	87,0	1	2	3	1
UASB seguido de Sistema de Lodos Ativados				13	Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Vala de Filtração				10	Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Wetlands				12	Não Classif	Não Classif	Não Classif

Dados de Saída do SAD **Caso: PEF Ipiranga**

Resultado da Pré-Seleção - Cenário 2

Alternativa	Descrição da Alternativa	Selecionado	Aprovado
Vala Filtração	UASB seguido de Vala de Filtração	☐	☐
Biofiltro	UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso	☐	☐
Lodo Ativado	UASB seguido de Sistema de Lodos Ativados	☐	☐
Lagoa Aerada	UASB seguido de Lagoa Aerada Aeróbia (Mist. Compl)	☐	☐
Wetlands	UASB seguido de Wetlands	☐	☐
Esc. Superficial	UASB seguido de Escoamento Superficial	☐	☐
Filtro Anaeróbio	UASB seguido de Filtro Anaeróbio	☐	☒
Esc. Subsuperf.	UASB seguido de Escoamento Subsuperficial	☐	☐
Filtro Alta Taxa	UASB seguido de Filtro Biológico de Alta Taxa	☐	☐
Filtro Aerado	UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	☐	☐
Lagoa Polim.	UASB seguido de Lagoa de Polimento	☐	☒
FAD	UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido	☐	☐
Fossa-FA	Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	☐	☒
Fossa-Infiltração	Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	☐	☐
Fossa-Vala de In.	Fossa Séptica seguida de Vala de Infiltração	☐	☐
Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa Unicelular	☐	☒
Lagoa Anaer-Facul	Lagoa Anaeróbia seguida de Facultativa	☐	☒

Dados de Saída do SAD

Caso: PEF Ipiranga - 2

Análise Multicritério - Cenário 2

Alternativa	Electre III	Promethee	Compromise Programming	Ponderação Aditiva	Promethee	Compromise Programming	Ponderação Aditiva
UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	6,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	5,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
Fossa Séptica seguida de Vala de Infiltração	7,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso	14,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Escoamento Subsuperficial	11,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Escoamento Superficial	2,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Wetlands	12,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Filtro Biológico de Alta Taxa	13,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido	3,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Lagoa Aerada Aeróbia (Mist Compl)	8,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Sistema de Lodos Ativados	13,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Vala de Filtração	10,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
Lagoa Anaeróbia seguida de Facultativa	9,0	-4,90	697,4	0,00	3	3	1
Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	4,0	15,72	1 039,0	63,50	1	2	2
UASB seguido de Filtro Anaeróbio	9,0	3,06	668,1	72,12	2	5	3
UASB seguido de Lagoa de Polimento	1,0	-5,20	1 045,0	87,00	4	1	4
Lagoa Facultativa Unicelular	9,0	-8,65	689,9	87,00	5	4	4

CASO: PEF IPIRANGA 2

Resultado da Pré-Seleção - Cenário 4

Alternativa	Descrição da Alternativa	Selecionado	Aprovado
Vala Filtração	UASB seguido de Vala de Filtração	☐	☐
Biofiltro	UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso	☐	☐
Lodo Ativado	UASB seguido de Sistema de Lodos Ativados	☐	☐
Lagoa Aerada	UASB seguido de Lagoa Aerada Aeróbia (Mist. Compl)	☐	☐
Wetlands	UASB seguido de Wetlands	☐	☒
Esc. Superficial	UASB seguido de Escoamento Superficial	☐	☒
Filtro Anaeróbio	UASB seguido de Filtro Anaeróbio	☐	☒
Esc Subsuperf.	UASB seguido de Escoamento Subsuperficial	☐	☒
Filtro Alta Taxa	UASB seguido de Filtro Biológico de Alta Taxa	☐	☐
Filtro Aerado	UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisco	☐	☐
Lagoa Polim	UASB seguido de Lagoa de Polimento	☐	☒
FAD	UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido	☐	☐
Fossa-FA	Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	☐	☒
Fossa-Infiltração	Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	☐	☒
Fossa-Vala de In.	Fossa Séptica seguida de Vala de Infiltração	☐	☒
Lagoa Facultativa	Lagoa Facultativa Unicelular	☐	☒
Lagoa Anaer-Facul	Lagoa Anaeróbia seguida de Facultativa	☐	☒

Dados de Saída do SAD

Caso: PEF Ipiranga - 2

Análise Multicritério - Cenário 4

Alternativa	Electre III	Promethee	Compromise Programming	Ponderação Aditiva	Promethee	Compromise Programming	Ponderação Aditiva
Fossa Séptica seguida de Filtro Anaeróbio	4,0	33,72	955,0	63,50	1	2	2
Fossa Séptica seguida de Infiltração Rápida	5,0	19,96	822,8	68,76	2	4	3
UASB seguido de Filtro Anaeróbio	9,0	8,41	611,3	72,12	3	10	4
Fossa Séptica seguida de Vala de Infiltração	7,0	0,59	644,1	80,75	4	8	5
UASB seguido de Escoamento Superficial	2,0	-1,28	909,2	87,25	5	3	7
Lagoa Facultativa Unicelular	9,0	-1,44	735,5	87,00	6	6	6
Lagoa Anaeróbia seguida de Facultativa	9,0	-7,53	743,0	87,00	7	5	6
UASB seguido de Lagoa de Polimento	1,0	-8,15	1 052,1	87,00	8	1	6
UASB seguido de Wetlands	12,0	-13,78	704,5	98,00	9	7	8
UASB seguido de Escoamento Subsuperficial	11,0	-16,91	636,7	0,00	10	9	1
UASB seguido de Flotação por Ar Dissolvido	3,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Filtro Biológico de Alta Taxa	13,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Lagoa Aerada Aeróbia (Mist Compl	8,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Biofiltro Aerado Submerso	14,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Sistema de Lodos Ativados	13,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Vala de Filtração	10,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif
UASB seguido de Filtro Aerado Submerso ou Biodisc	6,0				Não Classif	Não Classif	Não Classif

CASO: PEF IPIRANGA 2

Cenários de Simulação - Contextos

Contexto	Area Terreno Constr	Custo de Implantação	Custo de OeM	Dificuldade de Construção	Dificuldade de OeM	Resistência a Choque Carga	Dificuldade de Ampliacao	Nivel de Instrucao OeM	Rejeicao do Publico	Consumo Energia
0	5,75	6,00	6,75	4,50	5,50	5,25	3,00	3,25	5,00	3,25
1	7,00	9,00	9,75	8,50	8,75	3,50	2,25	5,00	2,25	2,50
2	5,00	5,25	6,00	4,25	4,50	5,50	5,00	4,75	3,75	4,75
3	4,25	8,00	8,00	7,25	7,00	4,00	3,75	4,25	3,25	2,75

Fonte: Rede 2 - PROSAB

Escala de Valores. 0,0 - 10,0 do menos favorável ao mais favorável

Contexto 0 : Sistema de pequeno porte de alto risco ambiental-epidemiológico
Contexto 1 : Sistema de pequeno porte de baixo risco ambiental-epidemiológico
Contexto 2 : Sistema de médio porte de alto risco ambiental-epidemiológico
Contexto 3 : Sistema de médio porte de baixo risco ambiental-epidemiológico

Critérios de Avaliação do Decisor

Alternativa	Requisito de Área	Custo de Implantação	Custo de OeM	Dificuldade de Constr	Dificuldade de OeM	Consumo de Energia	Resistência a Choque	Nível de Instrução OeM	Rejeição do Público	Dificuldade de Ampliação
Vala Filtração	3,0	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	3,0	1,0	2,0	4,0
Biofiltro	1,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	5,0	3,0	2,0
Lodo Ativado	1,0	5,0	4,0	4,0	4,0	5,0	3,0	5,0	3,0	2,0
Lagoa Aerada	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0
Wetlands	5,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	2,0	3,0	4,0
FAD	1,0	3,0	5,0	4,0	3,0	1,0	1,0	5,0	3,0	1,0
Filtro Anaeróbio	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Esc. Superficial	4,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	4,0	4,0
Filtro Aerado	1,0	4,0	3,0	4,0	3,0	1,0	3,0	4,0	3,0	2,0
Lagoa Polim.	4,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0
Esc. Subsuperf.	5,0	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	3,0	1,0	3,0	4,0
Fossa-FA	1,0	2,0	1,0	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0	2,0	1,5
Fossa-Infiltração	2,0	2,0	1,0	1,0	1,5	1,0	3,0	1,0	1,0	3,0
Fossa-Vala de in.	3,0	2,0	1,0	1,0	1,5	1,0	2,0	1,0	3,0	4,0
Lagoa Facultativa	3,0	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	4,0	4,0
Lagoa Anaer-Facul	3,0	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	4,0	3,0

Fonte: Rede 2 PROSAB, SPERLING (1996),
ANDRADE NETO (1997)

Gradação dos critérios : mais favorável :1 - menos favorável: 5

11.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No campo de sistemas de tratamento de esgoto doméstico em pequenas comunidades há muito que se fazer. Com vistas à implantação dos sistemas modulares estudados, algumas providências e estudos se fazem necessários. Neste sentido são sugeridas providências futuras com o objetivo de nortear ações de projeto e implantação destas tecnologias nas regiões de fronteira da Amazônia:

- a) Coletar dados de vazão e concentração de esgoto doméstico nas áreas em estudo e nas demais comunidades isoladas. Sugere-se que sejam realizadas coletas periódicas das águas residuárias com o objetivo de melhor caracterizá-las para projetos futuros, além da instalação de medidores de vazão na rede coletora do PEF;
- b) Realizar levantamento de dados hidrológicos e de qualidade da água dos corpos receptores próximos aos PEF;
- c) Incluir nos planos diretores de Unidades de Fronteira a implantação de sistemas modulares de tratamento de esgoto doméstico;
- d) Desenvolver projetos tipo de módulos de tratamento de águas residuárias;
- e) Em função da enorme importância dos riscos epidemiológicos e ambientais em um sistema de tratamento de esgoto, sugere-se a criação de dois novos critérios de avaliação tecnológica nos SAD: risco epidemiológico e risco ambiental.
- f) Ainda como sugestão para o modelo SAD, propõe-se criar dois ou três parâmetros, para concentrações de efluentes e grau de tratamento, cujos títulos e unidades possa ser editados pelo usuário. Dessa forma, o usuário tem a liberdade de avaliar outros parâmetros que não tenham sido propostos no modelo atual, tais como: óleos e graxas, traços de algum contaminante, etc.
- g) Realizar estudos de análise preliminar de riscos, principalmente do ponto de vista epidemiológico e ambiental, de algumas tecnologias de tratamento. Sistemas como lagoas de estabilização podem se tornar bastante prejudiciais em virtude das populações pouco instruídas, sobretudo os índios, utilizarem-se destas como área de pesca e até de

consumo de água. Além disso, animais da região, como jacarés e jibóias podem utilizar-se das lagoas para o seu habitat natural, gerando riscos para os operadores;

- h) Restrições de igual teor são altamente importantes nos processos de disposição controlada de esgoto no solo. A população amazônica utiliza-se largamente da mandioca, plantada no regime de roças, como base para a sua alimentação. O controle das áreas irrigadas é de fundamental importância.

12. REFERÊNCIAS

- 1 ABNT, **Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos**. NBR 7229. 1993
- 2 ACSERALD,H; COMPANS,R; DEUTSCH-LYNCH,B; MOURA, R; OLIVEIRA, F.L.; SÁNCHEZ, F; SWYNGEDOW,E; VELTZ, P , **A Duração das Cidades**. DP&A Editora. 2001
- 3 AGENDA 21. Disponível em < www.ibama.gov.br/agenda21 > Acesso em 01 jul 2002.
- 4 AISSE, M.M. **Sistemas Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro. ABES. 2000.
- 5 ALÉM SOBRINHO, P; TSUTIYA, M.T **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 2.a ed. EPUSP. 2000.
- 6 ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários**. ABES.1997;
- 7 ANDREOLI, C.V; SPERLING, M.V; FERNANDES, F, **Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final**. DESA-UFGM-SANEPAR, 2001.
- 8 AWWA. **Water Quality & Treatment**. 5. ed. McGraw-Hill, 1999
- 9 AZEVEDO NETTO, ALVAREZ. G,A, **Manual de Hidráulica**. 7. ed. Editora Edgard Blucher. 1991
- 10 BALKEMA, A.J . **Indicators for the Sustainability Assessment of Wastewater Treatment Systems**. Urban Water Journal, n. 4, p 153-161 , 2002. Disponível em < www.elsevier.com/locate/urbwat > acesso em 05/09/2002
- 11 BARROS, R.T.V; CHERNICHARO, C.A.L; HELLER, L; SPERLING, M.V , **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. DESA-UFGM.1995

- 12 BENEVOLO, L, **História da Cidade**. 3. ed. Editora Perspectiva. 1999.
- 13 GASI, T.M.T; BATALHA, B.H.L; KAWAI, L.H; MEICHES, L.A.M; GUNTHER, M.A; SOUZA, M.E; LIMA FILHO, R.A; VIEIRA, S.M.A; MORAES, V.A; GRIECO, V.M. **Opções para Tratamento de Esgotos de Pequenas Comunidades** 2. ed. CETESB 1988
- 14 BORGES, R.S; BORGES, W.L. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias e de Gás**. 4. ed. Pini. 1992
- 15 BRAILE, P.M; CAVALCANTI, J.E.W.A, **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. CETESB. 1993
- 16 BRASIL. CPRM, **Zoneamento Ecológico – Econômico Brasil-Colômbia Eixo Tabatinga-Apapóris** . CPRM. Manaus. 2000
- 17 BRASIL. IBGE, **Anuário Estatístico do Brasil 2000** . IBGE. Rio de Janeiro. 2001
- 18 BRASIL. IBGE, **Indicadores Sociais - Uma Análise da Década de 1980**. IBGE. Rio de Janeiro. 1995
- 19 BRASIL. IBGE, **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000** . IBGE. Rio de Janeiro. 2002
- 20 BRASIL. **Lei Federal nº 9433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. **ABRH**, São Paulo, 1997.
- 21 BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. **Programa Calha Norte**. 2000. 16p
- 22 BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. **IP 72-20 – O Batalhão de Infantaria de Selva**. EME, 1997
- 23 BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. **IP 72-10 – A Companhia de Fuzileiros de Selva**. EME, 1995
- 24 BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Portaria nº 1469, de 29 de dezembro de 2000**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá providências, Brasília.

lia, 2001.

- 25 BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Boletim Eletrônico Epidemiológico**. Disponível em < www.funasa.gov.br > Acesso em 01 ago 2002.
- 26 BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE - SUS, **DATASUS - Pacto de Atenção Básica no Brasil - Indicadores**. Brasília, 2001. Disponível em < www.saude.gov.br/datasus > Acesso em 01 set 2002
- 27 BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE - SUS. **Indicadores de Recursos** Disponível em < www.saude.gov.br/datasus > Acesso em 01 ago 2002.
- 28 BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Cidades Sustentáveis. Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira**. Brasília, 2001
- 29 BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Gestão dos Recursos Naturais. Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira**. Brasília, 2000
- 30 BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONAMA, **Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986**. Estabelece os padrões de qualidade para as diversas classes (água doce) e padrão de lançamento.
- 31 BRASIL. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2000**. Disponível em < www.snis.gov.br > Acesso em 01 ago 2002.
- 32 BRASIL. PROJETO RADAMBRASIL - **volume 14 folha SA.19 IÇÁ - RIO DE JANEIRO - 1977**
- 33 CAMPOS, J.R organizador , **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. PROSAB, 2000
- 34 CARNEIRO, G.A., BARBOSA, R.F.M, SOUZA, M.A.A, **Tecnologia Apropriada em Saneamento: Uma Nova Abordagem com o Emprego de Análise Multiobjetivo e Multi-critério**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 11 a 2001

- critério.** 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. 11 p. 2001.
- 35 CAVAGNARI FILHO, G.L. **Introdução à Defesa da Amazônia** . Carta Internacional, Funag – USP nº 107/108 – jan/fev 2002 – pp 19-21
 - 36 CETESB, **Água Subterrânea e Poços Tubulares**. 3. ed. CETESB. 1978
 - 37 CHAPRA, C.S **Surface Water-Quality Modeling**. McGraw-Hill, 1996
 - 38 CHERNICHARO, C. A. L (Organizador), **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. PROSAB, 2001
 - 39 CHERNICHARO, C. A. L, **Reatores Anaeróbios**. DESA-UFMG, 2000
 - 40 CREDER, H, **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 5. ed. LTC.1991
 - 41 DACACH, N.G, **Saneamento Básico**. 3. ed. EDC, 1990
 - 42 ECKENFELDER, W.W, **Industrial Water Pollution Control**. 2. ed. McGraw-Hill. 1989
 - 43 FERRARI, C, **Curso de Planejamento Municipal Integrado**. 2. ed. Livraria Pioneira Editora. 1979
 - 44 FERNANDEZ, L.A , **La Ciudad: Su Origen, Crecimiento e Impacto en el Hombre**. Hermann Blume Ediciones. 1976. Madrid.
 - 45 GARCIAS, C.M. **Indicadores de Qualidade dos Serviços de Infraestrutura Urbana de Saneamento**. EPUSP, São Paulo. 1991
 - 46 HAMMER, M.J; HAMMER JR, M.J, **Water and Wastewater Technology**. 3. ed. Prentice-Hall. 1996
 - 47 HARADA, A. L, NETTO, O. M.C. **Análise Multicritério Aplicada a Sistemas de Esgotamento Sanitário no Distrito Federal**. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 82-91, 1999
 - 48 IMHOFF, K; IMHOFF, K.R, **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. 26. ed. Edgar Blucher. 1999

Blücher. 1998

- 49 JORDÃO, E. P ; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3. ed. ABES. 1995
- 50 KELNER, E; PIRES, E.P, **Lagoas de Estabilização - Projeto e Operação**. ABES.1998
- 51 KIELY, G. **Environmental Engineering**. McGraw-Hill,inc.1996
- 52 LAMAS, J.M.R.G. **Morfologia Urbana e Desenho da Cidade**. Fundação Calouste Gulbekian. 1993
- 53 LEME, F.P, **Engenharia do Saneamento Ambiental**. LTC.1982
- 54 LIMA, M.D.V; ROCAGLIO, C. **Degradação Socioambiental Urbana, Políticas Públicas e Cidadania**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 3, p. 53-63. Editora da UFPR.2001;
- 55 MACINTYRE, A. J, **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. Ed Guanabara Dois. 2. ed. 1988. Rio de Janeiro.
- 56 MANCINI NETO.E, **Projeto Especial Calha Norte - A Participação do Exército Brasileiro**. 1991
- 57 METCALF & EDDY, **Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse**. McGraw-Hill, 3. ed. 1991
- 58 MOTA, S, **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. UFCE, 1981
- 59 MORRIS, A.E.J. **Historia de la Forma Urbana**. Gustavo Gili Editorial. 3. ed. 1991. Barcelona
- 60 MOTA, S, **Urbanização e Meio Ambiente**. ABES, 1999
- 61 MOURA, H.A, MOREIRA. M. M. **A População da Região Norte : Processos de Ocupação e de Urbanização Recentes**.
Disponível em <www.fundaj.gov.br/tpd/112.html> Acesso em 05 jan 2002
- 62 NERY DA SILVA, G.L, VANDELLI, N.M. **A Guerra do Brasil: Calha Norte – A fronteira do Futuro**. Editora Texto Novo. 2000

teira do Futuro. Editora Texto Novo. 2000

- 63 NEVES, D.P, **Parasitologia Humana**, 7. ed. Atheneu. 1988
- 64 ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - OMS. **Global Water and Sanitation Assessment 2000 Report**. Disponível em < www.who.int/waterandsanitation > Acesso em 01 ago 2002.
- 65 PEREIRA, G. **A Natureza (dos) nos Fatos Urbanos: Produção do Espaço e Degradação Ambiental** . Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 3, p. 33-51. Editora da UFPR.2001
- 66 PINTO, N.L.S; HOLTZ, A.C.T; MARTINS, J.A; GOMIDE, F.L.S, **Hidrologia Básica**. Edgard Blücher. 1976
- 67 PORTO.R.L.L. organizador : **Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Editora Universidade / UFRGS / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997
- 68 PROSAB - FINEP, **Software - Sistema de Apoio à Decisão - SAD**. Disponível em < www.finep.prosab > Acesso em 20 ago 2002.
- 69 PUCCINI, A.L; PIZZOLATO, N.D Programação Linear. 2 ed. 1990
- 70 RAVEN, P.H; EVERT, R.F; CURTIS, H, **Biologia Vegetal**. 2. ed. Guanabara Dois. 1978
- 71 REZENDE, S.C; HELLER. L, **O Saneamento no Brasil - Políticas e Interfaces**. UFMG. 2002
- 72 RIGHETTO, A .M, **Hidrologia e Recursos Hídricos**. EESC-USP. 1998
- 73 SAGE. A. P., **Decision Support Systems Engineering**, John Wiley & Sons, 1991
- 74 SANTOS, M, **A Urbanização Brasileira**. Editora Hucitec. 3. ed. 1996
- 75 SAWYER, C.M; McCARTY, P.L; PARBIN, G.F, **Chemitry for Environmental Engineering**. 4. ed. McGraw-Hill. 1994

- 76 SILVA, D.D; PRUSKI, F.F, **Gestão de Recursos Hídricos; Aspectos Legais, Econômicos, Administrativos e Sociais.** Ministério do Meio Ambiente - ABRH.2000
- 77 SOUZA, M.A.A; CORDEIRO NETTO, O. M; CARNEIRO, G.A; LOPES JÚNIOR, R.P, **Análise Tecnológica de Alternativas para Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios: Resultados da Avaliação Multiobjetivo.** 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. 22 p. 2001.
- 78 SPERLING, M.V, **Introdução a Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos.** DESA-UFMG, 2. ed. 1996
- 79 SPERLING, M. V, **Lagoas de Estabilização.** DESA-UFMG, 1996
- 80 SPERLING, M. V. **Lodos Ativados.** DESA-UFMG, 1997
- 81 SPERLING, M. V, **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos.** DESA-UFMG, 1997
- 82 SPIRO, T.G; STIGLIANI, W.M, **Chemistry of the Environment.** Prentice-Hall, 1996
- 83 VICENTINI.Y. **A Cidade e História na Amazônia.** Tese de Doutorado. EPUSP. 1994
- 84 VINCKE, F, **Multicriteria Decision-Aid,** John Wiley & Sons, 1992
- 85 WORLD BANK, **Water and Sanitation Report 2002.** Disponível em < www.worldbank.org/html/extdr/pb/pbwater.htm > Acesso em 20 ago 2002.

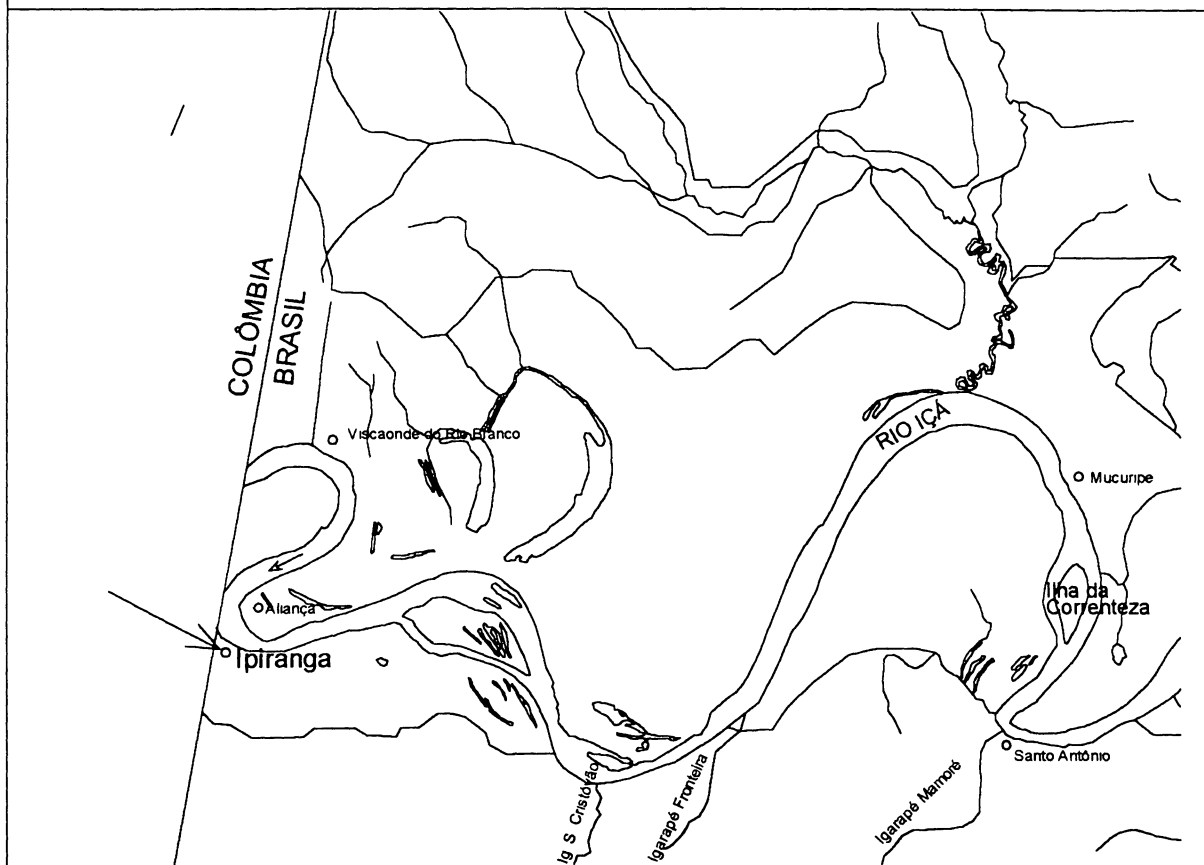
ANEXO I



FIGURA 31: IMAGEM DE SATÉLITE DA REGIÃO DO PEF IPIRANGA
FONTE: EMBRAPA (2002)

PLANTA DE SITUAÇÃO

MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ - AM ESCALA APROXIMADA: 1: 250.000



DATUM HORIZONTAL . SAD 69

ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM: EQUADOR E MERIDIANO 69° W GR
ACRESCIDAS DAS CONSTANTES 10 000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE



PLANTA LEVANTADA E DESENHADA PELA
4ª DIVISÃO DE LEVANTAMENTO



MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
12ª REGIÃO MILITAR
SERVIÇO DE PATRIMÔNIO REGIONAL/12

TÍTULO DA PLANTA

LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO "PRELIMINAR" DO
2º PELOTÃO ESPECIAL DE FRONTEIRA IPIRANGA-AM

TÍTULO DE PROPRIEDADE

MATRÍCULA Nº 42 - FL 42, LIVRO 2
CARTÓRIO DE REGISTRO DE IMÓVEIS
DE SÃO PAULO DE OLIVENÇA-AM, 17 ABR 1978

ÁREA

2 614 330,65 m²

ESCALA

1 7 500

DATA

SET-02

CADASTROS

AM 12-0032

TOPOGRAFO: 3 SGT RODRIGO

3 SGT DEIVSON

DESENHO

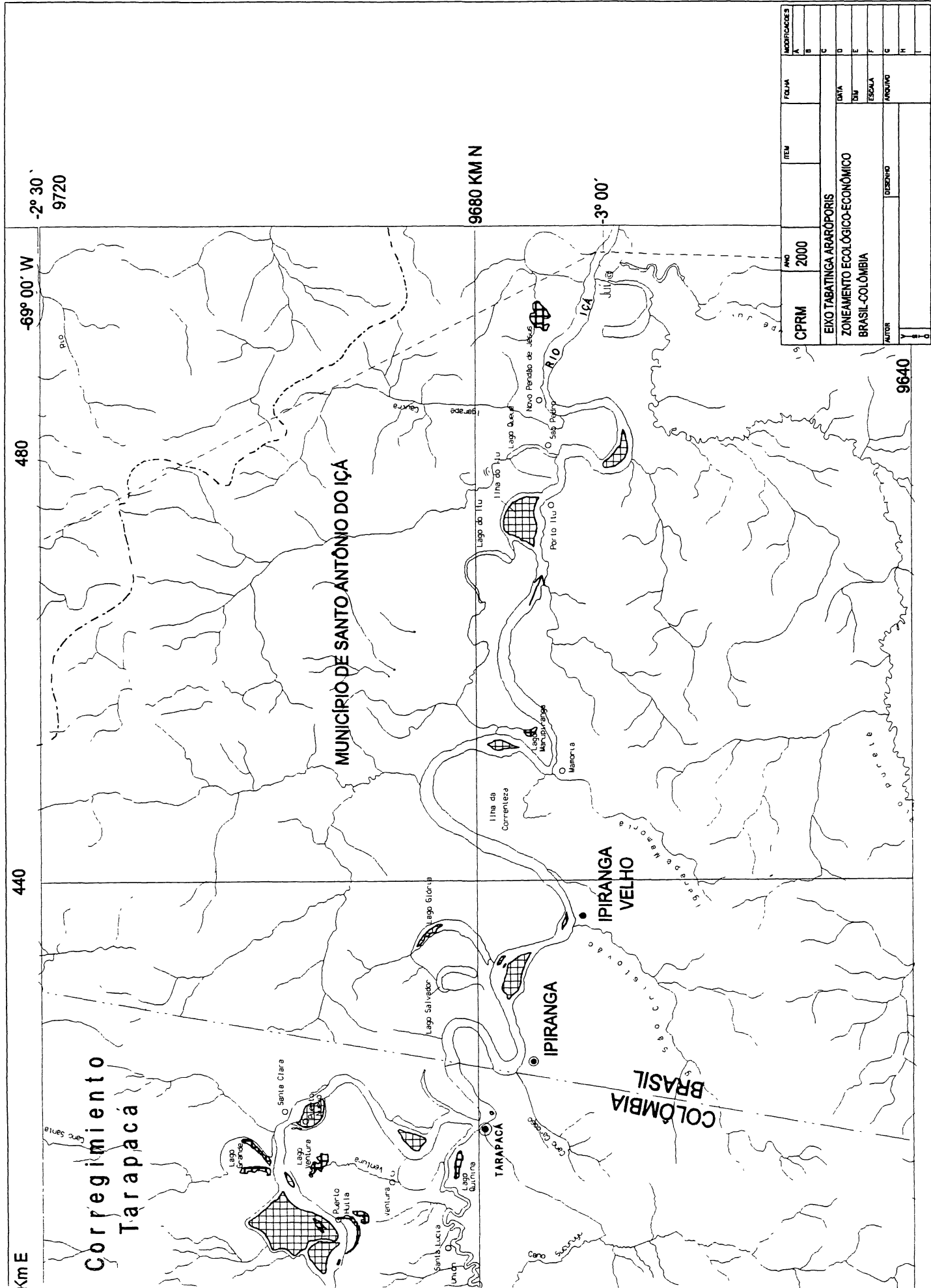
3 SGT DEIVSON

Resp Técnico

CARLOS YOSHIO MORITA - 1 Ten QEM-Cart
CREA Nº RJ-166978/AP

Verificado por

Ch SPR/12



ITEM	ANO	FECHA	MODIFICACÕES
CPRM	2000		A
EIXO TABATINGA ARARÓPORIS			B
ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO			C
BRASIL-COLÔMBIA			D
AUTOR			E
DESENHO			F
9640			G
			H
			I

RIO IÇÁ →

M2



LEGENDA	
01	ESCOLA
02	CENTRO DE EMBARCAÇÃO E FONIA
03	TAPIRI
04	IGREJA
05	QUADRA POLIESPORTIVA
06	FLUTUANTE DA POLÍCIA FEDERAL
07	ESTÁÇÃO DE TRATAMENTO D'ÁGUA
08	CLUBE MILITAR
09	DEPÓSITO DE SUPRIMENTO
10	AVIÁRIO
11	COMARA
12	AEROPORTO
13	PAVILHÃO DE COMANDO
14	TELEMAR
15	SERRARIA
16	COZINHA
17	CENTRAL ENERGÉTICA DO AMAZONAS
18	CASA DE FORÇA
19	ESTÁÇÃO METEOROLÓGICA
20	CAPTADOR D'ÁGUA
21	PALANQUE
22	ARQUIBANCADA

4º DL	ANO 2002	ITEM	FOLHA	QUANTIDADES
MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DO IÇÁ				A
2º PELOTO ESPECIAL DE FRONTEIRA				B
PEF IPIRANGA				C
AUTOR				D
DESENHO				E
				F
				G
				H
				I
				J
				K
				L
				M
				N
				O
				P
				Q
				R
				S
				T
				U
				V
				W
				X
				Y
				Z

Identificação

Código 11450000 Nome IPIRANGA VELHO

Código adicional

Tipo Fluviométrica

Localização

Bacia (código/nome) 1 / Rio Amazonas
Sub-bacia (código/nome) 11 / RIO SOLIMÕES,ICA,JANDIATUBA,
Rio (código/nome) 11310000 / RIO ICA
Estado (código/nome) 03 / AMAZONAS
Município (código/nome) 03037000 / SANTO ANTONIO DO IÇA

Dados Coletados/Período

☒ Escala 02/1979 a /
☐ Registrador de nível / a /
☒ Descarga líquida 02/1979 a /
☒ Sedimentos 03/1996 a /
☒ Qualidade da água 10/1997 a /
☐ Pluviômetro / a /
☐ Registrador de chuva / a /
☐ Tanque evapométrico / a /
☐ Climatológica / a /
☐ Piezométrica / a /
☐ Telemétrica / a /

Entidades

Responsável (cód /unid / jurisdição/sigla) 001 / 27 / 01 / ANA

Operadora (cód /unid / subunid./sigla) 100 / 19 / 07 / COHIDRO

Coordenadas

Latitude -02 59 00 Altitude (m) 0,00
Longitude -069 35 00 Área de drenagem (km2). 108362,00

Rede

Básica	Sim	Curso d'água	Outras	Sedimentos	Não
Energética	Não	Estratégica	Sim	Qualidade da água	Sem classificação
Navegação	Sim	Captação	Uso geral	Classe de vazão.	Vazão observada

Atualização

Última atualização. 02/08/2002

Descrição:

Histórico:

2/01/2002

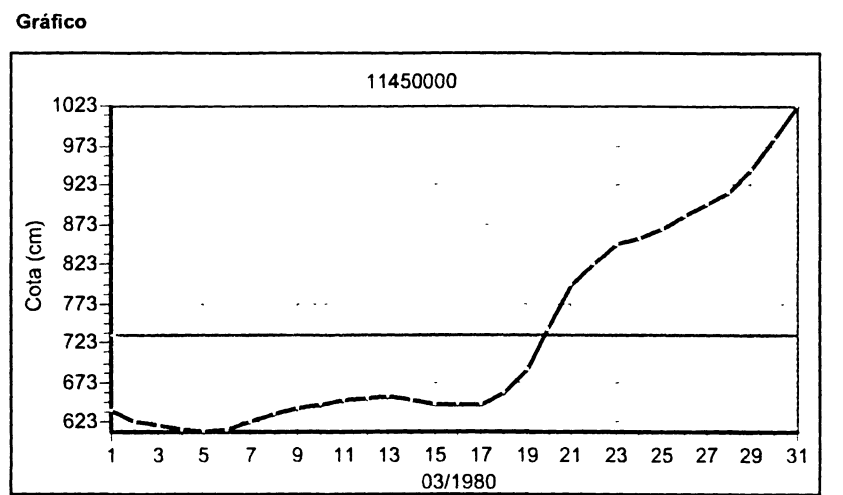
Foi efetuada a manutenção geral da estação, conforme previsto no plano de trabalho Pintura das referências de níveis

Estação									
Nome	IPIRANGA VELHO		Código	11450000	Area de drenagem (km2)	108362.00	Responsável	ANA	
Rio	RIO ICA		Município	SANTO ANTONIO DO IÇA		UF	AM	Operadora	COHIDRO

Identificação									
Nível de consistência	Consistido	Data	03/1980	Hora		Média diária	Sim	Tipo de medição	Escala

Cotas Diárias (cm)					
01	637	11	650	21	796
02	623	12	653	22	823
03	618	13	655	23	847
04	614	14	650	24	856
05	611	15	646	25	866
06	614	16	645	26	884
07	622	17	646	27	899
08	634	18	660	28	914
09	640	19	690	29	943
10	645	20	741	30	982
				31	1023

* - estimado, ? - duvidoso, # - régua seca



Estatísticas			
Máxima/Dia	1023	/ 31	Média 733
Mínima/Dia	611	/ 05	

Estação

Nome IPIRANGA VELHO

Código 11450000 Area de drenagem (km2) 108362,00 Responsável ANA

Rio RIO ICA

Município SANTO ANTONIO DO IÇA

UF AM Operadora COHIDRO

Identificação

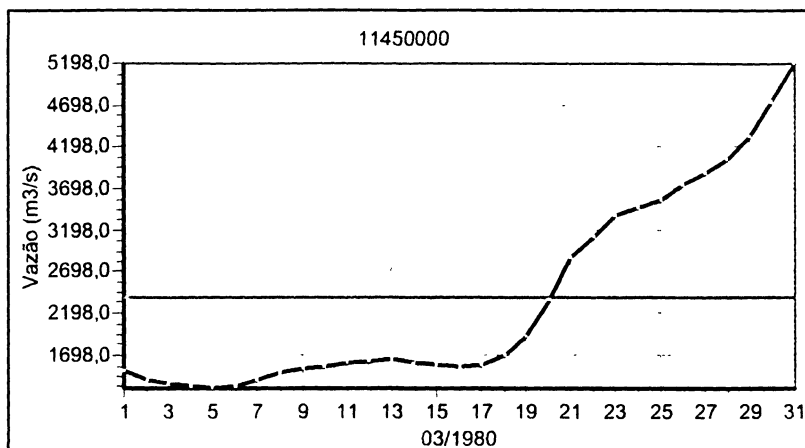
Nível de consistência Consistido Data. 03/1980 Hora Média diária Sim Método de obtenção Curva de descarga

Vazões Diárias (m3/s)

01	1499	11	1600	21	2863
02	1389	12	1624	22	3130
03	1350	13	1640	23	3370
04	1319	14	1600	24	3460
05	1296	15	1569	25	3560
06	1319	16	1561	26	3740
07	1382	17	1569	27	3890
08	1475	18	1680	28	4040
09	1522	19	1920	29	4330
10	1561	20	2361	30	4746
				31	5198

* - estimado, ? - duvidoso, # - regua seca

Gráfico



Estatísticas

Máxima/Dia 5310

/ 31 Média 2373

Mínima/Dia 1296

/ 05

Estação

Nome: IPIRANGA VELHO

Código 11450000 Area de drenagem (km2) 108362,00 Responsavel ANA

Rio: RIO ICA

Município SANTO ANTONIO DO IÇA

UF AM Operadora COHIDRO

Identificação

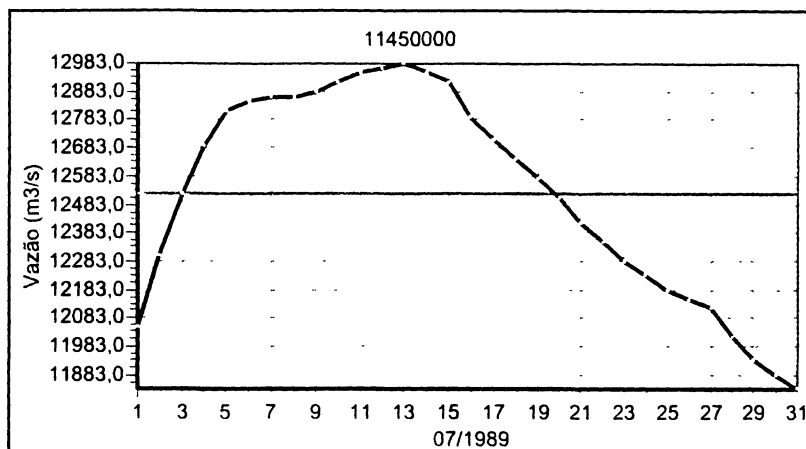
Nível de consistência Consistido Data 07/1989 Hora Média diária Sim Método de obtenção Curva de descarga

Vazões Diárias (m3/s)

01. 12050	11 12949	21 12422
02. 12303	12 12966	22. 12354
03. 12524	13 12983	23 12286
04 12694	14 12949	24 12235
05 12813	15 12915	25. 12184
06. 12847	16 12796	26. 12150
07 12864	17 12711	27 12117
08 12864	18 12643	28. 12017
09 12881	19 12575	29. 11934
10 12915	20 12507	30 11884
	31 11835	

* - estimado, ? - duvidoso, # - régua seca

Gráfico



Estatísticas

Máxima/Dia 12983 / 13 Média. 12522 Mínima/Dia 11835 / 31

Estação

Nome IPIRANGA VELHO Código 11450000 Área de drenagem (km2) 108362,00 Responsável ANA
Rio RIO ICA Município SANTO ANTONIO DO IÇA UF AM Operadora COHIDRO

Identificação

Nível de consistência Bruto Data 15/10/2001 Hora 10 40 Número da medição 0022

Coleta

Posição horizontal Centro

Posição vertical Integrada

Choveu

Profundidade (m)

Parâmetros:

#	Parâmetro	Valor	Status
002	Temperatura da amostra (°C)	30,0	
003	pH	5,7	<
005	Turbidez (FTU)	41,0	
006	Condutividade elétrica (uS/cm a 20°C)	66,00	
011	OD (mg/l O2)	5,10	VA
015	Sólidos em suspensão totais (mg/l)	34,00	

Estação

Nome IPIRANGA VELHO Código 11450000 Area de drenagem (km2) 108362,00 Responsável ANA
Rio RIO ICA Município SANTO ANTONIO DO IÇA UF. AM Operadora COHIDRO

Identificação

Nível de consistência Bruto Data 15/04/2002 Hora 09.35 Número da medição 0024

Coleta

Posição horizontal Centro
Posição vertical Integrada
Choveu Não
Profundidade (m)

Parâmetros:

#	Parâmetro	Valor	Status
002	Temperatura da amostra (°C)	26,8	
003	pH	6,2	
005	Turbidez (FTU)	42,0	
006	Condutividade elétrica (uS/cm a 20°C)	13,00	
011	OD (mg/l O2)	5,30	VA
015	Sólidos em suspensão totais (mg/l)	47,00	

Estação

Nome IPIRANGA VELHO Código 11450000 Área de drenagem (km2) 108362,00 Responsável ANA
Rio RIO ICA Município SANTO ANTONIO DO IÇA UF AM Operadora COHIDRO

Identificação

Nível de consistência Bruto Data: 09/07/2002 Hora 09 45 Número da medição 0025

Coleta

Posição horizontal Centro
Posição vertical Integrada
Choveu Não
Profundidade (m)

Parâmetros:

#	Parâmetro	Valor	Status
002	Temperatura da amostra (°C)	25,6	
003	pH	6,8	
005	Turbidez (FTU)	37,0	
006	Condutividade elétrica (uS/cm a 20°C)	14,00	
011	OD (mg/l O2)	5,10	
015	Sólidos em suspensão totais (mg/l)	49,00	

QUADRO 22: INFORMAÇÕES OPERACIONAIS DE COBERTURA DE ESGOTO - PRESTADORES DE SERVIÇOS DE ABRANGÊNCIA REGIONAL

CÓDIGO	SIGLA	População atendida esgoto	Quantidade de ligações de esgoto		Quantidade de economias ativas de esgoto		Volumes de esgoto			Extensão da rede de Esgoto
			Total (ativas + Inativas)	Ativas	Total (ativas) economias	Residenciais economias	Coletado	Tratado	Faturado	
		habitantes	ligações	ligações	economias	economias	1000m3/ano	1000m3/ano	1000m3/ano	Km
		E01	E09	E02	E03	E08	E05	E06	E07	E04
REGIÃO NORTE										
140010-00	CAER/RR	31.147	8.407	8.192	9.124	7.748	3.084,8	3.084,8	3.084,8	131,8
110020-00	CAERD/RO	11.805	3.379	NI	NI	NI	NI	NI	616,8	32,4
160030-00	CAESA/AP	26.304	5.559	5.117	7.174	5.229	2.464,9	1.460,0	2.464,9	91,3
130260-00	COSAMA/AM	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
150140-00	COSANPA/PA	85.434	11.082	11.082	25.718	18.818	5.808,3	NI	5.808,3	289,0
120040-00	DEAS/AC	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
172100-00	SANEATINS/TO	44.604	4.874	4.874	5.134	5.086	NI	NI	NI	NI
TOTAIS REGIÃO NORTE		199.294	33.301	29.265	47.150	36.881	11.358,0	4.544,8	11.974,8	544,5
REGIÃO NORDESTE										
221100-00	AGESPISA/PI	110.558	21.185	20.757	30.328	24.521	2.800,0	2.800,0	7.431,0	332,0
211130-00	CAEMA/MA	470.151	92.502	92.418	110.057	105.652	27.164,0	0,0	22.543,0	874,0
240810-00	CAERN/RN	293.346	70.251	60.904	79.598	68.184	13.748,0	8.192,0	18.259,0	629,0
230440-00	CAGECE/CE	1.212.030	249.841	222.804	316.007	284.131	67.913,0	67.913,0	67.913,0	2.734,0
250750-00	CAGEPA/PB	630.111	136.050	116.752	164.598	143.207	25.652,0	21.804,0	29.124,0	850,0
270430-00	CASAL/AL	205.623	29.414	29.414	55.687	46.219	10.984,0	10.984,0	10.897,0	261,0
261160-00	COMPESA/PE	1.235.602	200.961	179.067	329.584	294.191	51.470,0	41.870,0	57.379,0	1.482,0
280030-00	DESO/SE	192.605	38.139	38.139	51.310	45.533	10.019,0	10.019,0	10.019,0	291,0
292740-00	EMBAS/BA	1.516.054	204.728	201.241	388.916	347.371	71.428,8	159.111,6	71.330,1	2.199,0
TOTAIS REGIÃO NORDESTE		5.866.080	1.043.071	961.496	1.526.085	1.359.009	281.178,8	322.693,6	294.895,1	9.652,0

QUADRO 22: INFORMAÇÕES OPERACIONAIS DE COBERTURA DE ESGOTO - PRESTADORES DE SERVIÇOS DE ABRANGÊNCIA REGIONAL (CONT.)

CÓDIGO	SIGLA	População atendida esgoto	Quantidade de ligações de esgoto		Quantidade de economias ativas de esgoto		Volumes de esgoto			Extensão da rede de Esgoto
			Total (ativas + Inativas)	Ativas	Total (ativas)	Residenciais	Coletado	Tratado	Faturado	
		habitantes	ligações	ligações	economias	economias	1000m³/ano	1000m³/ano	1000m³/ano	Km
		E01	E09	E02	E03	E08	E05	E06	E07	E04
REGIÃO SUDESTE										
330455-00	CEDAE/RJ	5.369.424	658.430	620.658	1.668.821	1.540.532	528.203,0	251.564,0	438.598,8	5.828,0
320530-00	CESAN/ES	292.400	49.249	49.249	97.866	88.695	14.502,0	12.213,0	19.195,0	450,8
310620-00	COPASA/MG	4.503.521	973.350	973.350	1.426.012	1.239.619	193.329,0	6.466,0	279.322,0	8.857,0
355030-00	SABESP/SP	16.430.000	3.946.667	3.652.359	5.156.063	4.663.839	764.481,0	474.310,0	1.070.061,0	31.910,0
TOTAIS REGIÃO SUDESTE		26.595.345	5.627.696	5.295.616	8.348.762	7.532.685	1.500.515,0	744.553,0	1.807.176,8	47.045,8
REGIÃO SUL										
420540-00	CASAN/SC	262.682	47.427	47.427	130.755	108.047	18.112,8	16.928,0	23.466,2	708,7
431490-00	CORSAN/RS	469.801	98.770	98.770	178.263	151.686	34.824,0	19.464,0	18.557,0	1.619,0
410690-00	SANEPAR/PR	3.105.274	675.865	675.865	986.827	879.686	153.340,0	136.832,9	175.077,0	10.949,0
TOTAIS REGIÃO SUL		3.837.757	822.062	822.062	1.295.845	1.139.419	206.276,8	173.224,9	217.100,2	13.276,7
REGIÃO CENTRO-OESTE										
530010-00	CAESB/DF	1.737.037	315.761	302.606	522.375	493.094	92.794,0	60.871,0	128.050,0	4.025,0
520870-00	SANEAGO/GO	1.518.624	310.802	310.802	468.821	405.734	83.140,0	25.526,0	83.140,0	4.444,0
500270-00	SANESUL/MS	71.433	19.389	17.334	20.460	18.824	3.065,4	2.425,2	3.834,3	542,0
TOTAIS CENTRO-OESTE		3.327.094	645.952	630.742	1.011.656	917.652	178.999,4	88.822,2	215.024,3	9.011,0
Totais para o grupo		39.825.570	8.172.082	7.739.181	12.229.498	10.985.646	2.178.328,0	1.333.838,5	2.546.171,3	79.530,0

FONTE: SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS (2000)

QUADRO 23 - DISTRITOS, TOTAL E SEM REDE COLETORA DE ESGOTO, POR PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITAIS - 2000

GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITAIS	TOTAL DE DISTRITOS	DISTRITOS SEM REDE COLETOIRA DE ESGOTO						
		TOTAL	PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA					SEM DECLARAÇÃO
			FOSSAS SÉPTICAS E SUMIDOUROS	FOSSAS SECAS	VALAS ABERTAS	LANÇAMENTO EM CURSOS D'ÁGUA	OUTROS	
BRASIL	9 848	5 751	2 776	2 431	197,00	143,00	185,00	19,00
REGIÃO NORTE	607,00	572,00	182,00	284,00	85,00	14,00	4,00	3,00
RONDÔNIA	76,00	71,00	60,00	11,00	-	-	-	-
PORTO VELHO	12,00	11,00	11,00	-	-	-	-	-
ACRE	22,00	19,00	12,00	2,00	-	1,00	2,00	2,00
RIO BRANCO	1,00	-	-	-	-	-	-	-
AMAZONAS	81,00	80,00	-	-	80,00	-	-	-
MANAUS	1,00	-	-	-	-	-	-	-
RORAIMA	15,00	13,00	2,00	11,00	-	-	-	-
BOA VISTA	1,00	-	-	-	-	-	-	-
PARÁ	232,00	217,00	57,00	146,00	3,00	9,00	2,00	-
BELÉM	8,00	4,00	4,00	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM	13,00	8,00	8,00	-	-	-	-	-
AMAPÁ	30,00	25,00	-	21,00	-	4,00	-	-
MACAPÁ	5,00	4,00	-	4,00	-	-	-	-
TOCANTINS	151,00	147,00	51,00	93,00	2,00	-	-	1,00
PALMAS	3,00	2,00	-	2,00	-	-	-	-

QUADRO 23 - DISTRITOS, TOTAL E SEM REDE COLETORA DE ESGOTO, POR PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITAIS - 2000 (CONT.)

GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITAIS	TOTAL DE DISTRITOS	DISTRITOS SEM REDE COLETORA DE ESGOTO						
		TOTAL	PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA					SEM DECLARAÇÃO
			FOSSAS SÉPTICAS E SUMIDOUROS	FOSSAS SECAS	VALAS ABERTAS	LANÇAMENTO EM CURSOS D'ÁGUA	OUTROS	
ALAGOAS	114,00	74,00	19,00	54,00	1,00	-	-	-
MACEIÓ	1,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ	11,00	5,00	-	5,00	-	-	-	-
SERGIPE	83,00	33,00	20,00	6,00	4,00	3,00	-	-
ARACAJU	1,00	-	-	-	-	-	-	-
BAHIA	812,00	530,00	230,00	251,00	25,00	15,00	9,00	-
SALVADOR	1,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR	17,00	8,00	7,00	-	1,00	-	-	-
REGIÃO SUDESTE	3.115,00	571,00	146,00	312,00	10,00	52,00	40,00	11,00
MINAS GERAIS	1 568	354,00	57,00	260,00	3,00	26,00	4,00	4,00
BELO HORIZONTE	3,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	65,00	12,00	4,00	8,00	-	-	-	-
COLAR METROPOLITANO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	32,00	10,00	3,00	7,00	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA VALE DO AÇO	7,00	-	-	-	-	-	-	-
COLAR METROPOLITANO DA REGIÃO METROPOLITANA VALE DO AÇO	39,00	4,00	-	4,00	-	-	-	-
ESPÍRITO SANTO	249,00	78,00	27,00	9,00	4,00	17,00	15,00	6,00

QUADRO 23 - DISTRITOS, TOTAL E SEM REDE COLETORA DE ESGOTO, POR PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITALS - 2000 (CONT.)

GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITALS	TOTAL DE DISTRITOS	DISTRITOS SEM REDE COLETORA DE ESGOTO						
		TOTAL	PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA					SEM DECLARAÇÃO
			FOSSAS SÉPTICAS E SUMIDOUROS	FOSSAS SECAS	VALAS ABERTAS	LANÇAMENTO EM CURSOS D'ÁGUA	OUTROS	
VITÓRIA	2,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA GRANDE VITÓRIA	19,00	8,00	-	2,00	4,00	-	-	2,00
RIO DE JANEIRO	276,00	65,00	37,00	16,00	3,00	9,00	-	-
RIO DE JANEIRO	1,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO	44,00	12,00	9,00	-	3,00	-	-	-
SÃO PAULO	1.022,00	74,00	25,00	27,00	-	-	21,00	1,00
SÃO PAULO	96,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO	162,00	2,00	-	-	-	-	2,00	-
REGIÃO METROPOLITANA BAIXADA SANTISTA	11,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS	24,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO SUL	2.342,00	1.841,00	1.234,00	555,00	8,00	24,00	17,00	3,00
PARANÁ	748,00	592,00	238,00	343,00	1,00	1,00	8,00	1,00
CURITIBA	1,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	46,00	32,00	25,00	6,00	1,00	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA	18,00	13,00	8,00	3,00	-	-	2,00	-
REGIÃO METROPOLITANA DE MARINGÁ	14,00	8,00	-	8,00	-	-	-	-
SANTA CATARINA	447,00	351,00	298,00	20,00	4,00	18,00	9,00	2,00

QUADRO 23 - DISTRITOS, TOTAL E SEM REDE COLETORA DE ESGOTO, POR PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITAIS - 2000 (CONT.)

GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITAIS	TOTAL DE DISTRITOS	DISTRITOS SEM REDE COLETORA DE ESGOTO						
		TOTAL	PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA					SEM DECLARAÇÃO
			FOSSAS SÉPTICAS E SUMIDOUROS	FOSSAS SECAS	VALAS ABERTAS	LANÇAMENTO EM CURSOS D'ÁGUA	OUTROS	
FLORIANÓPOLIS	12,00	9,00	9,00	-	-	-	-	-
NÚCLEO METROPOLITANO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS	25,00	17,00	17,00	-	-	-	-	-
ÁREA DE EXPANSÃO METROPOLITANA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS	24,00	18,00	13,00	-	-	5,00	-	-
NÚCLEO METROPOLITANO DA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO ITAJÁ	6,00	-	-	-	-	-	-	-
ÁREA DE EXPANSÃO METROPOLITANA DA REGIÃO METROPOLITANA DO VALE DO ITAJÁ	14,00	6,00	2,00	2,00	-	-	-	2,00
NÚCLEO METROPOLITANO DA REGIÃO METROPOLITANA OESTE/NORDESTE CATARINENSE	4,00	2,00	1,00	-	1,00	-	-	-
ÁREA DE EXPANSÃO METROPOLITANA DA REGIÃO METROPOLITANA NORTE/NORDESTE CATARINENSE	27,00	23,00	23,00	-	-	-	-	-
RIO GRANDE DO SUL	1 147	898,00	698,00	192,00	3,00	5,00	-	-
PORTO ALEGRE	1,00	-	-	-	-	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE	59,00	27,00	24,00	3,00	-	-	-	-
REGIÃO CENTRO-OESTE	700,00	616,00	188,00	415,00	-	-	11,00	2,00
MATO GROSSO DO SUL	163,00	139,00	32,00	99,00	-	-	8,00	-
CAMPO GRANDE	3,00	2,00	-	2,00	-	-	-	-
MATO GROSSO	227,00	207,00	109,00	96,00	-	-	2,00	-

QUADRO 23 - DISTRITOS, TOTAL E SEM REDE COLETORA DE ESGOTO, POR PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITALS - 2000 (CONT.)

GRANDES REGIÕES, UNIDADES DA FEDERAÇÃO, REGIÕES METROPOLITANAS E MUNICÍPIOS DAS CAPITALS	TOTAL DE DISTRITOS	DISTRITOS SEM REDE COLETORA DE ESGOTO					
		TOTAL	PRINCIPAL SOLUÇÃO ALTERNATIVA				
			FOSSAS SÉPTICAS E SUMIDOUROS	FOSSAS SECAS	VALAS ABERTAS	LANÇAMENTO EM CURSOS D'ÁGUA	OUTROS
CUIABÁ	4,00	2,00	-	2,00	-	-	-
GOIÁS	309,00	270,00	47,00	220,00	-	-	1,00
GOIÂNIA	2,00	1,00	-	1,00	-	-	-
REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA	13,00	9,00	3,00	6,00	-	-	-
DISTRITO FEDERAL	1,00	-	-	-	-	-	-
BRASÍLIA	1,00	-	-	-	-	-	-
REGIÃO INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO	35,00	28,00	-	27,00	-	-	1,00

FONTE: IBGE, DIRETORIA DE PESQUISAS, DEPARTAMENTO DE POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIAIS, PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO 2000.