

CLAUDIA ROCHA

**PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ESGOTOS JARIVATUBA – ETE
JARIVATUBA, JOINVILLE, SC.**

FLORIANÓPOLIS

2005

CLAUDIA ROCHA

**PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ESGOTOS JARIVATUBA – ETE
JARIVATUBA, JOINVILLE, SC**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós Graduação em Engenharia
Ambiental, Universidade Federal de
Santa Catarina, para obtenção do título
de Mestre em Engenharia Ambiental

FLORIANÓPOLIS

2005

Rocha, Claudia

Proposta para o gerenciamento da estação de tratamento de esgotos Jarivatuba - ETE-Jarivatuba, Joinville, SC. Claudia Rocha – Florianópolis: Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, 2005.

110p.

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

1. Estação de tratamento de esgotos 2. Lagoas de estabilização
3. Gestão da qualidade I. Título.

Dedico aos meus pais Alvacir e Rosi,
e ao meu esposo, Agnaldo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo e aos meus familiares pelo apoio;

À Companhia Catarinense de Água e Saneamento - CASAN por permitir o desenvolvimento deste trabalho;

Aos colegas da CASAN, em especial Bióloga Leda, Bioquímica Gisele e aos Engenheiros Mário, Darlei e Luiz Antônio;

Aos vigias da ETE-Jarivatuba e à equipe de manutenção de esgotos da CASAN, em especial ao Juca, pelo auxílio nas coletas;

Ao estagiário Luiz Alexandre, pelo auxílio no cadastro dos usuários do SES;

Ao laboratório de efluentes da CASAN em Balneário Camboriú e a todos os técnicos e estagiários que lá trabalham;

Ao Prof. Dr. Fernando Soares Pinto Sant'Anna pela orientação, críticas e sugestões.

“Feliz o homem que encontrou sabedoria e alcançou entendimento, porque a sabedoria vale mais que a prata e dá mais lucro que o ouro.”

Provérbios 3: 13 e 14

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xii
ANEXOS	xiv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1. Gerenciamento	21
2.2. Tratamento de Efluentes Domésticos.....	25
2.3. Lagoas de Estabilização	29
2.4. Histórico do Saneamento no Brasil	32
2.5. Área de Estudo: Joinville	34
2.6. Saneamento Básico em Joinville	35
2.7. Sistema de Esgotamento Sanitário de Joinville.....	37
2.8. Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Jarivatuba	41
3. METODOLOGIA.....	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
4.1. Problemas detectados na ETE-Jarivatuba	50
4.2. Caracterização do Esgoto Bruto.....	57
4.3. Caracterização de Todas as Lagoas	61
4.3.1. Lagoas Anaeróbias	61
4.3.2. Lagoas Facultativas	63

4.3.3. Lagoas de Maturação	64
4.4. Avaliação do desempenho da ETE-Jarivatuba	67
4.4.1 pH	67
4.4.2. Alcalinidade Total	68
4.4.3. Cor Aparente	69
4.4.4. Turbidez	70
4.4.5. Cloreto	71
4.4.6. Oxigênio Dissolvido	73
4.4.7. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	74
4.4.8. Demanda Química de Oxigênio (DQO)	75
4.4.9. Série Nitrogenada	77
4.4.10. Fosfato Total	80
4.4.11. Sulfato e Sulfeto	81
4.4.12. Surfactantes	83
4.4.13. Colimetria	84
4.4.14. Sólidos Sedimentáveis Totais	87
4.5. Proposta de Gerenciamento	89
4.5.1. Segurança Patrimonial	90
4.5.2. Recuperação da Estrutura Física da ETE.....	91
4.5.3. Segurança do Trabalho	92
4.5.4. Regulamentação de Despejos de Caminhões Limpa-Fossa	95
4.5.5. Controle de Odores	98
4.5.6. Adequação dos Efluentes a Legislação	100
4.5.7. Cadastro de Usuários não Domésticos	104

4.5.8. Pesquisa de Ligações Clandestinas	108
4.5.9. Gerenciamento do Lodo	109
4.5.10. Controle de Equipamentos	111
4.5.11. Programa de Visitação	111
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	114
5.1. Pesquisa de Campo	114
5.2. Gerenciamento da ETE	115
6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	116
7. BIBLIOGRAFIA	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cidade de Joinville: A) Localização; B) Vista Aérea	36
Figura 2: Área atualmente atendida por rede coletora de esgotos em Joinville	40
Figura 3: Representação Esquemática da ETE-Jarivatuba	42
Figura 4: A) Vista geral da ETE-Jarivatuba; B) Entrada do Esgoto Bruto; C) Lagoa Facultativa (F1); D) Lagoas de Maturação (M22 e M23)	43
Figura 5: Novo Organograma proposto, de empresa moderna, orientada para o cliente.....	49
Figura 6: ETE-Jarivatuba: A) Reservatório de Hidróxido de Sódio (soda cáustica), B) Bombas Dosadoras de Hidróxido de Sódio	51
Figura 7: Lay-out das lagoas de estabilização que compões a ETE-Jarivatuba com as respectivas dimensões	52
Figura 8: A e B) Residências cujo único acesso é pela propriedade da ETE; C) Morador do entorno cortando caminho por trilhas abertas dentro da propriedade da ETE; D) Casa de Bombas para recirculação depredada pela ação de vândalos.....	56
Figura 9: A) Desenho esquemáticos do pré-tratamento existente para os efluentes de caminhões Limpa-Fossas; B) Despejo de efluentes para o pré-tratamento.....	57
Figura 10: A) Gráfico dos valores de pH do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de pH para esgoto bruto e efluente final.....	68
Figura 11: A) Gráfico dos valores de Alcalinidade Total em mg CaCO ₃ /L do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Alcalinidade Total em mg CaCO ₃ /L para esgoto bruto e efluente final.....	69
Figura 12: A) Gráfico dos valores de Cor Aparente em uC do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Cor Aparente em uC do esgoto bruto e efluente final.....	70

Figura 13: A) Gráfico dos valores de Turbidez em NTU do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Turbidez em NTU do esgoto bruto e efluente final.....	71
Figura 14: A) Gráfico dos valores de Cloreto em mg/L do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Cloreto em mg/L do esgoto bruto e efluente final.....	72
Figura 15: A) Gráfico dos valores de Oxigênio Dissolvido em mg/L do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Oxigênio Dissolvido em mg/L do esgoto bruto e efluente final.....	73
Figura 16: A) Gráfico dos valores de DBO em mg de O ₂ /L do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de DBO em mg de O ₂ /L do esgoto bruto e efluente final.....	75
Figura 17: A) Gráfico dos valores de DQO em mg de O ₂ /L do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de DQO em mg de O ₂ /L do esgoto bruto e efluente final.	76
Figura 18: Gráfico dos valores de Nitrogênio Amoniacal (A), Nitrito (B) e Nitrato (C) em mg de N/L do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação.....	78
Figura 19: Gráfico dos valores de Nitrogênio Amoniacal (A), Nitrito (B) e Nitrato (C) em mg de N/L do esgoto bruto e efluente final.	79
Figura 20: A) Gráfico dos valores de Fosfato Total em mg de P/L do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Fosfato Total em mg de P/L do esgoto bruto e efluente final.....	80
Figura 21: Gráfico dos valores de Sulfato (A) e Sulfeto (B) em mg/L do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação.....	82
Figura 22: Gráfico dos valores de Sulfato (A) e Sulfeto (B) em mg/L do esgoto bruto e efluente final.....	83

Figura 23: A) Gráfico dos valores de Surfactantes em mg/L do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Surfactantes em mg/L do esgoto bruto e efluente final.....	84
Figura 24: Gráfico dos valores de Coliformes Totais (A) e <i>E. coli</i> (B) em NMP/100 mL do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação.....	86
Figura 25: Gráfico dos valores de Coliformes Totais (A) e <i>E. coli</i> (B) em NMP/100 mL do esgoto bruto e efluente final.....	87
Figura 26: Usuários Não Domésticos do SES-Joinville	105
Figura 27: Usuários Não Domésticos do SES-Joinville localizados na Bacia do Rio Morro Alto, compreendendo a bacia 3.....	106
Figura 28: Usuários Não Domésticos do SES-Joinville localizados na Bacia do Rio Mathias, compreendendo as bacias 7 e 8.....	106
Figura 29: Usuários Não Domésticos do SES-Joinville localizados na Bacia do Rio Jaguarão, compreendendo as bacias 9, 10 e 11.....	107
Figura 30: Usuários Não Domésticos do SES-Joinville localizados na Bacia do Rio Bucarein, compreendendo as bacias 12, 14, 15 e 19.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Característica de um esgoto doméstico baseado em experiências em São Carlos e Campinas	27
Tabela 2: Caracterização do lodo de tanque séptico segundo diferentes autores.	41
Tabela 3: Características dimensionais da ETE-Jarivatuba	42
Tabela 4: Programa de amostragem composta de esgoto bruto	44
Tabela 5: Divisão das bacias hidrográficas atendidas pelo SES de Joinville	47
Tabela 6: Perfil longitudinal das lagoas componentes da ETE-Jarivatuba	53
Tabela 7: Coeficientes cinéticos médios para DBO	54
Tabela 8: Dados meteorológicos e climáticos, adaptado de EPAGRI (2005), tendo sido considerado verão: nov/03,dez/03 e jan/04; e inverno: jun; jul e ago/04.....	57
Tabela 9: Valores médios obtidos a partir de 3 amostras compostas de esgoto bruto, sendo 3 no verão (nov/03,dez/03,jan/04) e 3 no inverno (jun/jul e ago/04).....	58
Tabela 10: Valores médios obtidos a partir de 3 amostras mensais no verão (nov/03,dez/03,jan/04) e 3 no inverno (jun/jul e ago/04) para A11, A12, A21 e A22..	62
Tabela 11: Valores médios obtidos a partir de 3 amostras mensais no verão (nov/03,dez/03,jan/04) e 3 no inverno (jun/jul e ago/04) para F1 e F2.....	64
Tabela 12: Valores médios obtidos a partir de 3 amostras mensais no verão (nov/03,dez/03,jan/04) e 3 no inverno (jun/jul e ago/04) para M11, A12, M21, M22, M31 E M32.....	65
Tabela 13: Coeficiente de correlação entre as concentrações de cloretos (mg/L) e os picos de marés na madrugada e manhã dos dias das coletas.....	72
Tabela 14: Características do Esgoto Bruto e Efluentes tratados da ETE-Jarivatuba .	88
Tabela 15: Planejamento Estratégico	89
Tabela 16: Plano de Ações – Segurança Patrimonial	94

Tabela 17: Plano de Ações – Recuperação da Estrutura Física	94
Tabela 18: Plano de Ações – Segurança do Trabalho.....	94
Tabela 19: Composição do lodo de fossa séptica despejado na ETE-Jarivatuba	96
Tabela 20: Contribuição mensal de lodo das empresas Limpa-Fossas.	97
Tabela 21: Plano de Ações – Regulamentação dos Despejos de Caminhões Limpa-Fossas.....	103
Tabela 22: Plano de Ações – Controle de Emissão de Gases Odorantes	103
Tabela 23: Plano de Ações - Adequação dos Efluentes à Legislação	103
Tabela 24: Plano de Ações – Critérios de Recebimento de Esgotos Não Domésticos.....	110
Tabela 25: Plano de Ações – Pesquisa de Ligações Pluviais Clandestinas	110
Tabela 26: Plano de Ações – Gerenciamento do Lodo	110
Tabela 27: Plano de Ações – Controle de Equipamentos.....	113
Tabela 28: Plano de Ações – Programa de Visitação	113

ANEXOS

Anexo I: Formulário para o cadastramento de END	121
Anexo II: Monitoramento da ETE-Jarivatuba pela AMAE	122
Anexo III: Autorização das empresas de Limpa-Fossas.....	131
Anexo IV: Formulário de controle de despejos de caminhões Limpa-Fossas	132
Anexo V: Guia de transporte de efluentes.....	133
Anexo VI: Orçamento Cobertura das Lagoas Anaeróbias	134
Anexo VII: Planilha para controle de equipamentos	136
Anexo VIII: Tabelas dos resultados da avaliação do desempenho da ETE-Jarivatuba.....	137
pH: esgoto bruto, efluente das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	137
Alcalinidade Total: em mg CaCO ₃ /L do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	137
Cor Aparente: em uC do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	138
Turbidez: em NTU do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	138
Cloreto: em mg/L do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	139
Oxigênio Dissolvido: em mg/L do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	139

DBO: em mg de O ₂ /L do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	140
DQO: em mg de O ₂ /L do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	140
Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato: em mg de N/L do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	141
Fosfato Total: em mg de P/L do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	142
Sulfato e Sulfeto: em mg/L do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	143
Surfactantes: em mg/L do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	144
Coliformes Totais e <i>E.coli</i>: em NMP/100mL do esgoto bruto, efluente das segundas lagoas anaeróbias, facultativas e terceiras lagoas de maturação, a partir de amostras mensais entre novembro/03 e setembro/04.....	145
Anexo IX. Dados meteorológicos e climáticos da EPAGRI (2005).....	146

RESUMO

A cidade de Joinville, no estado de Santa Catarina, Brasil, conta com uma estação de tratamento de esgotos (ETE), composta por lagoas de estabilização, que atende 16% da população há 20 anos, denominada ETE-Jarivatuba. Esta apresenta controle operacional deficiente, agravado pela falta de segurança que estimula ações de vandalismo, inibindo novos investimentos, dificultando o cumprimento da legislação e impedindo o licenciamento ambiental de operação. Em função disto, este trabalho propõe um sistema de gerenciamento baseado em normas de qualidade como a ISO 9001 e nos critérios do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento promovido pela ABES. O sistema de gerenciamento consistiu em elencar ações prioritárias - em termos de objetivos a serem alcançados - a partir de um diagnóstico geral da situação atual que permitiu detectar as falhas de segurança e operacionais, caracterizar o esgoto bruto afluente, bem como todas as lagoas componentes da ETE-Jarivatuba quanto a parâmetros físico-químicos e biológicos. A partir da análise estatística, verificou-se que as características físico-químicas e biológicas se mantêm estáveis para todos os pontos amostrados durante diferentes estações do ano, bem como entre os dois módulos que operam paralelamente. O esgoto bruto apresentou concentração de DBO média de 170,19 mg/L. As lagoas anaeróbias e facultativas apresentaram eficiência na remoção de DBO inferior a prevista no projeto. Analisando-se o perfil longitudinal das lagoas, observou-se tendência ao regime de mistura completa. A ETE não atende ao Decreto Estadual 14.250/1981 no que se refere ao pH, DBO, *E.coli* e oxigênio dissolvido, nitrogênio e fósforo. Baseado nos resultados do diagnóstico, foram selecionados, como objetivos prioritários para o planejamento estratégico, ações nas áreas de: segurança patrimonial, recuperação da estrutura física, segurança do trabalho, regulamentação de despejos de caminhões limpa-fossa, controle de odores, adequação dos efluentes à legislação, cadastro de usuários não domésticos, pesquisa de ligações clandestinas, gerenciamento do lodo, controle de equipamentos e programa de visitação.

Palavras-chave: estação de tratamento de esgotos, lagoas de estabilização, gestão da qualidade.

ABSTRACT

The city of Joinville, in the state of Santa Catarina, Brazil, holds a sewer treatment plant made of stabilization ponds attending 16% of the city for 20 years. This sewer treatment plant presents a deficient operational control, enhanced by the vulnerability to vandalism which inhibits new investments, making it difficult to have been established laws followed, that by consequence blocks the environmental license of operation process. Due to it, this work proposes a management system based on quality norms as ISO 9001 and Premio Nacional de Qualidade em Saneamento criteria, promoted by ABES. The management system proposed in this work consisted of a list of priority actions starting with a general diagnosis of the present situation, that permitted to detect the security and operational faults, to know the physical, chemical and biological characteristics of affluent brute sewer and of all ponds of the plant. With the statistic analysis, it checked that these characteristics support stable as in different seasons of the year as between the two modules of parallel operation. The brute sewer had BOD average concentration of 170,19 mg/L. The anaerobic and facultative ponds had BOD removal rate smaller than BOD removal rate of project. The longitudinal profile analysis of the ponds showed a tendency to the complete mixed hydraulic regime. The plant doesn't attend to *Decreto Estadual 14.250/1981* concerning pH, BOD, *E.coli*, DO, N and P. Based on diagnosis's results, it was selected, like priority actions to strategic planning, actions in followed areas: Property security, Physical structure's recover, Control of Smell, Regulating of unblocker's junk, Follow the established laws, No domestic user's register, Irregular connection's search, Mud management, Equipment's control and Scholl visit's program.

Key-words: Sewer treatment plant, stabilization ponds, quality management.

1. INTRODUÇÃO

As atividades de saneamento têm papel preponderante na qualidade de vida dos centros urbanos. O fornecimento de água tratada promove a saúde ao evitar a disseminação de doenças de veiculação hídrica; e a coleta, o tratamento e a disposição adequada de esgotos domésticos, além de colaborarem para a saúde da comunidade, contribuem para a conservação ambiental.

Apesar do significativo avanço nesta área, principalmente no que se refere ao abastecimento de água, grande parte do território brasileiro carece de investimentos em tratamento de efluentes domésticos, e a falta deste compromete inclusive a qualidade da água a ser utilizada no abastecimento público.

O grau necessário a ser alcançado numa determinada estação de tratamento de esgotos sanitários varia de um lugar para o outro e depende do uso preponderante da água do corpo receptor, da capacidade de assimilação deste e das exigências legais estabelecidas pelos órgãos de controle de poluição (CETESB, 1989). A escolha da tecnologia de tratamento de efluentes domésticos deve levar em consideração alguns fatores como: área requisitada, características ambientais do local, custo operacional, eficiência no tratamento, entre outros.

A cidade de Joinville conta com uma estação de tratamento de esgotos composta por lagoas de estabilização, uma tecnologia universal das mais simples, onde a remoção de matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos ocorre através da interação, no meio aquático, de processos físicos e bioquímicos naturais, a partir do calor e energia radiante.

A referida ETE não possui um controle operacional adequado, o que é agravado pela falta de segurança que estimula ações de vandalismo, depredação do patrimônio público e inibe novos investimentos no local. Estes fatores dificultam o cumprimento da legislação em relação aos parâmetros nitrogênio e fósforo total; além do pH, cujos valores ultrapassam o permitido nos meses mais quentes do ano. Por estes motivos, a ETE-Jarivatuba opera sem Licença Ambiental de Operação (LAO).

A emissão de maus odores, apesar de remediada com adição de soda cáustica, é motivo de constantes manifestações da comunidade do entorno. E a manipulação deste produto químico está em desacordo com as normas de segurança. O monitoramento sofre interrupções freqüentes devido à falta de reagentes, e pela falta de equipamentos alguns parâmetros citados na legislação não são analisados.

A área atendida pela rede coletora engloba indústrias e prestadores de serviços cujos efluentes não são exclusivamente domésticos. Não há controle do destino final destes empreendimentos por parte dos órgãos ambientais, nem por parte da CASAN. Além disso, por determinação do Ministério Público, a ETE recebe dejetos de caminhões limpa-fossa cujo controle é precário.

A qualidade da operação e a eficiência destes sistemas estão diretamente relacionadas com as ferramentas gerenciais utilizadas. Neste contexto, a padronização de procedimentos e melhorias na esfera organizacional do sistema de tratamento de esgotos de Joinville apresenta-se como um potencial redutor de custos operacionais, bem como de conflitos gerados com a comunidade, e principalmente, promotor de um aumento da eficiência.

Deve-se lembrar que sem a devida organização, e o planejamento criterioso de ações nos mais diversos setores, não se pode alcançar a excelência na operação de uma ETE. Além disso, ganhos em eficiência dependem de investimentos em equipamentos e estruturas físicas, que devem estar protegidas de vandalismos. Esta articulação só é possível lançando-se mão de ferramentas gerenciais que vêm se tornando cada vez mais indispensável nos mais diversos ramos de atividade.

A relevância deste enfoque é demonstrada na medida em que mais e mais instituições passam a adotar normas de qualidade como a ISO 9001 e ambientais como ISO 14001, bem como se orientar pelos objetivos do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento Ambiental, iniciativa de grande significado da ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária).

Neste contexto, o Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) da UFSC, tem contribuindo significativamente para a solução de problemas relacionados à

questão ambiental e mais especificamente às questões de saneamento, seja através do desenvolvimento e da aplicação de novas tecnologias, seja na formação de profissionais que atuam diretamente nas áreas operacionais.

Em função do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar propostas para a implantação de um sistema de gerenciamento da ETE-Jarivatuba através de um diagnóstico da situação atual, bem como da caracterização minuciosa de seus resíduos afluentes. E ainda, sugerir medidas diversas que garantam a eficiência da operação e da administração da ETE como um todo.

Para tanto, estipulou-se os seguintes objetivos específicos:

- (1) Levantar os problemas operacionais e as falhas de segurança física da ETE;
- (2) Caracterizar o esgoto bruto afluente e todas as lagoas, bem como monitorar mensalmente as diferentes unidades de tratamento (anaeróbia, facultativa e maturação);
- (3) Realizar um cadastro dos usuários não domésticos do SES-Joinville;
- (4) Propor melhorias relacionadas à operação e gerenciamento da ETE, com base na ISO 9001, nos critérios do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento e ISO 14001.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. GERENCIAMENTO

De acordo com DRUCKER (1984), o gerenciamento pode ser definido como o conjunto de ações como o planejamento, organização, ajuste e mensuração, e em relação ao quadro funcional, a formação. Neste sentido, pode-se afirmar que o gerente é caracterizado pela responsabilidade e contribuição, e não pelo escalão ou posto ocupado, nem pelo número de pessoas subordinadas a ele. Portanto o requisito básico de um gerente passa a ser a integridade e não a genialidade.

Cada vez mais se ressalta a importância do gerenciamento em todos os setores da sociedade, quer sejam públicos ou privados. Mas, observa-se ainda, a necessidade e a carência de profissionais enquadrados no perfil descrito por DRUCKER (1984), em cada departamento, e em cada unidade operacional, capaz de planejar as atividades e organizar os procedimentos, cujo objetivo principal é a padronização, e não a perfeição, como muitas vezes é interpretado.

De acordo com MOURA (1997), gerenciar significa prover os meios e as condições necessárias para que a empresa atinja seus objetivos e gestão estratégica da qualidade é a utilização de técnicas de qualidade total, como meio para atingir os objetivos empresariais, de acordo com a realidade de cada empresa.

Um dos princípios básicos da qualidade total é reconhecer que toda organização tem problemas, e que cada um deles é uma oportunidade de melhoria para: pessoas; processos; produtos; e sistemas. Para cada problema identificado e priorizado, pode ser estabelecido um projeto de análise e solução: Metodologia de Análise e Solução de Problemas –MASP, (EQUIPE GRIFO, 1995).

Especialmente nas duas últimas décadas do século XX, a qualidade passou efetivamente a ser percebida como uma disciplina de cunho estratégico, além do seu viés tradicionalmente técnico. Os princípios da gestão pela qualidade total (GQT), disseminados a partir de 1950, foram enfim assimilados pela maioria das organizações, a qualidade passou a ser discutida na agenda estratégica do negócio, e o mercado passou

a valorizar quem a possuía e a punir as organizações hesitantes ou focadas apenas nos processos clássicos de controle da qualidade, (MARSHALL JR., 2004).

A ampliação da abrangência da qualidade nas atividades organizacionais pode também ser percebida em responsabilidades que se agregam à área, como qualidade ambiental e qualidade de vida, ética e valores – hoje imprescindíveis e objeto de regulamentações nacionais e internacionais e de normas diversas, mostrando a crescente conscientização da sociedade, que impõe demandas e exerce pressões complementares, (MARSHALL JR., 2004).

O enfoque ambiental do gerenciamento foi difundido na década de 80, quando as empresas, de acordo com CALLENBACH *et al* (2001), começaram a ter consciência de que práticas ecologicamente corretas seriam capazes de reduzir os danos ambientais “cotidianos”. A partir de então, os gastos com a preservação ambiental passaram a ser considerados investimentos e em alguns casos, vantagem competitiva.

Segundo o mesmo autor, atualmente a administração de qualidade total para o ambiente está sendo explorada por diversas empresas, concentradas no contínuo aprimoramento dos processos e constituindo-se em estruturas de fomentação da consciência ecológica. Ele cita ainda como benefícios desta visão administrativa a própria sobrevivência humana, a redução de riscos ambientais e de custos, além da garantia de integridade pessoal.

De acordo com MARSHALL (2004), em reunião em Londres em 1946, representantes de 25 países decidiram criar uma organização internacional com o objetivo de facilitar, em nível mundial, a coordenação e a unificação de normas industriais, tal organização começou a funcionar em 1947 com a denominação *International Organization for Standardization* (ISO), ou Organização Internacional de Normalização.

A NBR ISO 9001 promove a adoção de uma abordagem de processo para o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema de gestão da qualidade para aumentar a satisfação do cliente pelo atendimento aos seus requisitos. De acordo com esta norma, para uma organização funcionar de maneira eficaz, ela tem que identificar e gerenciar diversas atividades interligadas. Além disso, uma atividade que

usa recursos e que é gerenciada de forma a possibilitar a transformação de entradas em saídas pode ser considerada um processo, sendo que freqüentemente a saída de um processo é a entrada para o processo seguinte. A aplicação deste sistema pode ser considerada como “abordagem de processo”, que tem como principal vantagem o controle contínuo que ela permite sobre a ligação entre os processos individuais dentro do sistema de processos, bem como sua combinação e interação.

Apesar da NBR ISO 9001 não apresentar requisitos específicos para o sistema de gestão ambiental, ela possibilita o alinhamento e integração do sistema de gestão da qualidade com outros requisitos de sistema de gestão relacionados.

De acordo com o GUIA DA SÉRIE DE NORMAS ISO 14001(2000), a gestão ambiental abrange todos os setores na organização, necessários ao planejamento, execução, revisão e desenvolvimento da política ambiental, os quais deverão estar integrados obrigatoriamente. Ela consiste num instrumento para introdução e execução da política ambiental, a qual por sua vez deve ser operacionalizada por meio de programas e medidas concretas. Entretanto, apesar do cumprimento das leis e normas ambientais serem exigidas como objetivos mínimos, não substitui a definição das prioridades e objetivos expressos através da gestão ambiental.

No caso de uma Estação de Tratamento de Esgotos, é inevitável a abordagem ambiental em seu gerenciamento, pois o seu produto, ou seja, sua eficiência repercute diretamente sobre a qualidade sanitária da população e ambiental dos corpos receptores. Apesar disso, observa-se uma escassez de informações sobre o gerenciamento ambiental específico deste setor, tornando-o um campo vastíssimo a ser desenvolvido e explorado.

De acordo com Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento (PNQS, 2004), promovido anualmente pela ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária), um dos fundamentos da excelência em gestão se refere à liderança e constância de propósitos, ou seja, ao comprometimento firme e contínuo da liderança da alta direção da organização com a causa da excelência e da competitividade e com a manutenção de um sistema de gestão que atenda aos interesses das partes interessadas.

Além destes, de acordo com o PNQS (2004) os seguintes fundamentos devem orientar as ações gerenciais de uma organização com vistas a garantir sua competitividade:

- Visão de futuro: estabelecendo objetivos de longo prazo e estratégias para atingi-los;
- Responsabilidade social e ética: tratando do relacionamento da organização com as comunidades em sua esfera de influência;
- Foco nos resultados: determinando a necessidade de gerenciar com metas, para direcionar as estratégias com processos de análise crítica de resultados alcançados;
- Decisões baseadas em fatos: referindo-se a tomada de decisões baseadas em informações obtidas por meio de tratamento e análise de dados;
- Valorização das pessoas: tratando de priorizar a promoção de programas de desenvolvimento e engajamento na causa da organização;
- Abordagem de processos: abrangendo o entendimento dos processos operacionais e de gestão como processos de transformação interfuncionais, visando manter somente aqueles que agregam valor, melhorando sua qualidade;
- Inovação: destacando a importância da busca constante pela inovação de processos, inclusive os gerenciais;
- Agilidade: propondo a aplicação de padrões de processos flexíveis o suficiente para gerar respostas rápidas às partes interessadas sem comprometer a eficiência;
- Aprendizado organizacional: tratando da avaliação regular das práticas de gestão e da sistemática de introdução de melhorias;

Visão sistêmica: enxergando a organização com um conjunto de sistemas interligados, com o objetivo de gerar resultados.

A definição da estratégia de gestão a ser adotada envolve o conhecimento do ambiente e também a realidade interna da empresa para poder definir o caminho a ser seguido. É, portanto, necessário fazer uma análise interna, ou diagnóstico da atual situação da empresa. Esse diagnóstico permite identificar pontos fortes, isto é, o que é positivo na organização da empresa, seus produtos e processos, gestão e pessoal e também reconhecer aqueles fatores passíveis de melhoria que dificultam a atuação da empresa, (MOURA, 1997).

Segundo o mesmo autor, para realizar este diagnóstico com sucesso é recomendável ter como referência algum modelo de gestão, podendo ser usados os requisitos do Prêmio Nacional da Qualidade – PNQ.

Atualmente os critérios para a avaliação do PNQS, promovido anualmente pela ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária) tem sido amplamente utilizado como referencial para diversas empresas do setor, uma vez que premia iniciativas voltadas a gestão da qualidade nas empresas ou unidades das empresas de saneamento, além de proporcionar um treinamento específico para os envolvidos nos projetos.

Segundo PEREIRA (2003), o sistema de avaliação da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), contempla oito critérios: 1- Liderança, 2- Estratégias e Planos, 3 – Clientes, 4- Sociedade, 5- Informações e Conhecimento, 6- Pessoas, 7- Processos e 8- Resultados; sendo que os quatros primeiros formam um bloco denominado **Planejamento (P)**, os critérios 6 e 7 formam outro bloco que representa a **Execução (D)** do planejamento, o critério 8 compõe o **Controle (C)**, e finalmente as informações e conhecimentos (critério 5) são fundamentais para a tomada de decisão em todos os outros blocos, sendo denominado de bloco de **Ações Corretivas (A)**. O objetivo principal deste ciclo (PDCA) é a recuperação das informações e conhecimento, estando estruturados nos níveis estratégico, tático e operacional.

O ciclo PDCA é um método gerencial para a promoção da melhoria contínua e reflete, em suas quatro fases, a base da filosofia do melhoramento contínuo. Praticando-as de forma cíclica e ininterrupta, acaba-se por promover a melhoria contínua e sistemática na organização, consolidando a padronização das práticas, (MARSHALL, 2004).

2.2. TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

O desenvolvimento populacional trouxe a necessidade da eliminação dos dejetos provenientes das atividades sócio-econômicas, tendo como primeira solução, o lançamento destes dejetos nos corpos d'água e solos. Tal solução tornou-se problemática, gerando custos ambientais e econômicos em função da grave incidência de doenças de veiculação hídrica, bem como da limitação dos usos comerciais dos recursos hídricos como o turismo e a pesca.

De acordo com NUVOLARI (1998), já em 1933 o engenheiro J. P. de Jesus Netto, funcionário da Repartição de Águas e Esgotos de São Paulo, apresentou um estudo demonstrando a elevada degradação das águas do Rio Tietê, alertando para o perigo de infecção aos ribeirinhos, numa extensão de 73 quilômetros, evidenciando o exposto anteriormente.

Mais de sete décadas depois, a maioria das cidades brasileiras ainda não conta com coleta e tratamento de esgotos, comprometendo os mananciais de abastecimento de água. Outras coletam os esgotos, mas estes são lançados *in natura*, reduzindo a vida aquática nos corpos receptores. Apenas uma minoria conta com coleta e tratamento de esgotos.

Em função do aumento da demanda por serviços de saneamento e da escassez de recursos, procurou-se criar formas de tratar estes dejetos através da ação decompositora de microrganismos encontrados naturalmente no solo e na água, com o objetivo de otimizar a eficiência e minimizar custos.

Segundo JORDÃO & PESSOA (1995) dentre os microrganismos presentes no esgoto conferindo-lhe características biológicas, são encontrados aqueles favoráveis ao tratamento através de suas funções naturais e aqueles patogênicos cujo indicador mais utilizado é *Escherichia coli*.

A caracterização analítica de um esgoto doméstico ou industrial é de suma importância para a definição da forma e do tipo de tratamento adequado e pode ser obtido através de análises físico-químicas e biológicas, que indicam sua composição básica e as possíveis influências no meio ambiente.

As características físicas de um esgoto podem ser interpretadas pela obtenção das grandezas correspondentes ao teor de matéria sólida, temperatura, odor, cor, turbidez e variação de vazão. Já a origem dos esgotos permite classificar as características das propriedades químicas em inorgânicas e orgânicas, sendo que as inorgânicas são compostas por sulfatos, carbonatos, cloretos, magnésio, sódio, potássio e ferro; enquanto as orgânicas consistem em compostos protéicos, carboidratos e gorduras,

podendo ser quantificadas indiretamente a partir das concentrações de sulfatos, sulfetos, nitrogênio, fósforo, teor de sólidos, demanda química (DQO) e bioquímica de oxigênio (DBO).

A tabela 1 apresenta as características de um esgoto doméstico típico.

Tabela 1: Características de um esgoto doméstico baseado em experiências em São Carlos e Campinas. Fonte: MARÇAL JR.(2004)

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR MÉDIO BRASIL
Sólidos Totais	mg/L	1200
Sólidos em Suspensão Totais	mg/L	400
Sólidos em Suspensão Fixos	mg/L	80
Sólidos em Suspensão Voláteis	mg/L	330
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	800
Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/L	400
Sólidos Dissolvidos Voláteis	mg/L	400
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	15
DBO ₅	mg/L	350
DQO	mg/L	600
Fósforo	mg de P/L	15
Nitrogênio Total	mg de N/L	50

Ao se definir um processo de tratamento de esgotos, deve-se considerar sua eficiência na remoção de DBO e coliformes, a disponibilidade de área para sua instalação, os custos operacionais, especialmente energia elétrica, e a quantidade de lodo gerado. O processo de tratamento de esgoto pode adotar diferentes tecnologias mas, de modo geral compreende as seguintes etapas:

- Tratamento preliminar: promovem a remoção de grandes sólidos e areia para proteger as demais unidades de tratamento, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores. Pode ser feito com uso de grades que impedem a passagem dos materiais grosseiros;
- Tratamento primário: remove sólidos em suspensão não grosseiros em unidades de sedimentação. Os esgotos fluem vagarosamente pelos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão de maior densidade sedimentem gradualmente no fundo,

formando o lodo primário bruto. Os materiais flutuantes como graxas e óleos, de menor densidade, são removidos na superfície;

- Tratamento secundário: processa a remoção de sólidos e de matéria orgânica não sedimentável e, eventualmente, nutrientes como nitrogênio e fósforo. É a etapa de remoção biológica dos poluentes onde são reproduzidos os fenômenos naturais de estabilização da matéria orgânica que ocorrem no corpo receptor, sendo que a diferença está na maior velocidade do processo, na necessidade de utilização de uma área menor e na evolução do tratamento em condições controladas;
- Tratamento terciário: remove poluentes tóxicos ou não biodegradáveis, ou eliminam poluentes não degradados na fase secundária;
- Desinfecção: A desinfecção total pode ser feita pelo processo natural – lagoa de estabilização, ou artificial – via cloração, ozonização ou radiação ultravioleta.

As fossas sépticas são um tipo de tratamento primário muito usado no meio rural e urbano. Os sólidos sedimentáveis se acumulam no fundo, onde permanecem tempo suficiente para sua estabilização, porém mantém os elementos patogênicos. Como a eficiência na remoção de matéria orgânica é baixa, freqüentemente utiliza-se forma complementar de tratamento, como filtros anaeróbios ou sistemas de infiltração no solo.

A disposição no solo consiste em um sistema simplificado que requer áreas extensas, nas quais os esgotos são aplicados por aspersão, vala ou alagamento. Grande parte do efluente é infiltrada no solo e o restante sai como esgoto tratado na extremidade oposta do terreno. Apesar de apresentar alta eficiência na remoção de DBO e patógenos, e baixo custo de implantação e operação, podem gerar maus odores, insetos e vermes, além de apresentar risco de contaminação da vegetação, dos trabalhadores envolvidos, do solo e do lençol freático.

Dentre as tecnologias anaeróbias para o tratamento de esgotos, podemos destacar o filtro anaeróbio, composto por um tanque submerso no qual o esgoto já decantado em uma fossa séptica flui de forma ascendente para ser estabilizado por bactérias aderidas a um suporte de pedras. Há ainda os reatores anaeróbios, que estabilizam a matéria orgânica através de bactérias dispersas em um tanque fechado. O fluxo também é ascendente, sendo que na parte superior há um dispositivo para coleta do gás produzido. Ambos apresentam baixos custos de implantação e operação e baixa produção de lodo.

As tecnologias aeróbias incluem sistemas de tratamento por ar difuso, no qual a aeração é feita pelo bombeamento de ar comprimido transportado por uma rede de distribuição até os difusores no fundo do tanque de aeração, os quais podem produzir bolhas finas, médias ou grandes. Estes tanques podem apresentar diversos formatos e permite altas profundidades, requerendo pouca área para instalação. Além destes, existe o sistema de lodos ativados, onde a matéria orgânica é removida por bactérias que crescem no tanque de aeração e formam uma biomassa a ser sedimentada no decantador. O lodo decantado é recirculado por bombeamento ao tanque de aeração, para aumentar a eficiência do sistema. O oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos superficiais ou por tubulações de ar no fundo do tanque.

Os esgotos podem ainda ser tratados por filtros biológicos, nos quais a matéria orgânica é removida por bactérias que crescem aderidas a um suporte de pedras ou material sintético, sendo que o esgoto é aplicado através de distribuidores rotativos, percolando o tanque e saindo pelo fundo. Pode-se ainda adotar o tratamento por biofiltros aerados submersos, que compreende um reator biológico de culturas fixadas em camada suporte instalada na parte média do reator. O esgoto é introduzido na base do reator, bem como a tubulação de ar. O líquido é filtrado pelo material suporte e passa para o nível superior do reator já tratado.

Existe ainda a possibilidade de tratar os esgotos através de lagoas de estabilização, que consiste numa técnica simples, exigindo extensas áreas para instalação de lagoas, nas quais os esgotos sofrem os processos naturais de depuração.

2.3. LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Há séculos existem lagoas naturais ou artificiais que recebem despejos de animais, de águas servidas domésticas que, sem que os especialistas se dessem conta, realizam os fenômenos típicos e próprios de depuração do que hoje é conhecido como lagoas de estabilização.

Segundo JORDÃO & PESSOA (1995) e KELLNER & PIRES (1998), as primeiras lagoas, de origem accidental, em que os fenômenos do tratamento de esgotos foram constatados, parecem ter sido as de Santa Rosa, na Califórnia (USA, 1924), e de

Fesseden na Dakota do Norte (USA, 1928). Em Santa Rosa, para se evitar o custo de uma estação de tratamento, se fez passar o esgoto sobre um leito de pedras, acreditando-se que este teria um efeito de filtro percolador. O que veio a ocorrer foi a colmatação dos vazios e uma acumulação de esgotos até 0,90 m de altura - mas o efluente desta "lagoa" tinha características equivalentes ao de um filtro biológico.

Em Fesseden, não se tinha conseguido construir o sistema de tratamento para uma nova rede de coleta, e não havendo corpo receptor adequado, o efluente da rede foi dirigido a uma depressão do terreno, fora da cidade. Alguns meses depois, ficavam as autoridades surpreendidas com a qualidade do efluente final, comparável a de um tratamento secundário. Esta lagoa permaneceu em operação por trinta anos.

Mas foi apenas nos últimos quarenta anos que experimentos objetivos e critérios racionais de projeto começaram a ser desenvolvidos, de modo a se estabelecer parâmetros de carga orgânica, tempo de detenção, profundidade, etc. Já na década de 40 surgiram as lagoas com acompanhamento de sua operação, e a partir do qual se procurava conhecer parâmetros para dimensionamento e para o melhor entendimento de seu funcionamento.

Os Estados da Dakota do Norte e Dakota do Sul foram os pioneiros na pesquisa objetiva com lagoas de estabilização nos Estados Unidos e, em 1948, entrou em operação a primeira lagoa projetada especificamente para receber e tratar esgoto bruto (lagoa de Maddock). Aproximadamente nesta mesma época, na Austrália desenvolveram-se estudos para realizar o tratamento de esgotos em lagoas, e este país foi pioneiro no uso de lagoas em série, que alguns chamam de "lagoas australianas".

A partir de 1950, pesquisadores começaram a publicar seus trabalhos sobre lagoas de estabilização, e já em 1960 se estabeleceu um intercâmbio de informações e experiências entre o meio técnico dos países, que de forma definitiva aceitavam e defendiam o uso de lagoas. Este desenvolvimento maior tem-se dado nos Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia, Israel, África do Sul, Índia, Canadá; e na América Latina destacam-se Brasil, México, Colômbia, Peru, Costa Rica, Cuba e Equador.

No Brasil, a primeira lagoa construída foi a de São José dos Campos, São Paulo, no sistema australiano, isto é, duas lagoas em série, uma anaeróbia seguida de uma facultativa. Foi fruto de um convênio entre o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, a Fundação SESP (Serviço Especial de Saúde Pública), e a Prefeitura de São José dos Campos. A finalidade do convênio era operar esta lagoa a ser construída e estabelecer parâmetros de projeto de lagoas em nosso país. Apesar do acompanhamento da operação ter sofrido descontinuidades.

A simplicidade e eficiência do processo, o baixo custo de construção e operação, e as condições climáticas extremamente favoráveis no Brasil levaram o processo a sua completa aceitação. Muitos estados adotaram definitivamente as lagoas, e grande número de pesquisas e resultados operacionais têm sido publicados.

De acordo com AGUNWAMBA (2000), lagoas de estabilização consistem em reatores químicos utilizados para a redução de sólidos e organismos patogênicos, sendo uma opção popular de tratamento devido à alta eficiência combinada ao baixo custo operacional.

Segundo JORDÃO & PESSOA (1995), de acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica a ser tratada, as lagoas de estabilização costumam ser classificadas em:

- **anaeróbias:** nas quais predominam processos de fermentação anaeróbia, imediatamente abaixo da superfície;
- **facultativas:** nas quais ocorrem simultaneamente processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética; uma zona de atividade bêntica é sobreposta por uma zona aeróbia de atividade biológica próxima a superfície;
- **estritamente aeróbias:** nas quais se chega a um equilíbrio da oxidação e da fotossíntese para garantir condições aeróbias em todo o meio;
- **de maturação:** usadas como refinamento do tratamento prévio por lagoas ou outro processo biológico; reduz bactérias, sólidos em suspensão, nutrientes e uma parcela negligenciável da DBO (demanda bioquímica de oxigênio);

- **aeradas:** nas quais se introduz oxigênio no meio líquido através de um sistema mecanizado de aeração; podem ser estritamente aeradas ou facultativas e devem ser seguidas de uma lagoa de decantação;
- **com macrófitas:** usadas como polimento final de tratamento por lagoas, com objetivo de reduzir nutrientes, sólidos em suspensão e a DBO remanescente; requer manutenção (corte regular das plantas, secagem e destino final) e as áreas sombreadas incentivam a proliferação de moscas e mosquitos, razões pelas quais não é recomendável em áreas urbanizadas.

Diversas variantes dos sistemas de lagoas de estabilização são possíveis, com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área (KRACIK, 1998). Em sistemas com mais de duas unidades a operação pode ser:

- **em série:** na qual o líquido flui de uma unidade para outra e de acordo com VON SPERLING (1996a) possui uma maior eficiência do que uma lagoa única com o mesmo tempo de detenção total;
- **em paralelo:** na qual duas ou mais células recebem simultaneamente cargas e vazões proporcionais às suas capacidades; este sistema possui a mesma eficiência que uma lagoa única, no entanto permite maior flexibilidade operacional, uma vez que o fluxo pode ser interrompido para uma lagoa no caso de algum problema ou eventual manutenção (CETESB, 1989).

Segundo KRACIK (1998), os principais parâmetros a serem observados no dimensionamento de lagoas de estabilização são: (1) o tempo de detenção hidráulica, (2) a taxa de aplicação da carga orgânica, (3) a profundidade e (4) a distribuição uniforme do esgoto afluente. Em vista do projeto das lagoas ser feito basicamente por um método empírico, seu uso será tanto mais preciso quanto maior for a quantidade dos dados existentes na região onde se pretende construir a lagoa, referentes a pesquisas já efetuadas ou mesmo dados operacionais de lagoas já existentes.

2.4. HISTÓRICO DO SANEAMENTO NO BRASIL

No final do século XIX e início do século XX, os serviços de saneamento foram concedidos às companhias particulares e estrangeiras, que com o baixo custo desse

sistema, receberam concessão também para a exploração dos serviços de transporte urbano, luz, água e depois telefone.

Na primeira metade do século XX, com o crescimento urbano, e a necessidade de investimentos, estes serviços passam a desinteressar estas empresas. Nos Anos 30 os sistemas passaram a ser municipais, porém foram abandonados 12 anos mais tarde por demonstrar fortes sinais de corrupção, deixando os municípios sem água, luz, esgoto e infra-estrutura de saúde. É criado então o *Serviço Especial de Saúde Pública – SESP*, em convênio com os EUA, que propiciou assistência médica, medicina preventiva e saneamento.

Em 1946, a constituição atribuía aos municípios a responsabilidade de desenvolvimento na área de saneamento, porém o governo federal continuava fortemente presente, com aplicação inadequada dos recursos para esse fim. Neste mesmo ano foram criados os Serviços Autônomos de Água e Esgoto (SAAE), os quais tinham autonomia administrativa, técnica e financeira, e inseridos no contexto municipalista, eram os responsáveis por ações efetivas no setor.

Nos anos 60, foi realizado o “Levantamento Nacional de Saneamento”, com o objetivo de detectar a deficiência dos sistemas de água e esgoto, pulverizar os recursos e obter dados para apresentação no Decênio Hidrológico Internacional.

Na década de 70, foi instituído o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), com uma política de âmbito nacional para o provimento de água e esgoto, cujas metas eram de atender 90% da população urbana com água e 65% da população urbana com esgoto.

Dentre os aspectos positivos do PLANASA, destaca-se a potencialização das obras de saneamento, a criação ou recuperação das Companhias Estaduais, e o incentivo à produção científica. Entretanto, o plano nacional de saneamento eliminou a autonomia municipal, afastou a participação popular, liquidou pequenas e médias empresas do ramo, além de ter gerado uma acirrada competição pela absorção dos recursos de outras áreas do âmbito municipal.

Apesar da criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) - como fruto da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente que foi sediada em Estocolmo em 1972, cuja função era fiscalizar a nível federal as ações antrópicas sobre o meio ambiente, este período foi marcado pelos gastos excessivos, centralização do processo de distribuição dos recursos, afastamento dos objetivos sanitários, e por uma política tarifária injusta.

Extinto em 1997, as conseqüências deste plano se estendem até a atualidade, dentre elas, a predominância de sistemas baseados em viabilidade econômica, omissão de critérios sociais e epidemiológicos, priorização de grandes intervenções e, em áreas desenvolvidas, enfoque na captação e tratamento de água em detrimento dos sistemas de esgoto sanitário, desarticulação das instituições culminando com ações de saúde e saneamento desconectadas, ausência de prioridades definidas, baixa capacidade de ampliações nos serviços e redução contínua nos investimentos em saneamento. Ficou para a geração atual o desafio de universalizar o saneamento, aplicando modelos de gestão e política ambiental convencionais complementares aos alternativos, modelos estes que considerem as bases epidemiológicas e sociais na orientação das ações e que promova o envolvimento da comunidade na discussão das soluções e decisões.

De acordo com o *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)* e do *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)*, em reportagem publicada no Jornal A Notícia de Joinville em 09 de fevereiro de 2004, tal universalização levaria 20 anos para ser concluída com investimentos da ordem de R\$13 bilhões por ano. Isto porque segundo dados do governo federal, 60 milhões de brasileiros não dispõem de coleta de esgoto, ou seja, quase 75% do esgoto sanitário das cidades são despejados sem tratamento em corpos d'água, constituindo hoje a principal causa da poluição hídrica no país.

2.5. ÁREA DE ESTUDO - JOINVILLE

De acordo com da CUNHA (2004), há cerca de 5 mil anos, comunidades de caçadores já ocupavam a região, hoje denominada Joinville, deixando vestígios como os sambaquis e artefatos. Entretanto, o surgimento da Colônia Dona Francisca, como era chamada, se deu com a assinatura do contrato de colonização em 1849 entre o Príncipe

de Joinville e a Sociedade Colonizadora de Hamburgo, sendo que a fundação da cidade se deu em 9 de março de 1851, com a chegada dos imigrantes europeus, os quais fugiam da grave crise econômica, social e política que assolou a Europa na década de 1840. Em menos de 30 anos já contabilizavam 17.000 pessoas.

No século seguinte, entre as décadas de 50 e 80, Joinville viveu outro surto de crescimento: com o fim do conflito mundial, o Brasil deixou de receber os produtos industrializados da Europa. Isso fez com a cidade se transformasse em pouco tempo em um dos principais pólos industriais do país, recebendo por isso a denominação de "Manchester Catarinense" (referência à cidade inglesa de mesmo nome). O crescimento desordenado trouxe também problemas sociais que persistem até os dias atuais, como desemprego, miséria, criminalidade, falta de segurança pública e infra-estrutura deficitária.

O perfil da população modificou-se radicalmente com a chegada de migrantes vindos de várias partes do país, em busca de melhores condições de vida. Aos descendentes dos imigrantes que colonizaram a região que hoje são minoria, somam-se hoje pessoas das mais diferentes origens étnicas, formando uma população de cerca de 500.000 habitantes, de acordo com dados do IBGE (2000).

2.6. SANEAMENTO BÁSICO EM JOINVILLE

Antes de 1955, a Prefeitura Municipal já investia na captação e distribuição de água, porém, as obras eram contratadas diretamente, sem um órgão, autarquia ou empresa específica para o setor.

Em 1962, a partir de um convênio entre o governo estadual de Santa Catarina, a Aliança para o Progresso (USAID/BRASIL) e a Fundação SESP, foi criado o Serviço Integrado de Engenharia Sanitária (SIESSC), subordinado a Fundação SESP. Neste período, a Prefeitura Municipal de Joinville solicitou ao SIESSC um estudo de viabilidade econômico-financeiro a ser apresentado ao Fundo Nacional de Financiamento para Abastecimento de Água, o qual condicionou o financiamento da obra à reestruturação do Serviço de Água de Joinville nos moldes das Autarquias Municipais idealizadas pela Fundação SESP. Assim, em janeiro de 1965 entrou em operação o Serviço Autônomo

Municipal de Água e Esgoto – SAMAE Joinville, o qual foi criado pela Lei nº 608 (de 19/04/63) e regulamentado pelo decreto nº 1.296 (MORRIESEN JR., 2003).

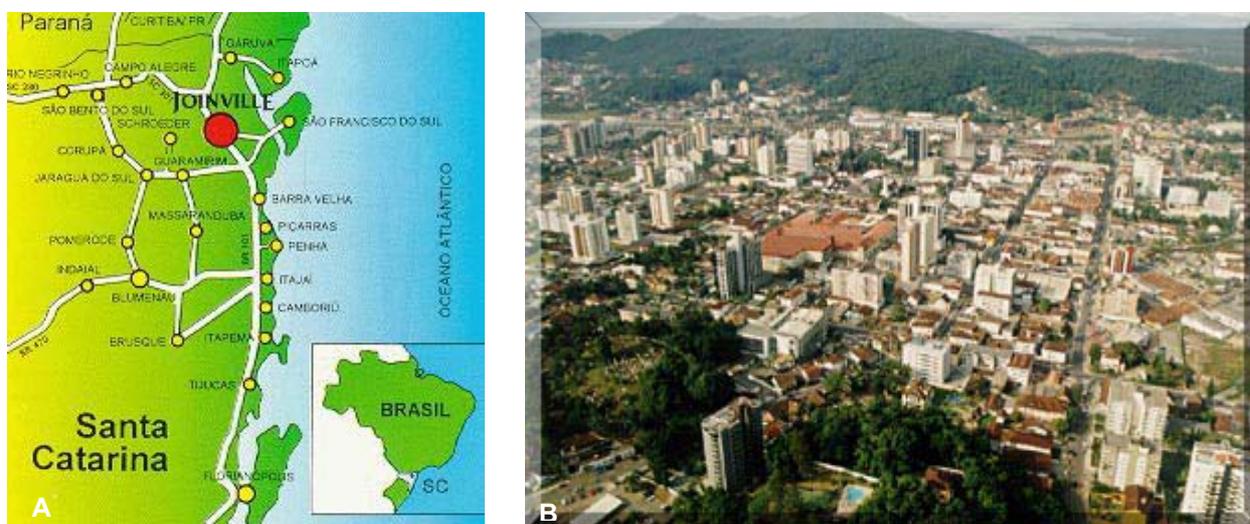


Figura 1. Cidade de Joinville: A) Localização ; B) Vista Aérea

Segundo MORRIESEN JR. (2003), pouco mais de um mês depois, a Prefeitura entregou a administração da SAMAE à Fundação SESP e em 1973 entregou a concessão de exploração dos serviços de água e esgoto à Companhia Catarinense de Água e Saneamento (CASAN), por 30 anos.

Em 2003, foi criada a Agência Municipal de Água e Esgoto (AMAE), responsável pela regulamentação do setor, e pela condução do processo de municipalização dos serviços, a qual firmou contrato de mais um ano com a CASAN nos moldes de gestão compartilhada, o qual venceu em junho de 2004. Neste período, iniciaram-se as discussões e elaborações de projetos para criação da empresa municipal, a qual se chamaria Águas de Joinville, cuja criação foi aprovada em junho de 2004.

Enquanto se dá a estruturação da companhia municipal, a AMAE renovou o contrato com a CASAN por mais um ano. De acordo com este contrato, a CASAN é responsável por captar, tratar e distribuir a água e coletar e tratar o esgoto, além de serviços de manutenção, sendo que a parte comercial fica sob responsabilidade da AMAE, que repassará a CASAN 50% do lucro líquido.

2.7. SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE JOINVILLE

Em 1977 foi encaminhado ao BNH (Banco Nacional de Habitação) o pedido de aprovação das redes coletoras e de duas estações piloto construídas, porém a conclusão do projeto básico se deu dois anos depois, e assim mesmo ainda foram feitos estudos complementares, sendo que em 1980 foi efetuada a reformulação na rede coletora para torná-la economicamente viável. Dois anos mais tarde foi encaminhado o pedido de financiamento ao BESC, tendo sido aprovado e assinado o contrato no mesmo ano. O início efetivo das obras se deu em 1983 com a construção da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), no bairro Jarivatuba. Entretanto, depois de concluída a ETE em 1984, foram suspensos os financiamentos para a área de saneamento, sendo os recursos destinados para Joinville, desviados para outras obras.

Em função disto, apesar da linha principal de afastamento (9.000 m) concluída e de iniciada a execução dos interceptores e rede coletoras, as obras tiveram que ser interrompidas em dezembro de 1986 para serem retomadas em julho de 1987. No ano seguinte se iniciou a construção de duas elevatórias, concluídas em 1989, quanto teve início a operação do sistema composto por 53.000 metros de rede coletora do tipo separador absoluto, onde não são admitidas contribuições de águas pluviais. Esta foi a 1ª Etapa de Implantação, atendendo 3.200 ligações o que corresponde a uma população estimada de 30.000 pessoas, abrangendo toda a região central da cidade.

Também em 1989, foram concluídas as obras do sistema de esgoto sanitário do loteamento “Profipo”, composto de 420 ligações domiciliares, através de 5.000 m de rede coletora concebidas através de uma modificação do conceito condominial, onde a rede passa pelo fundo dos terrenos. O sistema é dotado de uma estação de recalque, uma ETE constituída por um valo de oxidação e um leito de secagem de lodo.

Antes disso, em 1986 foram concluídas as obras do sistema de esgoto sanitário do Conjunto Habitacional “Adhemar Garcia”, o qual é composto por 16.000 metros de rede coletora, duas estações de recalque e 3.000 metros de linha de recalque interligada à linha de afastamento do sistema Centro, sendo tratados conjuntamente na ETE-Jarivatuba.

Em 1997, foi concluída a 2ª Etapa de Implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário da Cidade de Joinville, executada com recursos do PROSEGE (Programa Social de Emergência e Geração de Emprego) através de convênio entre Ministério do Bem Estar Social e Governo do Estado, sendo que 28 % do investimento foi feito pelo governo do estado, prefeitura municipal e CASAN; e o restante pelo BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento), à fundo perdido. Esta etapa consistiu no assentamento de um total de 101.994 metros de rede coletora, duas estações elevatórias e 3.000 metros de linha de recalque, atendendo um total de 8.206 ligações, o que corresponde a uma população de 47.900 habitantes e PROSANEAR (Programa de Saneamento Básico para População de Baixa Renda), para atender parcialmente o bairro “Fátima”.

O projeto original prevê também uma 3ª Etapa de Implantação, cujo projeto executivo está pronto, contemplando 172.000 metros de rede coletora, 5.000 metros de interceptores, 1.000 metros de emissários e a construção de mais uma estação elevatória, atendendo 12.000 novas ligações, o que corresponde a uma população superior a 50.000 habitantes. Entretanto, a implantação efetiva desta etapa não tem data prevista, em função da escassez de recursos financeiros.

Recentemente, em março de 2004 entrou em operação mais uma estação elevatória que recalca os esgotos dos loteamentos “Ulisses Guimarães” e “Severo Gomes”, implantados pela prefeitura, para a ETE – Jarivatuba. Apesar de não ter sido regulamentada a cobrança da taxa de esgoto nestes loteamentos, a operação já é de responsabilidade da CASAN.

A operação do sistema de esgotos de Joinville é compartilhada entre a CASAN e AMAE (Agência Municipal de Água e Esgoto), sendo a divisão técnica composta por 11 servidores, dispondo de um caminhão-retro, um caminhão hidro-jato, um caminhão auto-vácuo e dois veículos pequenos.

Atualmente, de acordo com relatório técnico da CASAN de agosto de 2004, o sistema atende a uma população de 80.453 habitantes, o que corresponde a aproximadamente 16% da população total da cidade, com 10.245 ligações e 173.215 metros de rede coletora. Uma parcela destas ligações constitui potenciais contribuintes de esgoto não

domésticos, porém não há cadastro. A área de Joinville atualmente atendida pela rede coletora de esgotos é mostrada na figura 2.

Considerando-se que a maioria dos sistemas convencionais de tratamento de esgotos é projetada somente em termos de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos em suspensão e organismos patogênicos, o recebimento não controlado de efluentes não domésticos (END) pode acarretar riscos potenciais à saúde de operadores, à utilização e manutenção da qualidade dos recursos hídricos envolvidos, como também prejudicar o reuso dos efluentes e a utilização e disposição final dos lodos gerados (MORITA & SAPIA, 2003).

Em função disto, programas específicos para recebimento de END, passam a ocupar um papel de destaque, e de acordo com MORITA & SAPIA (2003), devem priorizar o recadastramento e enquadramento das fontes de END já interligadas, como um primeiro passo para sua implementação.

Considerando a cobertura de 16% da cidade com rede coletora, 84% da população não é atendida por rede coletora de esgotos, o que representa 410.000 habitantes. Considerando-se que a maioria destas residências tem seu esgoto tratado através de tanques sépticos, os quais, segundo a NBR 7229/93, devem ter seu lodo removido num intervalo de 1 a 5 anos, e uma taxa de acumulação de lodo de 0,2 L/hab.dia (CASSINI, 2003), haveria uma produção de aproximadamente 30.660 metros cúbicos de lodo por ano. Considerando ainda o dimensionamento destes tanques para limpezas anuais, com 10% do volume permanecendo no tanque, haveria 27.594 metros cúbicos de lodo por ano, que devem receber destino final adequado. Por determinação do Ministério Público em 2001, cabe a CASAN receber e tratar este lodo, o que está sendo feito na ETE-Jarivatuba.

Segundo JORDÃO & PESSOA (1995) e ANDREOLI (2001) os resíduos sólidos provenientes de tanques sépticos são considerados lodo primário, por serem produtos de uma decantação primária, permanecendo no sistema por tempo suficiente para favorecer sua digestão anaeróbia em condições controladas.

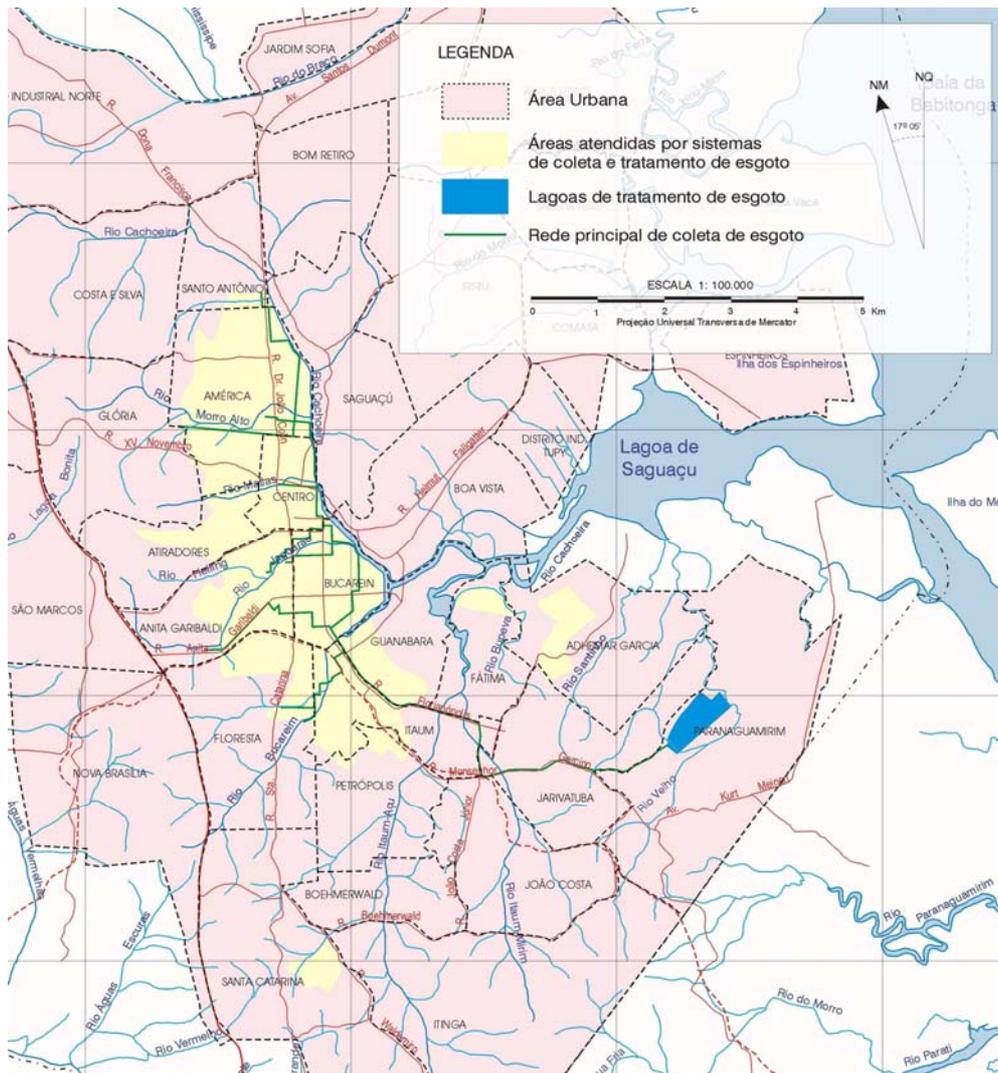


Figura 2. Área atualmente atendida por rede coletora de esgotos em Joinville.

Fonte: www.amae.sc.gov.br

Um estudo feito por MELO (2004), constatou que na alta temporada de verão, algumas empresas chegam a recolher 720 metros cúbicos de lodo por mês na cidade de Florianópolis, sem que haja uma fiscalização efetiva de sua destinação final.

Levando em consideração o volume anual produzido, a composição do lodo de tanque séptico conforme FIÚZA JÚNIOR (2003), PHILIPPI (1992) e CASSINI (2003), resumidos na tabela 2, além das exigências legais quanto à sua destinação, o gerenciamento deste resíduo torna-se cada vez mais relevante.

Tabela 2 . Caracterização do lodo de tanque séptico segundo diferentes autores.

Parâmetros (mg/L)	Cassini 2003	Fiúza Jr. 2003	Philippi, 1992					
			Brandes 1978	USEP A 1977	Edeline 1983	Philip 1983	Sabatier 1983	Dérangère 1988
DQO	10383	-	8640	45000	30300	-	32000	-
DQO filtrada	1028	-	-	-	-	-	-	-
DBO ₅	2808	-	2300	5000	-	-	-	-
PH	6,69	6-8	6,5	6-9	-	-	8,8	6,9
Alcalinidade	994	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio NH ₄	116		35	150	532	319	335	
Fósforo Total	45	150-600	12	150	175	538	338	1221
ST	9550	2000-4000	2800	40000	27900	33400	24000	45600
SV	6172	1500-3000				24150	17200	31000
SST	6896	-	-	-	-	-	-	-
SSV	5019	-	-	-	-	-	-	-
Óleos e Graxas	1588	-	-	-	-	-	-	-
Detergentes	48	-	-	-	-	-	-	-

2.8. ETE-JARIVATUBA

O tratamento existente na ETE (estação de tratamento de efluentes) Jarivatuba segue a concepção de lagoas de estabilização e é formado por dois módulos de operação paralela (figura 3). Cada um dos módulos é composto por duas lagoas anaeróbias -A1 e A2 em série (área superficial média de cada uma cerca de 7650 m², profundidade de 3 m e com formato irregular), uma lagoa facultativa - F (493 m de comprimento, 173 m de largura e 1,75 m de profundidade), e três lagoas de maturação – M1, M2 e M3 com área superficial de 2,8 há e profundidade de 1,5 m (Tabela 4 e Figuras 3 e 4).

Conforme parâmetros de projeto, cada módulo tem capacidade para atender uma população de 85.000 habitantes; com as características dimensionais listadas na tabela 3. Entretanto, segundo o relatório técnico da Casan de agosto de 2004 , atualmente a ETE atende a uma população de 80.453 habitantes, com uma vazão média de 153,8 L.s⁻¹ de efluente a ser tratado, resultando num tempo de detenção médio de 3,45 dias para cada lagoa anaeróbia, 27,18 dias para cada lagoa facultativa e 6,25 dias para cada lagoa

de maturação, num total de 52,83 dias, mais de 5 vezes o tempo de detenção total proposto pelo projeto original (Tabela 3).

Tabela 3. Características Dimensionais da ETE – Jarivatuba

Denominação da Lagoa	Tempo de Detenção de Projeto (dias) TDH	Área Superficial (ha)	Lâmina Líquida (m)	
			De projeto	Mínima Operacional
A11 e A12	1,1	0,76	3,00	2,50
A21 e A22	1,1	0,76	3,00	2,50
F1	2,8	9,85	1,75	1,25
F2	2,8	8,75	1,75	1,25
M11,M12, M21, M22, M31, M32	2,0	2,80	1,50	-

Fonte : Memorial Descritivo – Casan

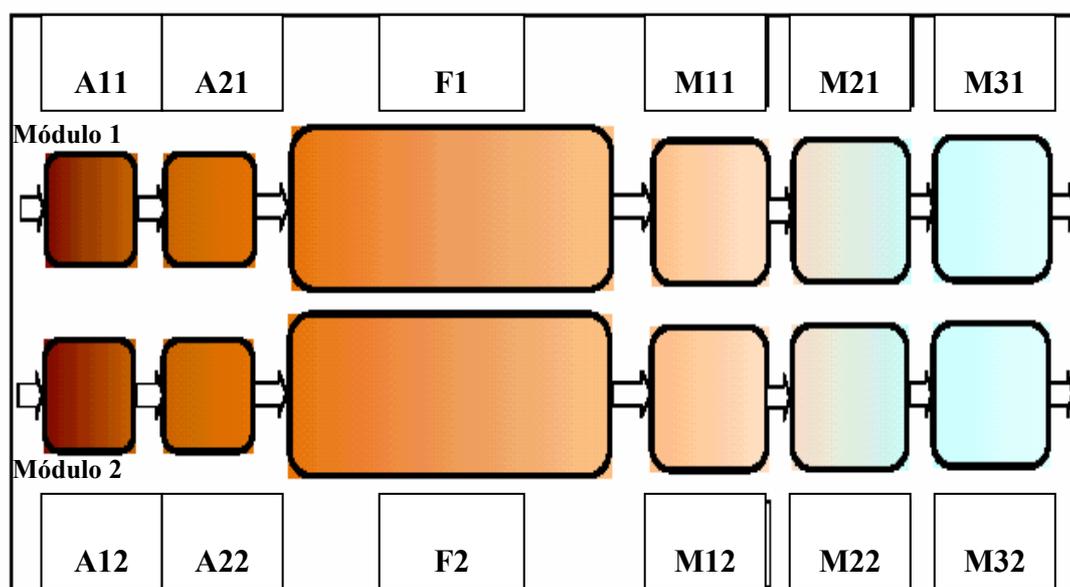


Figura 3. Representação esquemática da ETE – Jarivatuba



Figura 4. A) Vista geral da ETE–Jarivatuba. B) Entrada do Esgoto Bruto; C) Lagoa Facultativa (F1); D) Lagoas de Maturação (M22 e M32).

3. METODOLOGIA

Para o levantamento dos problemas operacionais e das falhas na segurança da ETE-Jarivatuba, foram feitas vistorias *in loco* e registros fotográficos. Enquanto para a caracterização do esgoto bruto, foram registradas as vazões horárias afluente a ETE durante 6 dias, a partir das quais foram obtidas as vazões médias para cada hora do dia. Com tais informações, procedeu-se a amostragem composta conforme dados da tabela 4, que mostra os volumes a serem coletados correspondentes a 0,75% do valor médio da vazão horária, completando 20 litros de amostra.

Tal procedimento foi utilizado para a coleta de amostras compostas do esgoto bruto para a sua caracterização a partir de 3 coletas (1 coleta/mês), na caixa de entrada de esgoto bruto já neutralizado com a soda cáustica no verão (nov/03, dez/03 e jan/04) e 3 coletas no inverno (jun, jul e ago/04). Tendo sido mantido o mesmo procedimento amostral para o monitoramento mensal que incluiu este ponto de coleta (esgoto bruto).

Tabela 4. Programa de Amostragem Composta de Esgoto Bruto

Intervalo	Hora	Vazão Horária Média (L/s)	0,75% Vazão Horária Média
8hs-9hs	08:30	60,69	0,5
9hs-10hs	09:30	98,61	0,7
10hs-11hs	10:30	112,22	0,8
11hs-12hs	11:30	115,79	0,9
12hs-13hs	12:30	140,37	1,1
13hs-14hs	13:30	149,63	1,1
14hs-15hs	14:30	146,06	1,1
15hs-16hs	15:30	165,51	1,2
16hs-17hs	16:30	133,06	1,0
17hs-18hs	17:30	135,74	1,0
18hs-19hs	18:30	133,98	1,0
19hs-20hs	19:30	132,45	1,0
20hs-21hs	20:30	132,73	1,0
21hs-22hs	21:30	139,95	1,0
22hs-23hs	22:30	117,41	0,9
23hs-24hs	23:30	115,51	0,9
0hs-1hs	00:30	109,21	0,8
1hs-2hs	01:30	89,49	0,7
2hs-3hs	02:30	92,59	0,7
3hs-4hs	03:30	99,68	0,7
4hs-5hs	04:30	89,77	0,7
5hs-6hs	05:30	71,39	0,5
6hs-7hs	06:30	58,47	0,4
7hs-8hs	07:30	41,30	0,3
		Volume Total (L)	20,11

Também foram realizadas 3 coletas (1 coleta/mês) no verão (nov/03, dez/03 e jan/04) e 3 coletas (1 coleta/mês) no inverno (jun, jul e ago/04) para conhecer o desempenho de todas as lagoas, sendo analisadas amostras dos efluentes de todas as lagoas constituintes do sistema. Além dessas coletas, foram realizadas coletas mensais, além do esgoto bruto, dos efluentes das segundas lagoas anaeróbias (A21 e A22), lagoas facultativas (F1 e F2) e terceiras lagoas de maturação (M31 e M32), pelo período de 1 ano. Estas coletas faziam parte do monitoramento regular da CASAN. Como a autora desta

pesquisa é também funcionária da companhia responsável pela ETE-Jarivatuba, todos os dados de controle do sistema foram utilizados neste trabalho.

As amostras do efluente líquido dos locais acima mencionados foram analisadas no Laboratório de Esgotos da Casan em Balneário Camboriú, quanto a pH, temperatura, DBO, DQO, alcalinidade, cloretos, oxigênio dissolvido (fixado em campo), nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, sulfatos, sulfetos, fosfato, turbidez, cor aparente, sólidos sedimentáveis, coliformes totais e termotolerantes.

Para análise de Nitrogênio Amoniacal foi utilizado o Método de Nessler; para o Nitrato, o Método da Brucina; para Nitrito o Método da 1-Naftilamina; para o Sulfato, Método do Cloreto de Bário; para Sulfeto e Detergentes, o Método do Azul de Metileno; e para o Fosfato Total e Ortofosfato, Método do Alfa Amino, de acordo com informações do fornecedor dos kits para análise. As metodologias para coleta de amostras e análise dos demais parâmetros foram determinadas conforme o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19.^o Ed.,1995*. Entretanto, devido à falta de equipamentos no laboratório, as amostras não foram filtradas.

Os valores obtidos destas análises foram tratados estatisticamente através do programa Excel 2000 aplicando-se o teste T, com o objetivo de analisar a diferença entre as médias dos dois módulos, bem como entre as médias de verão e inverno, de acordo com LAPPONI (2000).

Foram realizadas ainda duas coletas de amostras em 3 pontos distintos seguindo-se uma linha mediana paralela ao sentido do tratamento, sendo o primeiro ponto a 4 metros da tubulação de entrada do esgoto na lagoa, o segundo no meio da lagoa e o terceiro na saída da lagoa. Esta campanha foi executada nas lagoas A11, A21, F1 e M11.

Para a obtenção da DBO solúvel, estas amostras foram filtradas em membranas de fibra de vidro, com porosidade de 0,45 micra, e encaminhadas ao laboratório de esgoto da Agência Regional da CASAN em Balneário Camboriú, onde foram realizados os ensaios de DBO₅, pelo método iodométrico, conforme o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19.^o Ed.,1995*.

Os dados obtidos nestes ensaios foram utilizados nas seguintes equações para o cálculo do coeficiente de remoção de DBO - k (d⁻¹), de acordo com VON SPERLING (1996b), considerando o regime hidráulico de mistura completa e fluxo em pistão:

- Mistura completa uma célula:

$$S = \frac{S_0}{1+k.t} \quad (1)$$

- Mistura completa mais de uma célula:

$$S = \frac{S_0}{\left[\frac{1+k.t}{n} \right]^n} \quad (2)$$

- Fluxo em pistão:

$$S = S_0 \cdot e^{-k.t} \quad (3)$$

Onde:

S₀ = concentração de DBO total afluente (mg/L)

S = concentração de DBO solúvel efluente (mg/L)

k = coeficiente de remoção de DBO (d⁻¹)

d = tempo de detenção total (d)

n = numero de lagoas em série

A equação proposta por AGUNWAMBA *et al* (1992) apud VON SPERLING (1996b) foi utilizada para o cálculo do número de dispersão (d).

$$d = 0,102 \cdot \left[\frac{3 \cdot (B + 2.H) \cdot t \cdot v}{4 \cdot L \cdot B \cdot H} \right]^{-0,410} \cdot \left[\frac{H}{L} \right] \cdot \left[\frac{H}{B} \right]^{(0,981 + 1,385 \cdot H/B)} \quad (4)$$

onde:

L = comprimento (m)

B = largura (m)

H = profundidade (m)

t = tempo de detenção (d)

v = viscosidade cinemática da água (m²/d) conforme METCALF & EDDY (1991) apud VON SPERLING (1996b).

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente através do programa Excel 2000, utilizando-se a ferramenta de análise ANOVA, segundo LAPPONI (2000).

Para o cadastro dos usuários não domésticos, foi adotado o critério utilizado na implantação de redes coletoras, em que as áreas atendidas foram divididas em bacias e subbacias de acordo com a tabela 5.

Tabela 5. Divisão das Bacias Hidrográficas Atendidas pelo SES de Joinville

RIO	BACIAS	SUB-BACIAS	NOMENCLATURA	
MORRO ALTO	3	2	SB-2/3	
		3	SB-3/3	
		4	SB-4/3	
		5	SB-5/3	
	7	7	SB-7/7	
		8	SB-8/7	
		9	SB-9/7	
		10	SB-10/7	
	MATHIAS	8	2	SB-2/8
			3	SB-3/8
4			SB-4/8	
5			SB-5/8	
6			SB-6/8	
7			SB-7/8	
8			SB-8/8	
10		3	SB-3/10	
JAGUARÃO	11	1	SB-1/11	
		2	SB-2/11	
		3	SB-3/11	
		4	SB-4/11	
	9	11	SB-11/9	
		12	SB-12/9	
		13	SB-13/9	
		14	SB-14/9	
		15	SB-15/9	
	12	1	SB-1/12	
		2	SB-2/12	

		3	SB-3/12
		4	SB-4/12
BUCAREIN	14	3	SB-3/14
		4	SB-4/14
	15	5	SB-5/15
	19	1	SB-1/19
		2	SB-2/19
		3	SB-3/19
		4	SB-4/19

A partir desta divisão, foi realizado, *in loco*, o cadastramento das fontes de esgoto não doméstico interligadas ao sistema, através de um formulário elaborado para esta finalidade a ser preenchido pelos proprietários e/ou responsáveis técnicos de estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços, conforme anexo I.

Foram ainda incluídos no cadastramento, o Bairro “Fátima”, o Conjunto “Adhemar Garcia” e os Conjuntos Habitacionais “Ulisses Guimarães” e “Severo Gomes” que também contam com esgotamento sanitário.

A proposta de gerenciamento se baseou na metodologia PDCA, que consiste no planejamento estratégico dos objetivos identificados a partir de um diagnóstico inicial, desenvolvimento e controle das ações prioritárias, de modo a permitir a visualização de possibilidades de melhoria e a reformulação do planejamento para um novo ciclo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A proposta de gerenciamento da ETE-Jarivatuba vem ao encontro da missão da CASAN, difundida no ano de 2004, a partir da proposta de reestruturação da Companhia, amplamente divulgada na mídia e do novo organograma proposto: ***“Nossa Missão: Fornecer água tratada, coletar e tratar esgotos sanitários, promovendo saúde, conforto, qualidade de vida e desenvolvimento sustentável.”***

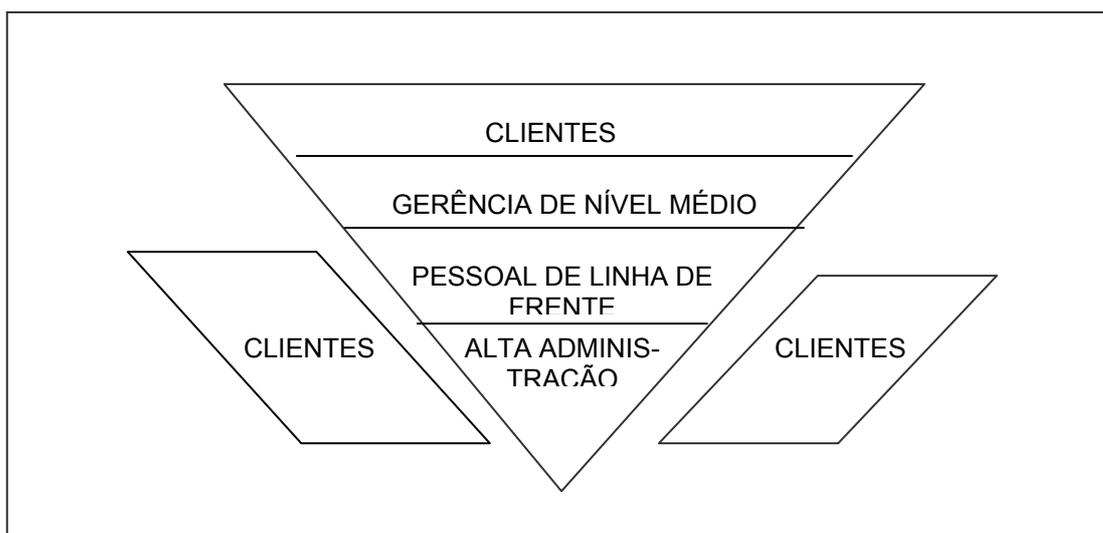


Figura 5. Novo Organograma proposto, de empresa moderna orientada para o cliente.

Fonte: Informativo da Casan nº 85 – Junho de 2004

O organograma proposto sugere uma preocupação da organização com as normas da gestão da qualidade que prima pela satisfação do cliente, sendo este outro fundamento importante (figura 5).

No entanto, em função do vencimento do contrato de concessão com a prefeitura, prorrogado por um ano, e posteriormente renovado por mais um ano, com caráter transitório para a gestão municipal, os investimentos em Joinville foram paralisados, limitando a aplicação de medidas efetivas de cunho gerencial.

Em função da ETE-Jarivatuba não possuir nenhum sistema de gestão da qualidade implantado, ou seja, não estar em conformidade com nenhum destes critérios, o primeiro passo, de acordo com recomendações da NBR ISO 9001 (2000), para

identificar as necessidades, sempre com o enfoque nos fundamentos apresentados, fez-se necessária uma caracterização geral da ETE-Jarivatuba.

4.1. PROBLEMAS DETECTADOS NA ETE - JARIVATUBA

A ETE esta operando com uma carga muito inferior à de projeto, e alguns inconvenientes são observados, sendo o maior deles a emissão de ácido sulfídrico pelo esgoto bruto e lagoas anaeróbias, o qual é bastante volátil, possui odor desagradável e incomoda a população do entorno. Esta emissão tem sido remediada a partir da correção do pH do esgoto bruto (que é da ordem de 7,0) para valores próximos a 8,0; uma vez que a partir deste valor de pH, este ácido se encontra quase que totalmente dissociado na água em HS^- e H^+ , e portanto não na forma gasosa responsável pela geração de odor. O produto químico utilizado para tal correção é a soda cáustica (hidróxido de sódio) em solução aquosa a 50%, a qual é armazenada em tanques de aço com capacidade para 15 e 13 toneladas, cujo entorno carece de estruturas de proteção, tanto para os servidores quanto para o ambiente, principalmente em caso de extravasamentos. Por ter apenas um mangote (mangueira), a descarga só pode ser feita no tanque maior, que quando está cheio, tem parte do produto transferido para o outro tanque através de uma bomba monofásica, freqüentemente em manutenção devido à ação corrosiva do produto utilizado.

O local onde estão instaladas as bombas dosadoras não apresenta estruturas de proteção, tendo como resultado a corrosão da parede e do piso, conforme figura 7B. A dosagem de hidróxido de sódio é feita em função da vazão, e não do pH, o que dificulta o controle e a manutenção de um pH constante e pode refletir na eficiência da remoção biológica da carga orgânica afluyente. Além disso, a soda cáustica tem um custo significativamente elevado, de R\$ 690,00 a tonelada para o contrato vigente em 2004, sendo consumida uma média de 50 toneladas por mês, representando um custo médio mensal de R\$ 34.500,00, o que tem motivado a empresa a buscar novas alternativas.

Uma das alternativas cogitadas seria a operação de apenas um dos módulos da estação, o que aumentaria a carga, aproximando-a das condições previstas no projeto; porém esta tentativa resultou numa sobrecarga que comprometeu a eficiência do tratamento,

quando da limpeza das lagoas anaeróbias para remoção do lodo, o qual foi armazenado na lagoa de lodo, já prevista no projeto, porém sem qualquer gerenciamento.



Figura 6. ETE-Jarivatuba: **A)** Reservatórios de Hidróxido de Sódio (Soda Cáustica); **B)** Bombas Dosadoras de Hidróxido de Sódio.

Além disso, analisando-se o lay-out das lagoas, provavelmente há formação de zonas mortas e curtos-circuitos hidráulicos, devido ao formato irregular das lagoas e da distribuição das entradas e saídas das mesmas, o que diminui consideravelmente o volume das lagoas, e conseqüentemente o tempo de detenção, comprometendo assim, a eficiência do sistema. A redução do volume útil das lagoas e formação de zonas mortas é agravada nas duas lagoas facultativas (F1 e F2) e na primeira lagoa de maturação do módulo dois (M12) em função de formações rochosas não removidas na ocasião da construção das lagoas, formando-se ilhas no interior da área destas lagoas (figura 7).

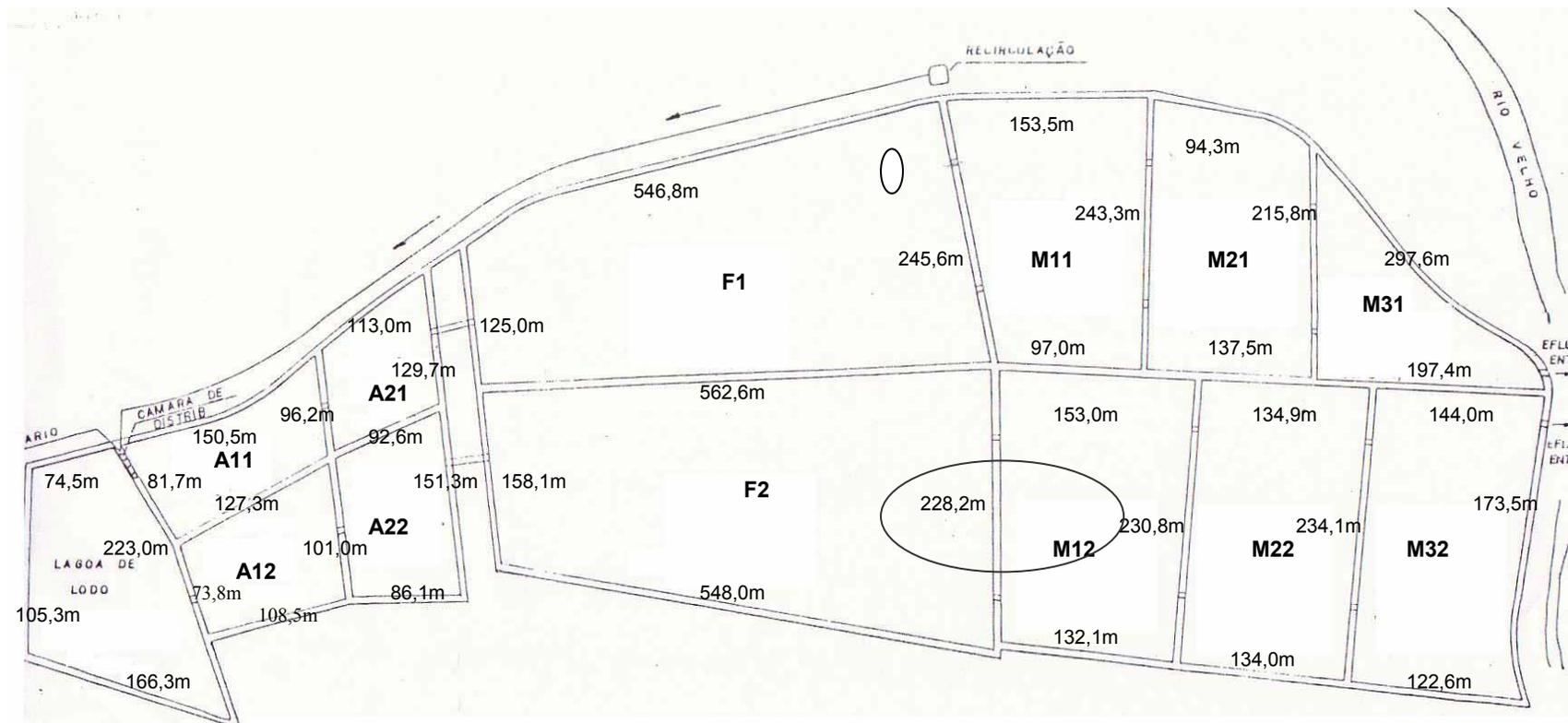


Figura 7. Lay-out das lagoas de estabilização que compõe a ETE-Jarivatuba com as respectivas dimensões. (as áreas circuladas correspondem a formações rochosas não removidas na construção dos diques)

Analisando-se ainda a figura 7, o formato das lagoas facultativas sugere que o regime hidráulico tenha tendência ao fluxo de pistão. No entanto, segundo KELLNER & PIRES (1998) as lagoas apresentam escoamento disperso ou não ideal, ou seja, uma combinação das duas condições ideais possíveis: mistura completa e escoamento em pistão tubular. Neste contexto, PEARSON *et al* (1987 apud KELLNER & PIRES, 1998) afirmam que a relação entre o comprimento (L) e a largura (W) da lagoa é um fator limitante para se alcançar o regime hidráulico ideal e estabeleceram que para $L/W > 4$ a lagoa tende ao fluxo de pistão, e para $L/W < 4$, tende à condição de mistura completa.

Assim, de acordo com as dimensões das lagoas facultativas (comprimento médio = 554,7m para F1 e 555,3m para F2; largura média = 185,3m para F1 e 193,15m para F2), pode-se dizer que as mesmas apresentam um regime hidráulico tendendo à condição de mistura completa com uma relação L/W de 2,99 para F1 e 2,88 para F2, estando em conformidade com o previsto no projeto, já que o dimensionamento destas lagoas foi baseado na equação 1, descrita na metodologia.

Analisando-se a DBO solúvel em diferentes pontos das lagoas A11, A21, F1 e M31, os resultados da ANOVA não apontam para diferença significativa entre as concentrações de DBO nos diferentes pontos de uma mesma lagoa, para todas as lagoas estudadas como resume a tabela 6. Estes resultados confirmam a tendência ao regime de mistura completa das lagoas estudadas.

Tabela 6. Perfil Longitudinal das Lagoas componentes da ETE-Jarivatuba

LAGOA	PONTO	DESCRIÇÃO	DBO solúvel (mg/L)	ANOVA/ valor p
A11	1	Média ± DP	27,1 ± 7,7	0,7534
	2	Média ± DP	25,1 ± 13,0	
	3	Média ± DP	36,2 ± 21,0	
A21	1	Média ± DP	27,6 ± 2,3	0,5482
	2	Média ± DP	26,4 ± 3,5	
	3	Média ± DP	19,7 ± 11,4	
F1	1	Média ± DP	14,1 ± 1,5	0,4378
	2	Média ± DP	11,2 ± 2,8	
	3	Média ± DP	11,2 ± 2,2	
M11	1	Média ± DP	8,0 ± 1,9	0,9293
	2	Média ± DP	7,4 ± 1,9	
	3	Média ± DP	7,5 ± 0,7	

DP = DESVIO PADRÃO

$p < 0,05$ significa que existe diferença significativa

Tabela 7. Coeficientes cinéticos (k) médios para DBO e número de dispersão (d)

LAGOA	TDH (d)	T (°C)	d	K (coeficiente cinético d ⁻¹)		
				Fluxo Pistão	Mistura Completa	Mistura Completa em série (n=2)
A11	3,45	24,4	1,60	0,61	1,45	0,72
A21	3,45	24,2	2,40	0,57	1,3	
F1	27,18	24,2	0,50	0,09	0,29	
M11	6,25	24	2,40	0,35	0,94	
Von Sperling (2000)				0,13	1,53	
Koné (2002) apud Koné et al (2004)				0,12	0,18	

n = número de lagoas em série

TDH = Tempo de Detenção Hidráulica

Além disso, estes ensaios permitiram calcular coeficiente cinético médio para DBO (k), os quais diferem dos encontrados pela literatura, conforme descrito na tabela 7. Portanto, o mais provável é que o regime hidráulico das lagoas seja mais bem explicado pelos processos de dispersão, o que só poderá ser confirmado após estudos detalhados com a utilização de traçadores, já que o cálculo do número de dispersão foi baseado numa relação empírica proposta por AGUNWAMBA (1992) apud VON SPERLING (1996b), conforme equação 4.

AGUNWAMBA (1992) apud VON SPERLING (1996b) encontrou valores de d na faixa de 0,7-1,3; 0,2-0,5 e 0,6-1,1 para condições similares às encontradas na A11 e A21; F1 e M11, respectivamente. Sendo que apenas o número de dispersão encontrado para F1 coincide com os valores encontrados por este autor.

A estação de recirculação existente, cujo objetivo seria minimizar a emissão de maus odores está instalada de forma inadequada, ao invés de se recircular o efluente final, cuja concentração de oxigênio é a mais elevada de todas as lagoas, são recirculados os efluentes das lagoas facultativas, que são misturados ao esgoto bruto na caixa de entrada, em vez de serem lançados superficialmente nas lagoas anaeróbias, para formar uma zona superficial aeróbia, capaz de oxidar o gás sulfídrico antes deste atingir a atmosfera.

Outro agravante se refere à grande circulação de pessoas na área da ETE, uma vez que na ocasião da aquisição da área, há aproximadamente 20 anos, não foram desapropriadas duas áreas, cujo acesso passou a ser exclusivamente através da área da ETE. Na época esta questão não era relevante, por se tratar de uma área rural, com

pouca circulação de pessoas na região. No entanto, no decorrer do tempo, mais famílias passaram a residir nestas áreas, aumentando também o número de visitantes, além disso a cidade de Joinville foi se expandindo e as proximidades da estação de tratamento foram urbanizadas, aumentando o número de pessoas que passaram a circular na região, fazendo uso muitas vezes de trilhas no interior da propriedade da CASAN para “cortar caminho”. Por este motivo, as cercas de arame farpado são constantemente destruídas.

Hoje se observa a total falta de controle sobre as pessoas que tem acesso à estação, e dentre os transeuntes estão aqueles que depredam a estrutura física e equipamentos instalados, bem como furtam materiais elétricos e hidráulicos, a exemplo do que ocorreu na casa de bombas para recirculação, que está desativada em virtude da depredação do painel de comando. O fato de se tratar de uma área extremamente grande (130 ha) e parcialmente utilizada (~22ha), intensifica ainda mais o problema.

Apesar de contar com 4 vigias, os quais se revezam em turnos de 12 horas, a situação tem se agravado a cada dia, e um dos fatores que contribuem para isto consiste no fato dos vigias serem residentes do bairro e não trabalharem armados, ou seja, são ameaçados e para não colocar em risco a sua segurança e a da própria família acabam cedendo e liberando a passagem.

Na guarita não havia telefone, nem sequer um rádio de comunicação para casos emergenciais. Recentemente a companhia telefônica instalou um telefone público em frente ao portão da ETE, sendo a única maneira de acionar a manutenção, e em casos de vandalismo, a própria polícia.

Em meados de 2001, por determinação do Ministério Público, a CASAN passou a receber efluentes de caminhões limpa-fossas, os quais passam por um tratamento específico: gradeamento, desarenador e leito de secagem. O efluente do leito de secagem é, então direcionado para a lagoa anaeróbia 1 do módulo 2 (A12) da ETE-Jarivatuba.. No entanto, apesar deste serviço ser cobrado, a fiscalização e controle das descargas é precário, bem como duvidosa a eficiência do tratamento proposto, o qual já passou por alterações estruturais para viabilizar sua operação (figura 9).

Os sólidos provenientes do leito de secagem e da limpeza das lagoas, são destinados a uma lagoa de lodo, sem que haja uma caracterização do mesmo e nem um plano específico para sua destinação.

De acordo com os critérios do PNQS, esta caracterização geral pode ser considerada uma avaliação das potencialidades da ETE, e identificação das possibilidades de melhorias, que deverão ser contempladas no planejamento estratégico cujo objetivo deve ser o cumprimento da missão proposta pela empresa, além de possibilitar que o novo organograma seja percebido na prática. Para tanto, cada potencialidade e possibilidade de melhoria descrita neste trabalho deve ser desenvolvida em termos de planejamento, execução, controle e ações corretivas, de forma cíclica e contínua, envolvendo os critérios propostos por PEREIRA (2003), garantindo assim a qualidade da operação.



Figura 8. A e B) Residências cujo acesso único é pela área da ETE; C) Morador do entorno cortando caminho por trilhas abertas dentro da propriedade da ETE; D) Casa de bombas para recirculação depredada pela ação de vândalos.

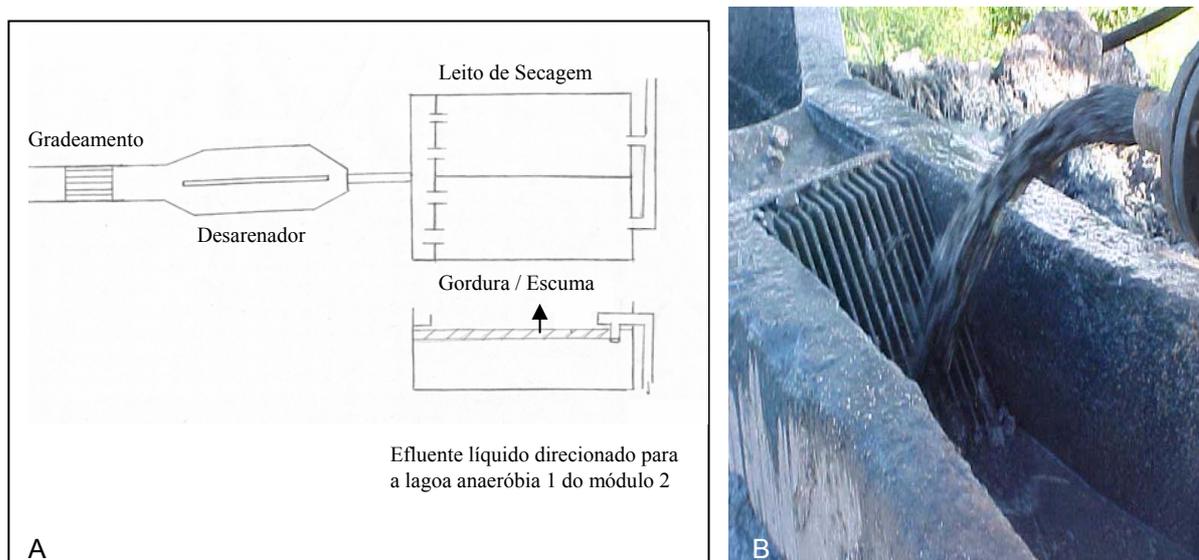


Figura 9. A) Desenho esquemático do pré-tratamento para efluentes de caminhões limpa-fossas; B) Despejo de efluentes para o pré-tratamento.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DO ESGOTO BRUTO

Os parâmetros meteorológicos e climáticos foram obtidos através da estação da EPAGRI em Joinville e estão resumidos na tabela 8.

Tabela 8. Dados meteorológicos e climáticos, adaptado de EPAGRI (2005), tendo sido considerado verão: nov/03; dez/03 e jan/04; e inverno: jun; jul e ago/04.

	MÉDIA VERÃO	MÉDIA INVERNO
EVAPORAÇÃO PICHE (mm)	0,68	0,33
INSOLAÇÃO EM h E dec	3,94	3,56
PRECIPITAÇÃO (mm)	194,20	93,90
TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	33,50	26,40
TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	13,30	5,00

A caracterização do esgoto bruto é de extrema relevância, uma vez que consiste na matéria prima da organização (ETE) de acordo com a visão da gestão da qualidade. As características físico-químicas e bacteriológicas do esgoto bruto, afluentes à ETE – Jarivatuba estão descritas na tabela 9.

Alguns parâmetros se destacam por estarem presentes em altas concentrações, como o cloreto, que apresentou valores acima de 50 mg/L, superior ao estimado pela CETESB para esgotos domésticos, em torno de 15mg/L e por VON SPERLING (1996a), entre 20

e 50 mg/L. PEDRELLI (1997) encontrou concentração média de cloretos igual a 76 mg/L no esgoto bruto de Balneário Camboriú, sem ter observado variações significativas no decorrer da pesquisa.

Tabela 9. Valores médios obtidos a partir de 6 amostragens compostas de esgoto bruto, sendo 3 no verão (nov/03;dez/03 e jan/04) e 3 no inverno (jun;jul e ago/04).

ESGOTO BRUTO				
PARÂMETROS	MÉDIA VERÃO	MÉDIA INVERNO	MÉDIA TOTAL	TESTE T
	Qm = 181,95 L/s	Qm = 176,36 L/s		
PH	8,80	8,37	8,59	0,26
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	260,67	316,00	288,34	0,64
Cor (uC)	720,00	1106,67	913,34	0,17
Turbidez (NTU)	60,70	121,33	91,02	0,20
Cloretos (mg/L)	149,67	88,50	119,09	0,48
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0	0	0,00	-
DBO ₅ (mg/L)	143	197	170	0,13
DQO (mg/L)	267	274	270	0,88
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	2,63E+07	9,95E+07	6,29E+07	0,29
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	4,93E+06	5,20E+06	5,07E+06	0,87
Nitrogênio Amoniacal (mg N/L)	40,84	47,27	44,06	0,21
Nitrito (mg N/L)	0,46	0,61	0,54	0,20
Nitrato (mg N/L)	2,44	3,93	3,19	0,06
Sulfato (mg/L)	57,97	46,90	52,44	-
Sulfeto (mg/L)	0,27	0,68	0,48	-
Fosfato Total (mg P/L)	13,31	19,94	16,63	-
Surfactantes (mg/L)	5,45	6,37	5,91	-
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	<0,10	0,30	0,20	0,22

Qm: Vazão Média

A alta concentração de cloretos pode indicar algum ponto de infiltração estuarina, agravada em períodos de maré alta, uma vez que os rios da região sofrem influencia de maré, estando sujeitos a um incremento da concentração de cloretos. Entretanto, o coeficiente de correlação entre as concentrações de cloretos e as marés da madrugada e manhã dos dias das coletas foram respectivamente 0,55 e - 0,18, ambos indicando uma correlação fraca. Por sua vez, os sulfatos, que em grandes concentrações podem danificar equipamentos, bem como tubulações de ferro e o concreto, aumentando os custos de manutenção, apresentam valores médios tanto nos meses de verão quanto de

inverno, significativamente superiores aos valores máximos encontrados por SILVA *et al* (2000), de 30,2 mg/L.

De acordo com dados disponibilizados no site da CETESB, além de provocarem corrosão em estruturas metálicas, tanto o cloreto como o sulfato interferem no tratamento anaeróbio de efluentes. Em função disto, tais parâmetros merecem atenção, fazendo-se necessária uma investigação específica no sentido de precisar a causa destas concentrações elevadas, bem como mecanismos para seu controle.

Por outro lado, a DBO e a DQO apresentaram valores abaixo do esperado para esgotos domésticos, indicando que este pode estar sendo diluído, em virtude de uma contribuição pluvial significativa, o que também merece estudo específico. VON SPERLING (1996a), encontrou valores típicos de esgoto doméstico para DBO e DQO próximos a 350 e 700 mg/L, respectivamente. CHERNICHARO (2001) adotou concentrações nas faixas de 500-800 mg/L para DQO e 200-350 mg/L para DBO como usuais para esgoto bruto. TRUPPEL (2002) encontrou concentrações de DBO de 429 mg/L e DQO de 749 mg/L no esgoto bruto da cidade de São Ludgero, SC. Em Balneário Camboriú, o esgoto bruto apresentou concentrações de 349 mg/L e 512 mg/L para DBO e DQO, respectivamente, de acordo com PEDRELLI (1997).

De acordo com o memorial descritivo, cada módulo da ETE foi projetada para receber uma carga de 4.590 kg DBO/dia, sendo que, a carga de DBO obtida corresponde a 2.313,45 kg/dia, a qual é dividida entre os dois módulos, resultando numa carga real afluente a cada lagoa de 1156,73 kg/dia, o que corresponde a 25% da carga projetada. Entretanto, a vazão afluente de projeto para cada módulo é de 201,38 L/s, sendo que a vazão média afluente atual corresponde a 182,8 L/s que dividido em dois módulos corresponderia a uma vazão de 91,4 L/s, o que corresponde a aproximadamente 45% da vazão de projeto, reforçando a hipótese de diluição por contribuição pluvial. Entretanto, o coeficiente de correlação calculado entre a vazão média e a precipitação média mensal foi igual a -0,1, indicando uma relação muito fraca entre as duas variáveis.

Apesar dos valores da DBO e DQO estarem abaixo do esperado, a relação entre DQO/DBO foi de 1,86 nos meses de verão; estando dentro da faixa de 1,6 a 1,9 sugerida pela CETESB (1989), ao contrário dos meses de inverno nos quais foi

verificada uma relação DQO/DBO de 1,39, próximo ao valor encontrado por PEDRELLI (1997) para o esgoto afluente a ETE – Balneário Camboriú, de 1,46.

Em 2002, a CASAN adquiriu um termo-nebulizador, equipamento capaz de identificar ligações de águas pluviais. No entanto, não foi desenvolvido um programa específico para combatê-las. Percebe-se a necessidade de um marco regulatório, que contemple punições para esta infração, o que dependerá de um convênio com os órgãos fiscalizadores oficiais, uma vez que a CASAN não tem “poder de polícia” para lavrar autos de infração.

Segundo servidores que participaram da implantação do sistema de esgotamento sanitário, houve uma orientação da população, por parte da CASAN, a respeito da proibição de ligações pluviais na rede coletora de esgotos, mas ainda assim, são numerosas as solicitações de desobstrução de rede em função do acúmulo de areia carregada pela chuva.

A concentração média de nitrogênio amoniacal foi cerca de 100% maior que a encontrada por SILVA *et al* (2000), da ordem de 23 mg/L em esgoto bruto coletado em Campina Grande (PB). Entretanto, TRUPPEL (2002) observou concentrações médias de nitrogênio amoniacal de 36,22 mg N/L no esgoto bruto de São Ludgero, e PEDRELLI (1997), 28 mg N/L em Balneário Camboriú. Os valores encontrados para nitrogênio amoniacal podem ter sido superestimados por interferência dos cloretos durante as análises, em função do método utilizado.

O fósforo total ultrapassa os valores característicos de fósforo total proposto pela CETESB em mais de 100%, desequilibrando totalmente a relação DQO:N:P de 350:7:1 ideal para tratamentos anaeróbios para valores próximos à 16: 3: 1. Sendo pertinente uma pesquisa de contribuições de efluentes industriais no sistema, principalmente de indústrias químicas, farmacêuticas, siderúrgicas e de conservas alimentícias, ricos em nitrogênio e fósforo, que justifiquem os valores encontrados.

Entretanto, observou-se uma estabilidade significativa nas características do esgoto bruto entre os meses de verão e inverno, segundo o resultado do teste estatístico aplicado (Teste T), considerando um intervalo de confiança de 95%, conforme

LAPONNI (2000). Os valores de oxigênio dissolvido também mantiveram-se nulos em todas as amostras, como era o esperado.

4.3. DESEMPENHO DE TODAS AS LAGOAS

A avaliação do desempenho de cada uma das células componentes da ETE pode ser considerada como uma avaliação dos diferentes processos que estão interligados, ou seja, a saída de uma é a entrada de outro, e deve se basear na visão sistêmica proposta pela ISO 9001 (2000).

4.3.1. LAGOAS ANAERÓBIAS

Nas lagoas anaeróbias da ETE-Jarivatuba, observou-se que a elevação do pH no esgoto bruto é reduzido levemente nas primeiras lagoas anaeróbias, mantendo-se praticamente inalterado nas segundas lagoas anaeróbias tanto nos meses de verão quanto de inverno.

Entretanto, a alcalinidade se manteve alta nas duas lagoas da série em ambos os módulos, obtendo-se um valor médio de 275,5 mg CaCO₃/L para as primeiras lagoas anaeróbias no verão e 321,84 mg CaCO₃/L no inverno; e 258,84 mg CaCO₃/L para as segundas lagoas da série no verão e 317,67 mg CaCO₃/L no inverno (tabela 10). Os altos valores de alcalinidade são consequência da adição do hidróxido de sódio.

As altas concentrações de sulfato constituem a maior causa dos odores emitidos pela estação, uma vez que em condições anaeróbias o sulfato é reduzido a sulfeto, e dependendo do pH do meio, é liberado para atmosfera na forma de gás sulfídrico, o qual possui odor forte, tema já discutido anteriormente. Não foi verificada uma remoção significativa de sulfato, nitrogênio amoniacal e surfactantes pelas lagoas anaeróbias. As primeiras lagoas anaeróbias (A11 e A12) obtiveram eficiência de 36% para DBO, enquanto as segundas lagoas (A21 e A22) apresentaram eficiências de 17%; ambos os resultados são inferiores a eficiência de 50% prevista no projeto para as lagoas anaeróbias, indicando que estas lagoas não estão operando como lagoas anaeróbias.

Tabela 10. Valores médios obtidos a partir de 3 amostras mensais no verão (nov/03; dez/03 e jan/04) e 3 no inverno (jun; jul e ago/04) dos efluentes das lagoas A11, A12, A21 e A22.

LAGOAS ANAERÓBIAS A11 E A12								
PARÂMETROS	VERÃO			INVERNO			TESTE T	TESTE T
	A11	A12	TESTE T	A11	A12	TESTE T	A11	A12
PH	8,09	7,92	0,78	8,14	7,86	0,53	0,94	0,92
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	276,33	274,67	0,96	309,67	334,00	0,67	0,65	0,31
Cor (uC)	593,33	870,00	0,39	973,33	696,67	0,16	0,09	0,53
Turbidez (NTU)	56,67	67,63	0,53	124,27	90,13	0,47	0,17	0,68
Cloretos (mg/L)	153,67	150,00	0,97	121,33	155,67	0,52	0,80	0,95
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0	0	-	0	0	-	-	-
DBO ₅ (mg/L)	92	92	1,00	161	134	0,52	0,14	0,34
DQO (mg/L)	190	192	0,97	263	224	0,38	0,10	0,38
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	6,60E+06	1,41E+07	0,37	1,37E+07	2,01E+07	0,40	0,54	0,37
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	2,95E+06	1,86E+06	0,30	1,62E+06	2,01E+06	0,70	0,26	0,90
Nitrogênio Amoniacal (mg N/L)	38,54	36,95	0,80	47,20	45,24	0,47	0,23	0,19
Nitrito (mg N/L)	0,47	0,50	0,70	0,60	0,52	0,51	0,29	0,90
Nitrato (mg N/L)	1,54	1,13	0,76	1,740	2,27	0,49	0,61	0,36
Sulfato (mg/L)	34,40	37,30	0,72	43,40	33,23	0,13	0,01	0,67
Sulfeto (mg/L)	0,19	0,18	0,78	2,90	2,70	0,93	0,14	0,40
Fosfato Total (mg/L)	10,96	9,86	0,89	20,12	18,94	0,75	0,24	0,23
Surfactantes (mg/L)	5,49	6,00	0,28	6,79	6,15	0,64	0,27	0,89

LAGOAS ANAERÓBIAS A21 E A22								
PARÂMETROS	VERÃO			INVERNO			TESTE T	TESTE T
	A21	A22	TESTE T	A21	A22	TESTE T	A21	A22
PH	7,95	7,83	0,68	7,91	7,84	0,76	0,87	0,89
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	254,00	263,67	0,63	303,00	332,33	0,57	0,42	0,25
Cor (uC)	726,67	933,33	0,53	880,00	773,33	0,13	0,50	0,59
Turbidez (NTU)	91,30	95,30	0,92	115,70	96,97	0,72	0,67	0,98
Cloretos (mg/L)	148,50	139,33	0,90	160,17	156,50	0,89	0,85	0,73
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0	0	-	0	0,30	0,42	-	0,50
DBO ₅ (mg/L)	78	74	0,81	102	114	0,81	0,58	0,38
DQO (mg/L)	182	193	0,86	186	176	0,89	0,97	0,85
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	3,89E+06	1,79E+06	0,19	1,46E+07	4,69E+06	0,27	0,25	0,42
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	8,21E+05	5,07E+05	0,45	1,06E+06	6,41E+05	0,41	0,67	0,80
Nitrogênio Amoniacal (mg N/L)	34,85	28,32	0,48	43,80	43,28	0,85	0,26	0,15
Nitrito (mg N/L)	0,46	0,44	0,90	0,55	0,49	0,06	0,52	0,82
Nitrato (mg N/L)	3,51	3,47	0,98	2,38	3,07	0,36	0,38	0,82
Sulfato (mg/L)	36,00	36,23	0,98	33,53	32,97	0,85	0,78	0,77
Sulfeto (mg/L)	0,21	0,18	0,49	3,97	1,93	0,46	0,08	0,51
Fosfato Total (mg/L)	10,46	11,83	0,88	18,66	18,70	0,99	0,27	0,47
Surfactantes (mg/L)	5,53	5,55	0,98	6,52	5,82	0,62	0,52	0,87

* significante ao nível de 95%

Considerando a carga volumétrica aplicada em cada módulo de 0,051 kg/ m³.dia, as primeiras lagoas anaeróbias apresentaram eficiência de 13,7% e 23,5% para os módulos 1 e 2 respectivamente. Enquanto as segundas lagoas anaeróbias apresentaram eficiência de 25,0% e 17,9% respectivamente para os módulos 1 e 2, apresentando eficiência no processo anaeróbio como um todo de 35,3% para o módulo 1 e 37,2% para o módulo 2.

No entanto, ambos os módulos se comportaram de forma semelhante; além disso, não foi observada diferença significativa entre as médias de verão e inverno, com exceção do sulfato no módulo 1 e do ortofosfato no módulo 2.

4.3.2. LAGOAS FACULTATIVAS

Nas lagoas facultativas pode-se observar um aumento na concentração de cloretos, cujos valores permanecem elevados até o efluente final, este aumento não pode ser considerado como uma influência direta da intrusão marinha em função dos baixos valores dos coeficientes de correlação obtidos para o pico de maré da madrugada, 0,63 e 0,67, para F1 e F2 respectivamente, e para o pico de maré da manhã, -0,54 e -0,51 para F1 e F2 respectivamente. Entretanto, a periodicidade mensal das análises não permite considerar precisamente o tempo de detenção hidráulica, mascarando a influência do pico de maré, e induzindo a erros no cálculo do coeficiente de correlação.

Além disso, as concentrações de oxigênio dissolvido diminuem no inverno, porém a diferença entre as médias de inverno e verão não foi considerada significativa pelo teste estatístico aplicado (Teste T), ao contrário do nitrogênio amoniacal, cujas concentrações aumentam significativamente no inverno para ambos os módulos, bem como a colimetria para o módulo 1. A diminuição dos teores de oxigênio dissolvido é causada pela morte das algas devido às baixas temperaturas. Na ausência de oxigênio a nitrificação fica comprometida, justificando os valores de nitrogênio amoniacal registrados neste período (tabela 11).

Assim como nas lagoas anaeróbias, as lagoas facultativas apresentaram eficiência na remoção da DBO inferior à indicada pelo projeto que previa uma remoção de 52%, sendo que foram observadas remoções de 38% e 48% nos períodos de verão e inverno, respectivamente.

Estas lagoas ainda foram capazes de remover parcialmente o fosfato, além de apresentaram remoção de 92% de surfactantes nos períodos de verão e 53% nos períodos de inverno (tabela 11), provavelmente pela ação das algas, sendo que a sua correlação com a remoção deste parâmetro deve ser confirmada através da análise de clorofila a e sólidos em suspensão totais (SST).

De acordo com o Teste T aplicado para comparação das médias dos módulos 1 e 2, não foram observadas diferenças significativas entre elas, com um intervalo de confiança de 95%.

Tabela 11. Valores médios obtidos a partir de 3 amostras mensais no verão (nov/03; dez/03 e jan/04) e 3 no inverno (jun; jul e ago/04) dos efluentes das lagoas F1 e F2

LAGOAS FACULTATIVAS F1 E F2								
PARÂMETROS	VERÃO			INVERNO			TESTE T F1	TESTE T F2
	F1	F2	TESTE T	F1	F2	TESTE T		
PH	8,48	8,09	0,34	7,95	8,05	0,7	0,22	0,91
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	187,00	177,67	0,76	249,00	247,33	0,94	0,22	0,11
Cor (uC)	2010,00	1193,33	0,47	516,67	853,33	0,25	0,22	0,45
Turbidez (NTU)	127,10	118,63	0,80	107,83	79,70	0,73	0,78	0,42
Cloretos (mg/L)	223,50	223,00	1,00	159,67	181,33	0,27	0,38	0,54
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,59	5,15	0,76	0,78	1,85	0,10	0,28	0,36
DBO ₅ (mg/L)	41	52	0,31	49	63	0,52	0,56	0,56
DQO (mg/L)	205	198	0,82	89	129	0,31	0	0,31
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	1,57E+05	8,81E+04	0,20	2,42E+06	1,72E+06	0,42	0	0,15
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	1,45E+04	1,46E+04	0,98	2,10E+05	2,07E+05	0,99	0,34	0,28
Nitrogênio Amoniacal (mg N/L)	9,59	9,20	0,94	32,50	31,16	0,78	0,02	0,02
Nitrito (mg N/L)	2,15	4,96	0,46	0,31	0,55	0,32	0,20	0,30
Nitrato (mg N/L)	8,33	8,14	0,95	1,91	3,34	0,33	0,06	0,23
Sulfato (mg/L)	52,47	56,97	0,88	36,6	45,50	0,28	0,39	0,70
Sulfeto (mg/L)	0,16	0,16	0,97	0,19	0,11	0,6	0,84	0,65
Fosfato Total (mg/L)	13,15	10,40	0,76	15,22	13,71	0,69	0,79	0,67
Surfactantes (mg/L)	0,51	0,41	0,82	2,88	2,97	0,98	-	-

* significante ao nível de 95%

4.3.3. LAGOAS DE MATURAÇÃO

As altas concentrações de cloretos se mantêm nesta fase do tratamento, sem grandes variações entre os módulos, entre as lagoas da série e em relação ao período do ano. O mesmo foi observado para o sulfato.

Tabela 12 . Valores médios obtidos a partir de 3 amostras mensais no verão (nov/03; dez/03 e jan/04) e 3 no inverno (jun; jul e ago/04) dos efluentes das lagoas M11, M12, M21, M22, M31, M32.

LAGOAS DE MATURAÇÃO M11 E M12								
PARÂMETROS	VERÃO			INVERNO			TESTE T M11	TESTE T M12
	MÉDIA M11	MÉDIA M12	TESTE T	MÉDIA M11	MÉDIA M12	TESTE T		
pH	8,5	8,13	0,21	7,72	7,8	0,59	0,09	0,32
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	172,67	165,7	0,85	246	226	0,35	0,15	0,14
Cor (uC)	1153,33	1706,67	0,55	596,67	766,67	0,49	0,03	0,41
Turbidez (NTU)	105,47	112,8	0,77	48,5	68,5	0,52	0,22	0,29
Cloretos (mg/L)	252,33	248,83	0,98	169	197,17	0,37	0,28	0,5
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,95	5,22	0,88	1,57	1,98	0,81	0,18	0,68
DBO ₅ (mg/L)	56,83	53,03	0,74	38,83	53,27	0,48	0,27	0,99
DQO (mg/L)	197,07	183,8	0,6	84,53	116,27	0,24	0,01	0,19
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	6,54E+04	1,25E+05	0,47	2,42E+05	1,72E+05	0,42	0,01	0,67
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	2,33E+03	7,73E+03	0,2	1,17E+04	1,58E+04	0,4	0,06	0,31
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	11,57	5,71	0,32	31,75	24,85	0,24	0,06	0
Nitrito (mg/L)	1,42	5,11	0,35	0,74	3,08	0,49	0,49	0,7
Nitrato (mg/L)	5,04	9,24	0,49	2,51	6,08	0,51	0,28	0,73
Sulfato (mg/L)	42,27	54,83	0,78	34,03	40,13	0,51	0,42	0,59
Sulfeto (mg/L)	0,14	0,16	0,82	0,1	0,1	0,94	0,49	0,61
Fosfato Total (mg/L)	7,58	13,71	0,49	12,54	12,86	0,92	0,41	0,89
Surfactantes (mg/L)	0,47	0,44	0,93	2,25	0,2	0,45	-	-
LAGOAS DE MATURAÇÃO M21 E M22								
PARÂMETROS	VERÃO			INVERNO			TESTE T M21	TESTE T M22
	MÉDIA M21	MÉDIA M22	TESTE T	MÉDIA M21	MÉDIA M22	TESTE T		
pH	8,81	7,89	0,18	7,71	7,66	0,89	0,04	0,77
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	157,33	164,33	0,75	235	200,67	0,25	0,03	0,02
Cor (uC)	1476,67	1733,33	0,79	580	706,67	0,61	0,13	0,36
Turbidez (NTU)	105,87	112,8	0,77	39,5	50,27	0,62	0,11	0,12
Cloretos (mg/L)	277,33	262,5	0,9	176,67	197,17	0,53	0,2	0,4
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,84	1,25	-	2,89	4,01	0,7	0,25	-
DBO ₅ (mg/L)	51,8	59,5	0,56	40,83	51,53	0,66	0,49	0,8
DQO (mg/L)	192,17	186,97	0,88	91,4	118,57	0,26	0,05	0,21
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	9,57E+04	1,70E+05	0,51	2,42E+05	1,54E+05	0,32	0,19	0,38
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	4,47E+02	1,49E+03	0,25	1,17E+04	3,39E+03	0,35	0,24	0,2
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	7,67	6,32	0,85	28,16	19,01	0,25	0,05	0,08
Nitrito (mg/L)	1,34	5,37	0,26	0,26	6,56	0,35	0,42	0,85
Nitrato (mg/L)	4,15	10,5	0,31	6,29	24,72	0,41	0,66	0,53
Sulfato (mg/L)	42,57	49,63	0,78	34,17	33,13	0,93	0,35	0,55
Sulfeto (mg/L)	0,13	0,14	0,87	0,07	0,08	0,92	0,13	0,5
Fosfato Total (mg/L)	10,8	8,79	0,79	12,79	11,24	0,42	0,74	0,71
Surfactantes (mg/L)	0,35	0,48	0,65	1,95	0,84	0,59	0,41	0,82
LAGOAS DE MATURAÇÃO M31 E M32								
PARÂMETROS	VERÃO			INVERNO			TESTE T M1	TESTE T M2
	MÉDIA M31	MÉDIA M32	TESTE T	MÉDIA M31	MÉDIA M32	TESTE T		
pH	9,37	8,13	0,04	7,48	7,79	0,53	0,03	0,61
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	163,33	166,33	0,91	214	182,33	0,33	0,24	0,26
Cor (uC)	1443,33	1625	0,86	543,33	673,33	0,55	0,21	0,38
Turbidez (NTU)	129	107,23	0,43	35,07	46,47	0,5	0,04	0,07
Cloretos (mg/L)	290,5	255,83	0,75	172,33	202,5	0,34	0,17	0,41
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,98	6,06	0,73	3,91	6,77	0,4	0,25	0,92
DBO ₅ (mg/L)	48,2	57,73	0,22	38,9	47,83	0,72	0,56	0,69
DQO (mg/L)	218,8	183,03	0,37	77,47	99,43	0,34	0,03	0,15
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	4,58E+04	1,68E+05	0,24	1,99E+05	1,72E+05	0,32	0,04	0,46
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	2,03E+02	5,70E+02	0,43	1,73E+04	1,68E+04	0,4	0,39	0,82
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	4,45	4,95	0,87	24,31	18,83	0,22	0,06	0,18
Nitrito (mg/L)	0,85	4,31	0,22	0,28	5,63	0,31	0,42	0,71
Nitrato (mg/L)	5,83	7,85	0,64	9,1	24,84	0,37	0,63	0,38
Sulfato (mg/L)	46,1	50,73	0,85	28,87	35,43	0,83	0,2	0,43
Sulfeto (mg/L)	0,14	0,14	0,93	0,06	0,08	0,58	0,12	0,48
Fosfato Total (mg/L)	11,01	7,79	0,75	12,9	11,8	0,35	0,78	0,78
Surfactantes (mg/L)	0,35	0,45	0,44	0,92	0,94	0,66	-	-

* significante ao nível de 95%

Assim como para as lagoas facultativas, não se pode afirmar que as altas concentrações de cloretos nas lagoas de maturação sejam decorrentes de uma influência direta da intrusão marinha em função dos baixos valores dos coeficientes de correlação obtidos para o pico de maré da madrugada, 0,40 e 0,51, para M31 e M32 respectivamente, e para o pico de maré da manhã, -0,43 e -0,44 para M31 e M32 respectivamente; reforçando a necessidade de uma maior periodicidade das coletas, levando em consideração o tempo de detenção na análise dos dados.

Além disso, em função da grande concentração de algas, é relevante mensura-la através de análises de clorofila a e sólidos em suspensão total (SST).

Não houve remoção da DBO nas lagoas de maturação, ao contrário do previsto no projeto, que aponta para uma remoção de 33% nesta fase do tratamento. No entanto, estas lagoas apresentam como objetivo principal a remoção de patógenos, e não de carga orgânica, de acordo com VON SPERLING (1996b).

Aplicando-se o teste estatístico, verificou-se que ambos os módulos operam de maneira semelhante, não havendo diferenças significativas entre suas médias, exceto para o pH na terceira lagoa de maturação (M3). No entanto, em relação ao período do ano, esta etapa de tratamento apresentou-se como a mais instável da ETE-Jarivatuba, principalmente no módulo 1, sendo que na primeira lagoa de maturação deste módulo (M11) a cor e a DQO diminuíram enquanto os coliformes totais aumentaram no inverno. Nas segundas lagoas de maturação de ambos os módulos (M21 e M22), tanto a alcalinidade quanto o nitrogênio amoniacal aumentaram sua concentração no inverno; o pH e a DQO apresentaram-se em maiores concentrações durante o verão para o módulo 1, e o sulfeto teve o mesmo comportamento para o módulo 2. A terceira lagoa de maturação do módulo 1 (M31) apresentou um decréscimo significativo dos valores de parâmetros como o pH, turbidez e DQO no período de inverno, por outro lado as concentrações de coliformes totais aumentaram significativamente neste mesmo período. Os surfactantes se mantiveram estáveis em todas as lagoas de maturação, sugerindo que sua remoção ocorre efetivamente nas lagoas facultativas (tabela 12).

Em função da presença de algas nesta etapa do tratamento, assim como nas lagoas facultativas, é necessária a análise de clorofila a, para entender a real participação destes organismos na remoção de parâmetros como nitrogênio, fósforo e detergentes.

4.4. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA ETE-JARIVATUBA

O monitoramento contínuo dos processos, fornece subsídios para tomadas de decisão com vistas à melhoria na eficiência dos processos e da qualidade do produto final, neste sentido foram monitorados parâmetros diretamente relacionados com a eficiência de cada processo, amplamente difundidos nas bibliografias específicas.

Para tanto o tratamento de esgotos da ETE-Jarivatuba foi dividido em três processos nesta ordem: anaeróbio, facultativo e de maturação, sendo que a saída de um corresponde à entrada do seguinte.

4.4.1. pH

Apesar da dosagem de hidróxido de sódio ser automatizada e variar de acordo com a vazão afluyente à ETE, a falta de acompanhamento do pH, faz com que este parâmetro sofra grandes variações no esgoto bruto, de um mínimo de 7,93 em novembro, que seria o ideal; até 9,75 em dezembro, valor que pode comprometer a atividade bacteriana nas lagoas anaeróbias, diminuindo a eficiência do sistema.

A variação do pH nas lagoas anaeróbias acompanha a variação do pH no esgoto bruto, mantendo-se mais estável nas lagoas facultativas e de maturação, cuja variação se deve a fatores ambientais, como a taxa de insolação que estimula a atividade fotossintética, tornando as lagoas mais alcalinas. Esta atividade fotossintética é intensificada no verão, fazendo com que o efluente seja lançado com pH superior a 9,0 - limite estipulado pelo Decreto Estadual 14.250 de 1981 - em 21% das amostras, com um pH máximo de 9,58 no módulo 2 em novembro/03. Observa-se ainda que, apesar de teoricamente os dois módulos estarem sob as mesmas condições, o módulo 2 apresentou valores de pH mais baixos na maioria das amostras.

Dados obtidos pela AMAE, também ultrapassaram o limite definido na legislação, tendo sido observados valores máximos de 9,03, para efluente do módulo 1 no mês de fevereiro (anexo II).

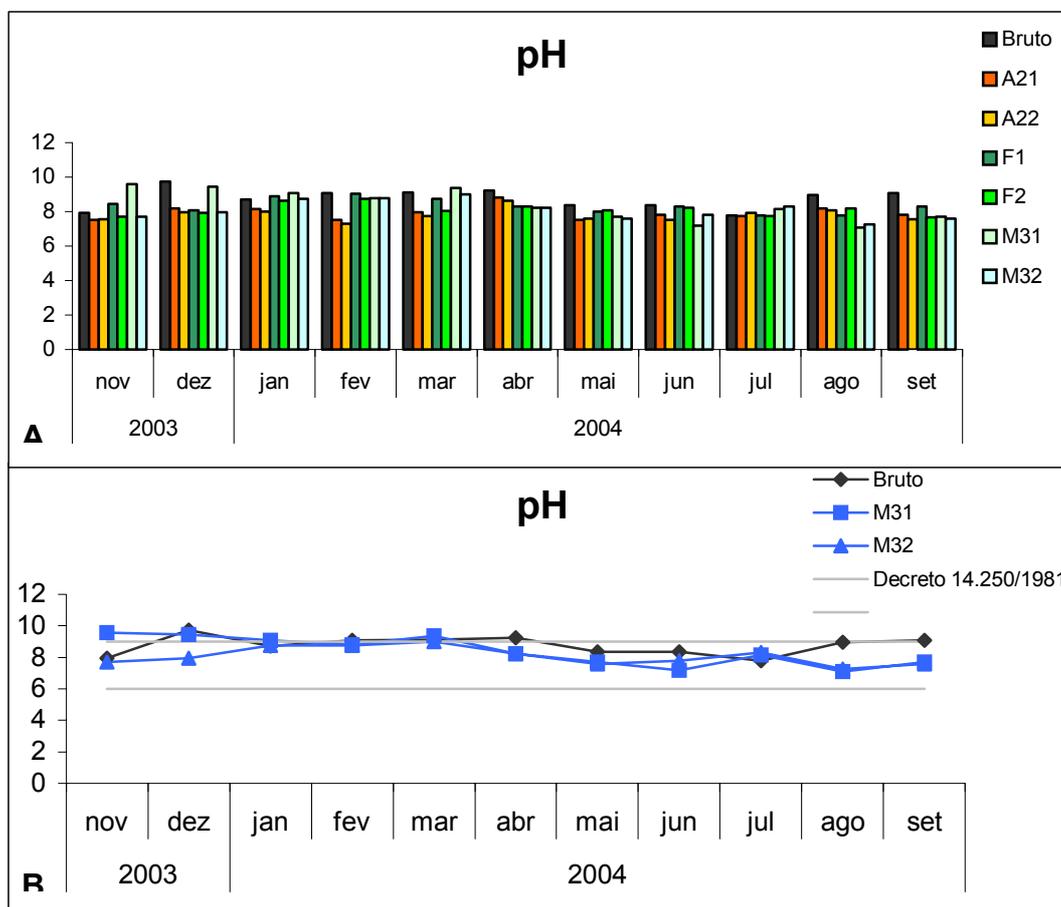


Figura 10. A) Gráfico dos valores de pH do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de pH para esgoto bruto e efluente final.

4.4.2. ALCALINIDADE TOTAL

A alcalinidade corresponde a capacidade de tamponamento do meio, ou seja, de resistir à adição de ácidos ou bases fortes. Em ambientes naturais a alcalinidade se deve principalmente aos íons hidróxidos (OH⁻), carbonatos (CO₃⁻²) e bicarbonatos (HCO₃⁻).

Nas amostras, os valores mais altos foram obtidos nas lagoas anaeróbias, devido principalmente ao hidróxido de sódio, exceto em março, quando o esgoto bruto apresentou o valor máximo de 325 mg CaCO₃/L. Nas demais unidades, os valores não

sofreram variações significativas, mantendo uma média de 188 mg CaCO₃/L para as lagoas facultativas e 158 mg CaCO₃/L para as lagoas de maturação.

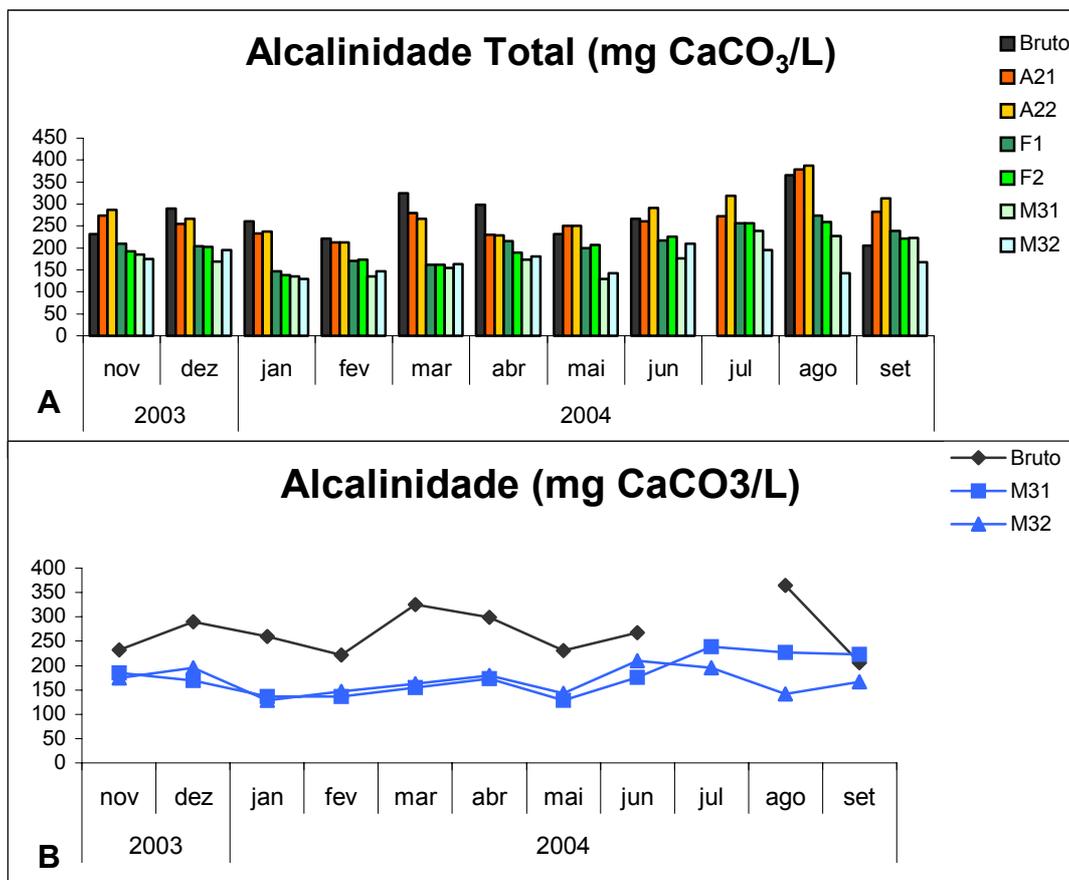


Figura 11. A) Gráfico dos valores de Alcalinidade Total do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Alcalinidade Total para esgoto bruto e efluente final.

4.4.3. COR APARENTE

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (CETESB, 2004).

A cor das amostras mostrou-se bastante variável, entretanto nas amostras coletadas no verão os valores foram crescentes na seqüência do tratamento, ou seja aumentou nas lagoas facultativas e de maturação, acompanhando o aumento na concentração de algas, sendo o oposto observado para os meses de abril e maio, nos quais há uma redução na

taxa de insolação e temperaturas, inibindo o desenvolvimento algal, conforme dados da EPAGRI (2005) contidos no anexo IX.

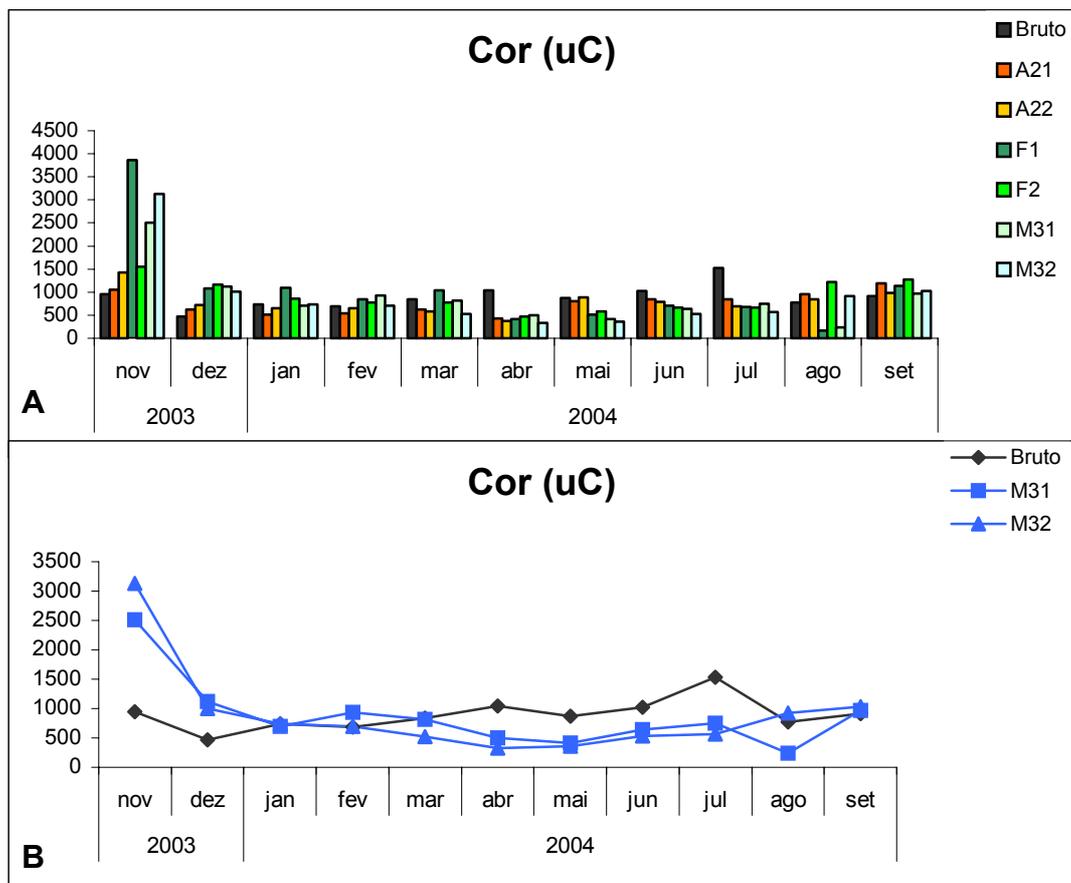


Figura 12. A) Gráfico dos valores de Cor do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Cor para esgoto bruto e efluente final.

4.4.4 TURBIDEZ

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca) (CETESB, 2004).

Os valores de turbidez encontrados seguem o mesmo padrão da cor aparente, apresentam-se bastante variáveis (figura 13). Sendo observado um máximo de 201 NTU no esgoto bruto em julho/04; 179 NTU na A22 e 241 NTU na F1 em agosto/04; e 169 NTU na M31 em novembro/03.

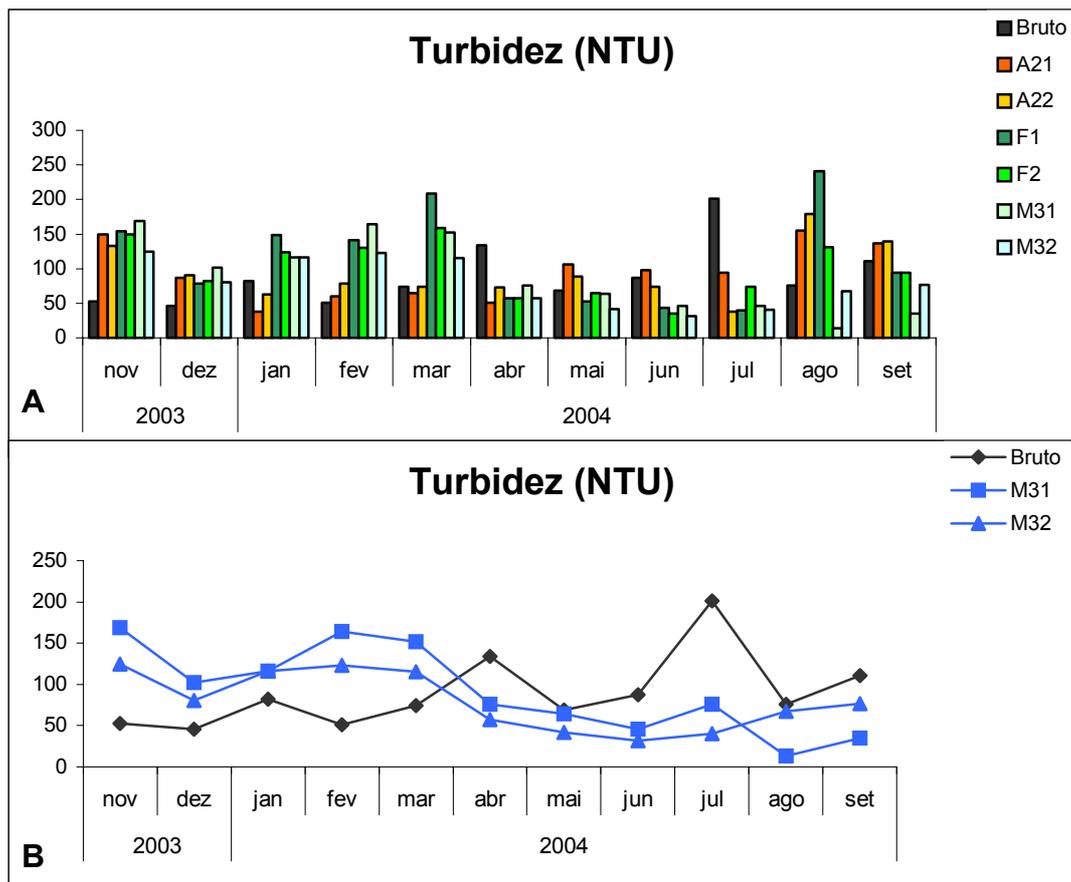


Figura 13. A) Gráfico dos valores de Turbidez do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Turbidez para esgoto bruto e efluente final.

4.4.5. CLORETO

O cloreto na forma Cl^- é um dos principais ânions encontrados nos esgotos domésticos, uma vez que o cloreto de sódio ($NaCl$) está presente na urina, em concentrações superiores a 15mg/L segundo CETESB (2004).

Seus valores mostraram-se bastante variáveis sendo a concentração máxima de 296 mg/L em dezembro de 2003 e a mínima de 52,5 mg/L em janeiro de 2004. As infiltrações por ocasião de maré-alta são esporádicas, no entanto confrontando-se os dados de maré com as concentrações de cloretos obtidas no monitoramento, observaram-se baixos coeficientes de correlação para todos os pontos amostrados, não indicando uma influência direta da maré nos resultados obtidos (tabela 13). Assim sendo, faz-se necessário monitorar este parâmetro num intervalo maior de tempo, e confrontar estes dados com as ocorrências de marés e níveis de precipitação no período.

Tabela 13. Coeficiente de correlação entre as concentrações de cloretos (mg/L) e os picos de maré na madrugada e manhã dos dias de coleta.

	Cloretos (mg/L)						
	Bruto	A21	A22	F1	F2	M31	M32
Maré -Madrugada	0,55	0,40	0,68	0,63	0,67	0,40	0,51
Maré - Manhã	-0,18	0,05	-0,34	-0,54	-0,51	-0,43	-0,44

É interessante observar que este ânion tem sua concentração aumentada no decorrer do tratamento, cuja causa deve ser investigada uma vez que, de acordo com GRADY Jr *et al* (1980), a presença excessiva de sais, mesmo sais inertes tais como o cloreto de sódio pode retardar ou até mesmos inviabilizar os processos biológicos, por efeito osmótico. Neste sentido, é essencial uma maior freqüência de análises, levando-se em consideração o tempo de detenção hidráulica da lagoa.

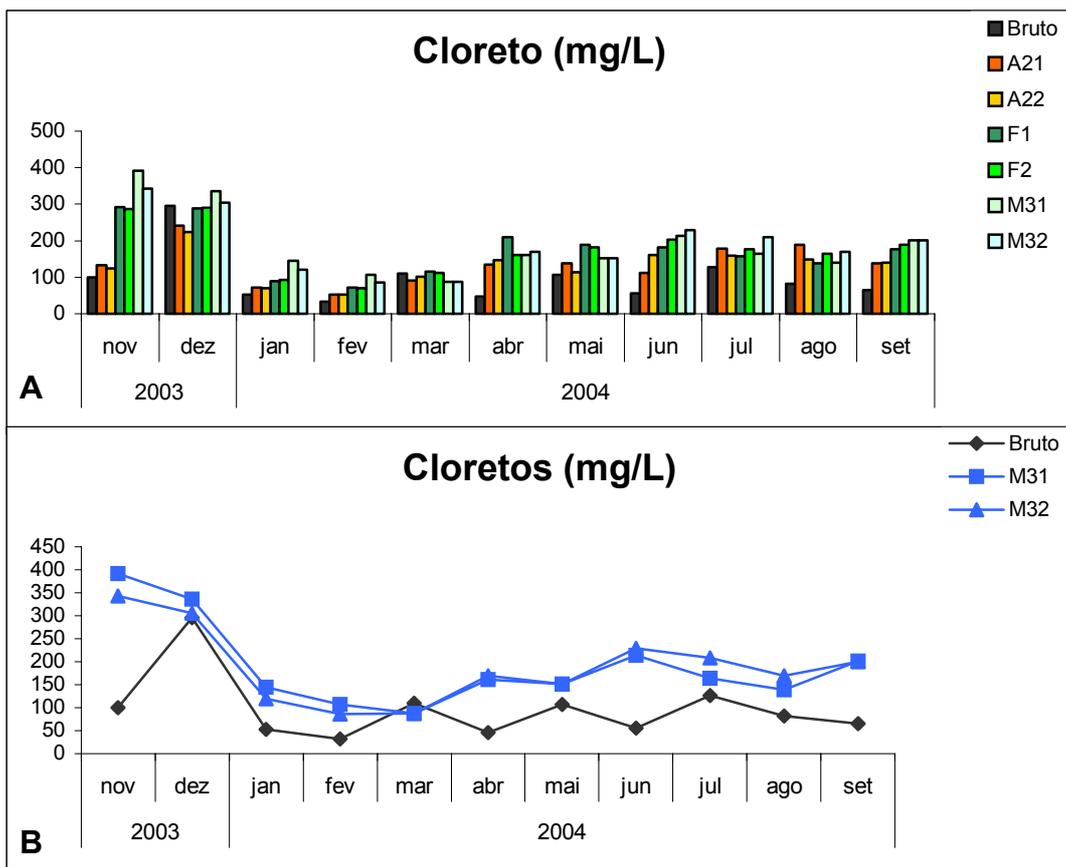


Figura 14. A) Gráfico dos valores de Cloreto do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Cloreto para esgoto bruto e efluente final.

4.4.6. OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Em função da alta atividade microbiana no processo de degradação da matéria orgânica altamente concentrada no esgoto bruto, o oxigênio é rapidamente consumido, não sendo detectado no esgoto bruto. Esta ausência de oxigênio persiste até o efluente das lagoas anaeróbias. Nas lagoas facultativas e de maturação, além da difusão do oxigênio da atmosfera, existe a produção de oxigênio pelo fitoplâncton, o que eleva o teor de oxigênio dissolvido no efluente, cujo valor máximo foi de 10,6 mg/L no módulo 2 em fevereiro de 2004, o que se justifica pela alta taxa de insolação neste mês, ao passo que os valores mais baixos coincidem com períodos chuvosos e de alta nebulosidade, com um mínimo de 1,1 mg/L no módulo 1 em agosto/04.

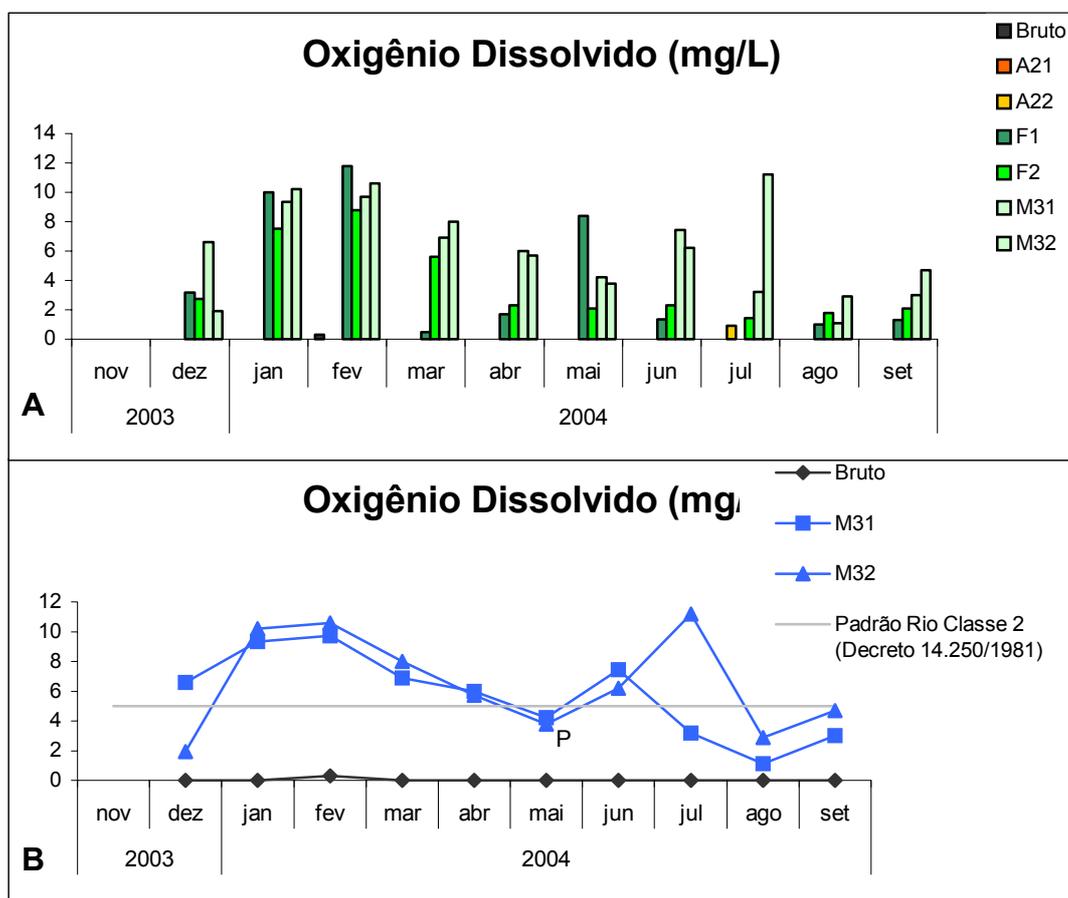


Figura 15. A) Gráfico dos valores de Oxigênio Dissolvido do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de Oxigênio Dissolvido para esgoto bruto e efluente final.

A legislação estadual não aborda limites quanto ao oxigênio para o lançamento de efluentes, porém recomenda que todos os parâmetros sejam compatíveis com os critérios e padrões de qualidade de água, adequados aos diversos usos previstos para o corpo receptor. Entretanto, como o Rio Velho (corpo receptor da ETE – Joinville) é considerado pela mesma portaria como Classe 2, implica num efluente com valores acima de 5,0 mg de oxigênio por litro.

De acordo com o artigo 5º do Decreto Estadual nº 14.250 de 1981, as águas dos Rios Classe 2 poderiam ser destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho). Porém, no ponto de lançamento dos efluentes da ETE – Joinville, o Rio Velho sofre intensa influência de maré, apresentando águas salobras, naturalmente ricas em matéria orgânica por se tratar de um complexo estuário-manguezal.

4.4.7. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

Os valores de DBO obtidos para o esgoto bruto apresentaram uma média de 149,5 mg/L; inferior às publicadas no site da CETESB para municípios do estado de São Paulo em 1994, superiores a 187 mg/L, o que pode estar sendo causado pela contribuição de águas pluviais, ainda que de forma clandestina, conforme discutido no capítulo 4, item 2. A remoção da matéria orgânica pelas lagoas anaeróbias sofreu variações entre os meses de amostragem, alcançando níveis satisfatórios para lançamento já no efluente das lagoas facultativas. No entanto, houve acréscimo da DBO nas lagoas de maturação devido à biomassa algal, uma vez que as amostras não foram filtradas. Apesar disso, os valores dos efluentes finais, exceto para o mês de novembro de 2003, e agosto e setembro/04; mantiveram uma média de 42,2 mg/L, com valores inferiores ao limite de 60 mg/L estabelecido pelo Artigo 19º do Decreto Estadual nº 14.250 de 1981. Entretanto, os dados da AMAE apresentaram valores acima de 60 mg/L em 25% das amostras e com eficiência inferior a 80% em 17% das amostras (anexo II).

Considerando a carga orgânica média afluyente de 1287,8 kg/ dia para cada módulo, a ETE-Jarivatuba apresentou eficiência na remoção de 72,9% para o módulo 1 e 76,6% para o módulo 2. TRUPPEL (2002) obteve 80% de eficiência na remoção de DBO,

recirculando 1/6 da vazão afluyente à ETE operada pelo SAMAE de São Ludgero. PEDRELLI (1997) observou na ETE-Balneário Camboriú remoção de DBO entre 33,8% e 43,3%.

Os baixos valores da DBO e DQO do esgoto bruto nos meses de dezembro a março, ocorrem em função da diminuição considerável da população devido às férias coletivas comuns nas empresas da região, além das férias escolares.

Figura 16. A) Gráfico dos valores de DBO do esgoto bruto, efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação; B) Gráfico dos valores de DBO para o esgoto bruto e efluente final.

4.4.8. DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

Os valores de DQO obtidos estão descritos na tabela 21, apresentando algumas variações, principalmente em relação à estação do ano. Observa-se efluentes com uma