



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

ROBERTO FASANARO

**TRATAMENTO BIOLÓGICO E FÍSICO-QUÍMICO DOS ESGOTOS
DOMÉSTICOS DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ/SC**

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Santa Catarina, para obtenção
do Título de Mestre em Engenharia
Ambiental.**

Orientador: Flávio Rubens Lapolli, Dr.

FLORIANÓPOLIS

MARÇO/2002

**TRATAMENTO BIOLÓGICO E FÍSICO-QUÍMICO DOS ESGOTOS
DOMÉSTICOS DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ/SC**

ROBERTO FASANARO

Dissertação apresentada ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na Área de Tecnologias de Saneamento Ambiental

Aprovado por:

Prof. Antônio Edésio Ingles, Dr.

Prof.^a Sandra Sulaminta Nahas Baasch, Dr.^a

Prof. Flávio Rubens Lapolli, Dr.
(Coordenador)

Prof. Flávio Rubens Lapolli, Dr.
(Orientador)

FLORIANÓPOLIS, SC - BRASIL

MARÇO/2002

Aos meus pais Antonio Fasanaro (falecido) e Almerinda Fasanaro, a minha esposa Ivanosca de Macedo Fasanaro, aos meus filhos Roberta de Macedo Fasanaro, Antonio Carlos de Macedo Fasanaro e Roberto Fasanaro Junior, meus irmãos Humberto Fasanaro, Carlos Alberto Fasanaro e Ceres Fasanaro, e demais membros da família Fasanaro, meu sogro José Manoel de Macedo (falecido), e minha sogra Nízia Gurgel de Macedo (falecida), meus cunhados e cunhadas, representados por Elza Maria Gurgel de Macedo.

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Flávio Rubens Lapolli pelo incentivo, orientação e paciência na execução deste trabalho.

- Aos colegas da CASAN, representados, especialmente, pela Mestre Bióloga Leda Freitas Ribeiro, Engenheira Marta Elizabete Souza Kracik, Químico Industrial Rubens Arno Schroeder, Engenheiro Civil e Sanitarista Izair José Junkes e Engenheira Sanitarista e de Segurança do Trabalho Maria Cristina Vidal Büchele.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xvi
LISTA DE FIGURAS	xix
RESUMO	xxii
ABSTRACT	xxiii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Geral.....	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	4
2.1.1 Histórico	4
2.1.2 Conceituação e Princípios Operacionais.....	13
2.1.3 Fatores Intervenientes nas Lagoas de Estabilização	16
2.1.4 Parâmetros de Projetos e Operacionais.....	18
2.2 TIPOS DE LAGOAS.....	20
2.2.1 Lagoas Anaeróbias	20
2.2.2 Lagoas Facultativas	28
2.2.2.1 Influência do Fitoplancton na Eficiência das Lagoas Facultativas	30
2.2.2.2 Classificação do Fitoplancton no Sistema de Lagoas Facultativas.....	30
2.2.3 Lagoas de Alta Taxa (Lagoas de Maturação).....	36
2.2.4 Sistemas de Lagoas como Reservatórios Profundos.....	37
2.3 TRATAMENTO QUÍMICO DE ESGOTOS.....	38
2.3.1 Processo Guggenheim.....	38
2.3.2 Processo Laughlin.....	39
2.3.3 Principais Reações Químicas que Ocorrem durante o Tratamento Químico de Esgotos	44
3 MATERIAIS E MÉTODOS	46
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS.....	46
3.1.1 Sistema de tratamento de esgoto com ou sem emprego do tratamento químico	46

3.1.1.1 Estação de Recalque (ER-1)	47
3.1.1.2 Câmara de Tranquilização (CT) e Câmara Equipartidora de Vazão (CEV)...	47
3.1.1.3 Lagoas de Estabilização	47
3.1.1.3.1 Lagoa Anaeróbia1 (LA-1).....	47
3.1.1.3.2 Lagoa Anaeróbia 2 (LA-2).....	48
3.1.1.3.3 Lagoa Facultativa Existente (LF-E) também denominada Lagoa de Lodo .	49
3.1.1.3.4 Lagoa Facultativa 1 (LF-1)	50
3.1.1.3.5 Lagoa Facultativa 2 (LF-2).....	50
3.1.1.3.6 Sistema de Desinfecção do Efluente Final - Aplicação de ClO_2	51
3.1.1.3.7 Dados de Projeto da ETE	51
3.2 METODOLOGIA EMPREGADA	52
3.2.1 Ensaios Preliminares: <i>JAR TEST</i>	53
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	56
4.1 ENSAIOS PRELIMINARES	56
4.1.1 Cal Hidratada	56
4.1.2 Sulfato de Alumínio	57
4.1.3 Cloreto Férrico.....	57
4.1.4 Policloreto de Alumínio	58
4.2 O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ: CONSIDERAÇÕES GERAIS	61
4.2.1 Estação de Recalque (ER-1)	61
4.2.2 Câmara de Tranquilização (CT) e Câmara Equipartidora de Vazão (CEV).....	62
4.2.3 Lagoa Anaeróbia 1 (LA-1).....	62
4.2.4 Lagoa Anaeróbia 2 (LA-2).....	63
4.2.5 Lagoa Facultativa Existente (Lf-E) também denominada Lagoa de Lodo (L-L).	63
4.2.6 Lagoa Facultativa 1 (LF-1).....	64
4.2.7 Lagoa Facultativa 2 (LfF2)	65
4.2.8 Emissário.....	65
4.3 AVALIAÇÃO DO SISTEMA.....	66
4.3.1 Capacidade do Sistema: Vazão.....	66
4.3.2 Principais Parâmetros Estudados	67
4.3.2.1 Temperatura: °C.....	67
4.3.2.2 O pH	67

4.3.2.4 Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃).....	68
4.3.2.4 Cloretos: (mg/L) Cl	69
4.3.2.5 Oxigênio Dissolvido: (mg/L O ₂).....	70
4.3.2.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio: DBO (mg/L O ₂).....	70
4.3.2.7 Demanda Química de Oxigênio: DQO, (mg/L O ₂).....	71
4.3.2.8 Coliformes Totais: (NMP/100 mL).....	72
4.3.2.9 C. coli – <i>Escherichia coli</i> . (NMP/100 mL).....	73
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	75
5.1 CONCLUSÕES	75
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	90

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	FITOPLANCTON E ZOOPLANCTON IDENTIFICADOS NAS ESTAÇÕES 1 A 5 NA LAGOA DE OXIDAÇÃO DO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, ENTRE OS MESES DE AGOSTO A DEZEMBRO DO ANO DE 1979	10
QUADRO 2	FITOPLANCTON E ZOOPLANCTON IDENTIFICADOS NAS ESTAÇÕES 6 A 10 NA LAGOA DE OXIDAÇÃO DO STE DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, ENTRE OS MESES DE AGOSTO A DEZEMBRO DO ANO DE 1979.....	11
QUADRO 3	GÊNEROS DE ALGAS, POR CENTÍMETRO CÚBICO, NA SUPERFÍCIE (S) E NO FUNDO (F) DA LAGOA FACULTATIVA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SÃO PAULO.....	32
QUADRO 4	ALGAS POR mL – GÊNEROS EM MESES DIFERENTES NA LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO DO GUARÁ – BRASÍLIA, DF.....	32
QUADRO 5	ALGAS EM VÁRIOS NÍVEIS E EM DIFERENTES HORÁRIOS NA LAGOA DO GUARÁ - BRASÍLIA - 1972.....	33
QUADRO 6	GÊNEROS DE ALGAS PRESENTES NO FITOPLANCTON DE LAGOAS FACULTATIVAS (F) E DE MATURAÇÃO (M) NO PERÍODO DE 31.01.78 A 28.02.78.....	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	PARÂMETROS DE PROJETO E RESULTADOS OPERACIONAIS DE LAGOAS DAS CIDADES DE SOUTH AND NORTH DAKOTAS, EUA.....	19
TABELA 2	SISTEMAS DE TRATAMENTO, PERÍODO DE MONITORAMENTO E NÚMERO DE AMOSTRAS, TIPOS DE LAGOAS, VAZÕES E TEMPOS DE DETENÇÃO HIDRÁULICO NO STE, NO PERÍODO ENTRE OS ANOS DE 1984 A 1994, DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.....	19
TABELA 3	MÉDIAS DOS RESULTADOS DE DBO, DQO E SST, OBTIDAS NO STE, NO PERÍODO ENTRE OS ANOS DE 1984 A 1994, NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.....	20
TABELA 4	PARÂMETROS DE PROJETO DAS LAGOAS ANAERÓBIAS...	25
TABELA 5	DADOS OPERACIONAIS CORRELACIONANDO TEMPOS DE DETENÇÃO VARIÁVEIS COM REDUÇÕES DE DBO DE LAGOAS EM ISRAEL E AUSTRÁLIA, PARA TEMPERATURAS ACIMA DE 20° C.....	26
TABELA 6	PARÂMETROS DE PROJETO DAS LAGOAS FACULTATIVAS	29
TABELA 7	PRODUÇÃO DE PROTEÍNAS DE CULTURAS AGRÍCOLAS E AQUACULTURAS.....	36
TABELA 8	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS DA ETE DA SEDE DA CIDADE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC.....	52
TABELA 9	PARÂMETROS DE PROJETO DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC.....	52
TABELA 10	ENSAIO COM CAL HIDRATADA NOS EFLUENTES DA LA-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC.....	56
TABELA 11	ENSAIO COM SULFATO DE ALUMÍNIO NOS EFLUENTES DA LA-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC.....	57
TABELA 12	ENSAIO COM CLORETO FÉRRICO NOS EFLUENTES DA LA-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC.....	58
TABELA 13	ENSAIO COM POLICLORETO DE ALUMÍNIO NOS EFLUENTES DA LA-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC.....	59
TABELA 14	CORRELAÇÃO ENTRE PRODUTOS QUÍMICOS TESTADOS E AS RESPECTIVAS VANTAGENS OPERACIONAIS.....	60

TABELA 15	CORRELAÇÃO ENTRE PRODUTOS QUÍMICOS TESTADOS E AS RESPECTIVAS VANTAGENS OPERACIONAIS COM RELAÇÃO AO PREPARO E DOSAGEM DE SOLUÇÃO.....	60
TABELA 16	DOSAGENS DE SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO NOS AFLUENTES DA (LF-E) ASSIM COMO AS RESPECTIVAS VAZÕES, VOLUMES E TEMPOS DE RETENÇÃO HIDRAÚLICA PARA AS VAZÕES MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS EM CADA UMA DAS (LF-1), (LF-2) E (LF-E), DURANTE 623 HORAS, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999.....	91
TABELA 17	DOSAGENS DE SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO NOS AFLUENTES DA (LF-E) ASSIM COMO AS RESPECTIVAS VAZÕES, VOLUMES E TEMPOS DE RETENÇÃO HIDRAÚLICA PARA AS VAZÕES MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS EM CADA UMA DAS (LF-1), (LF-2) E (LF-E), DURANTE 670 HORAS, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999.....	92
TABELA 18	DOSAGENS DE SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO NOS AFLUENTES DA (LF-E) ASSIM COMO AS RESPECTIVAS VAZÕES, VOLUMES E TEMPOS DE RETENÇÃO HIDRAÚLICA PARA AS VAZÕES MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS EM CADA UMA DAS (LF-1), (LF-2) E (LF-E), DURANTE 664 HORAS, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000.....	93
TABELA 19	DOSAGENS DE SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO NOS AFLUENTES DA (LF-E) ASSIM COMO AS RESPECTIVAS VAZÕES, VOLUMES E TEMPOS DE RETENÇÃO HIDRAÚLICA PARA AS VAZÕES MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS EM CADA UMA DAS (LF-1), (LF-2) E (LF-E), DURANTE 585 HORAS, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 2000.....	94
TABELA 20	DOSAGENS DE SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO NOS AFLUENTES DA (LF-E) ASSIM COMO AS RESPECTIVAS VAZÕES, VOLUMES E TEMPOS DE RETENÇÃO HIDRAÚLICA PARA AS VAZÕES MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS EM CADA UMA DAS (LF-1), (LF-2) E (LF-E), DURANTE 653 HORAS, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000.....	95
TABELA 21	DOSAGENS DE SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO NOS AFLUENTES DA (LF-E) ASSIM COMO AS RESPECTIVAS VAZÕES, VOLUMES E TEMPOS DE RETENÇÃO HIDRAÚLICA PARA AS VAZÕES MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS EM CADA UMA DAS (LF-1), (LF-2) E (LF-E), DURANTE 722 HORAS, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000.....	96

TABELA 22	TEMPERATURA DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	97
TABELA 23	TEMPERATURA DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	97
TABELA 24	TEMPERATURA DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	97
TABELA 25	TEMPERATURA DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	98
TABELA 26	TEMPERATURA DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	98
TABELA 27	TEMPERATURA DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS 00MONITORADAS.....	98
TABELA 28	pH DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	99
TABELA 29	pH DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	99
TABELA 30	pH DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2), DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	99
TABELA 31	pH DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	100
TABELA 32	pH DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	100

TABELA 33	pH DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	100
TABELA 34	ALCALINIDADE TOTAL DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	101
TABELA 35	ALCALINIDADE TOTAL DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	101
TABELA 36	ALCALINIDADE TOTAL DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	101
TABELA 37	ALCALINIDADE TOTAL DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	102
TABELA 38	ALCALINIDADE TOTAL DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	102
TABELA 39	ALCALINIDADE TOTAL DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	102
TABELA 40	CLORETOS DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	103
TABELA 41	CLORETOS DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	103
TABELA 42	CLORETOS DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	103
TABELA 43	CLORETOS DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	104

TABELA 44	CLORETOS DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	104
TABELA 45	CLORETOS DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	104
TABELA 46	OXIGÊNIO DISSOLVIDO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	105
TABELA 47	OXIGÊNIO DISSOLVIDO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	105
TABELA 48	OXIGÊNIO DISSOLVIDO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	105
TABELA 49	OXIGÊNIO DISSOLVIDO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	106
TABELA 50	OXIGÊNIO DISSOLVIDO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONIOTRADAS.....	106
TABELA 51	OXIGÊNIO DISSOLVIDO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	106
TABELA 52	DEMANDA BIIQUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS...	107
TABELA 53	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS LF-E, LF-1 E LF-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	107
TABELA 54	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS LF-E, LF-1 E LF-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 1999 E MONITORADAS.....	107

TABELA 55	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	108
TABELA 56	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS....	108
TABELA 57	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	108
TABELA 58	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	109
TABELA 59	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS....	109
TABELA 60	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	109
TABELA 61	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS LF-E, LF-1 E LF-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE ANÁLISES REALIZADAS.....	110
TABELA 62	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS...	110
TABELA 63	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	110
TABELA 64	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO de AMOSTRAS MONITORADAS....	111
TABELA 65	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS...	111

TABELA 66	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	111
TABELA 67	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100MI) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF- 2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	112
TABELA 68	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS LF-E, LF-1 E LF-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	112
TABELA 69	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	112
TABELA 70	C. coli – <i>Escherichia Coli.</i> (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	113
TABELA 71	C. coli – <i>Escherichia Coli.</i> (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS...	113
TABELA 72	C. coli – <i>Escherichia Coli.</i> (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 1999 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	113
TABELA 73	C. coli – <i>Escherichia Coli.</i> (NMP/100mL) OS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE JANEIRO DO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	114
TABELA 74	C. coli – <i>Escherichia Coli.</i> (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE FEVEREIRO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE ANÁLISES REALIZADAS.....	114
TABELA 75	C. coli – <i>Escherichia Coli.</i> (NMP/100mL) DOS ESGOTOS BRUTOS E NAS (LF-E), (LF-1) E (LF-2) DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, NO MÊS DE MARÇO DO ANO DE 2000 E NÚMERO DE AMOSTRAS MONITORADAS.....	114

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Alcalinidade Total, mg/L CaCO_3

“Becker” recipiente de vidro com volume útil de 1 (um) litro onde coloca-se amostras de efluentes a serem submetidos a ensaios denominados “Jar Test”.

CaCO_3 – Carbonato de Cálcio

Ca(OH)_2 – Cal: hidróxido cálcio utilizado como coagulante

CASAN – Companhia Catrinense de Águas e Saneamento

(C-BP) – Canal By-Pass em forma de “U” onde é realizada a medição de vazão dos efluentes tratados na ETE e feita a dosagem da solução de dióxido de cloro.

C. coli – *Escherichia coli* em NMP/100mL

(CD-CF) – Caixa de Dosagem da solução de Cloreto Férrico onde são reunidos todos os efluentes das (LA-1 e LA2) e dosada a solução de cloreto férrico assim como está localizado o ponto de coleta de amostras 5.1 (P-5.1)

(CDO-CF) ou (CP-EC) – Caixa de dosagem Opcional da solução de Cloreto Férrico também denominada Caixa de Passagem do Efluente da Coagulado.

(CE-2) - Caixa Extravasora 2 situada na (LA-1)

(CE-3) - Caixa Extravasora 3 situada na (LA-1)

(CE-4) - Caixa Extravasora 4 situada na (LA-2)

(CE-5) - Caixa Extravasora 5 situada na (LA-2)

(CE-6) - Caixa Extravasora 6 situada na (LF-1)

(CE-7) - Caixa Extravasora 7 situada na (LF-1)

(CE-8) - Caixa Extravasora 8 situada na (LF-E)

(CE-8.1) - Caixa Extravasora 8.1 situada na (LF-E)

CELESC S/A – Centrais Elétricas de Santa Catarina Sociedade Anônima.

(CE-TQ2) – Caixa Extravasora para Tratamento Químico situada na (LA-1)

(CE-TQ3) – Caixa Extravasora para Tratamento Químico situada na (LA-1)

(CE-TQ4) – Caixa Extravasora para Tratamento Químico situada na (LA-2)

(CE-TQ5) – Caixa Extravasora para Tratamento Químico situada na (LA-2)

(CEV) – Câmara Equipartidora de Vazão situada a jusante da Câmara de Tranquilização.

(ClO_2) - Dióxido de Cloro: oxidante utilizado como desinfectante dos esgotos tratados.

Coli. Totais em **NMP/100mL**

Cor, em mg/L PtCo

(CP-TQ) – Caixa de Passagem para Tratamento Químico recebe os efluentes das (CE-TQ2), (CE-TQ3) e (CE-TQ4).

(CQ) – Casa de Química (container) onde ficam armazenados **HCl** e **NaOCl₂** assim como é preparada a solução de dióxido de cloro para ser dosada no (C-BP).

(CT) - Câmara de Tranquilização

DBO _{5d, 20° C} – Demanda Bioquímica de Oxigênio em cinco dias a vinte graus centrígrados. (Brasil).

DBO _{7d, 20° C} – Demanda Bioquímica de Oxigênio em cinco dias a vinte graus centrígrados. (Noruega).

(ER-1) – Estação de Recalque 1 situada a margem esquerda do rio Camboriú.

FeCl₃ – Cloreto Férrico: coagulante utilizado, em solução, no tratamento químico dos efluentes das (LA-1 e LA-2)

HCl - Ácido Clorídrico utilizado na fabricação do Dióxido de Cloro.

“**Jar Test**” - Equipamento utilizado para realização dos ensaios de coagulação-floculação e decantação.

(LA-1) – Lagoa Anaeróbia 1

(LA-2) – Lagoa Anaeróbia 2

(LF-1) – Lagoa Facultativa 1

(LF-2) – Lagoa Facultativa 2

(LF-E) – Lagoa Facultativa Existente, é a lagoa inicial do STE que no projeto original foi designada como Lagoa de Oxidação, e posteriormente foi denominada Lagoa de Lodo.

(L-L) – Lagoa de Lodo denominação dada a Lagoa Facultativa Existente (LF-E) quando a última passou a receber os afluentes do tratamento químicos já coagulados e onde ocorrem os processos de floculação e decantação resultando em um efluente clarificado que alimenta as (LF-1 e LF-2).

Método **COLILERT** – Utilizado para determinação de coliformes.

(P-1) Ponto de coleta de amostras 1 de esgotos bruto situado na (CT)

(P-2) Ponto de coleta de amostras 2 de efluentes da (LA-1) situado na (CE-2)

- (P-3) Ponto de coleta de amostras 3 de efluentes da (LA-1) situado na (CE-3)
- (P-4) Ponto de coleta de amostras 4 de efluentes da (LA-1) situado na (CE-4)
- (P-5) Ponto de coleta de amostras 5 de efluentes da (LA-2) situado na (CE-5)
- (P-6) Ponto de coleta de amostras 6 de efluentes da (LF-1) situado na (CE-6)
- (P-7) Ponto de coleta de amostras 7 de efluente das (LF-2) situado na (CE-7)
- (P-8) Ponto de coleta de amostras 8 de efluente das (LF-E ou L-L) situado na (CE-8)
- (P-8.1) Ponto de coleta de amostras 8.1 de efluentes da (LF-E ou l-1) situado na (CE-8.1).
- (P-9) Ponto de coleta de amostras 9 dos efluentes das (LF-1 e LF-2) situado no (PV-3).
- (PV-1) – Poço de Visita 1 recebe os efluentes da (LF-1) e é interligado ao (PV-2)
- (PV-2) – Poço de Visita 2 situado entre os (PV-1) e (PV-3)
- (PV-3) – Poço de Visita 3 recebe os efluentes das (LF-1 e LF-2) e onde inicia-se o emissário e dosa-se quando necessário o anteespumante.
- (PV-4) – Poço de Visita 4 recebe os efluentes do (PV-3) com ou sem anti-espumante.
- (PV-5) – Poço de Visita 5 recebe os efluentes tratados com ou sem dosagem de cloreto férrico e/ou anti-espumante.
- (PV-10) – Poço de Visita 10 é o último poço de visita do emissário final dos esgotos tratados com ou sem doseagem de cloreto férrico e/ou anteespumante.
- (R-1) – Registro 1 situado contiguamente a (CE-2) na (LA-1)
- (R-2) – Registro 2 situado no dique comum entre as (LA-1) e (LA-2)
- (R-3) – Registro 3 situado contiguamente a (CE-4) na (LA-1)
- (R-4) – Registro 4 situado contiguamente a (CE-8) na (LF-E ou L-L)
- (R-5) – Registro 5 situado no dique comum entre as (LF-1) e (LF-2)
- (R-6) – Registro 6 situado contiguamente a (CE-6) na (LF-1)
- (R-7) – Registro 7 situado contiguamente a (CE-7) na (LF-2)
- (SS) – Sólidos Sedimentáveis em mL/L
- STE – Sistema de Tratamento de Esgoto
- “Stop-log”** – Caixa de alvenaria com pranchas de vadação removíveis
- STWWE** – Standard Methods for Water and Wastewater Examination
- UNT** – Unidade Nefelométrica de Turbidez

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	LAGOA DE OXIDAÇÃO DO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, SEM CULTIVO DE AGUAPÉ, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1979.....	8
FIGURA 2	LAGOA DE OXIDAÇÃO DO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, COM CULTIVO DE AGUAPÉ, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1981.....	9
FIGURA 3	DEPÓSITO DE SOLUÇÃO DE NaOH UTILIZADA PARA ATENUAÇÃO DE ODOR NAS LAGOAS ANAERÓBIAS DDO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE, SC. (10/12/1999).....	24
FIGURA 4	MEDIDOR DE VAZÃO DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS E BOMBA DOSADORA DA NaOH PARA ATENUAÇÃO DE ODORES DAS LAGOAS ANAERÓBIAS DO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE, SC, (10/12/1999).....	25
FIGURA 5	LAY-OUT DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE NORDSETER (NORUEGA).....	40
FIGURA 6	FLUXOGRAMA DO TRATAMENTO BIOLÓGICO E QUÍMICO DOS ESGOTOS SEM E COM DOSAGENS DE CLORETO FÉRRICO, ANTI-ESPUMANTE E DIÓXIDO DE CLORO.....	116
FIGURA 7	GRUPO GERADOR INSTALADO NA (ER-1).....	117
FIGURA 8	ESTAÇÃO DE RECALQUE 1 (ER-1).....	118
FIGURA 9	MEDIDOR, REGISTRADOR DA VAZÃO DE ESGOTO BRUTO.	119
FIGURA 10	BARRILETE SITUADO NA LINHA DE RECALQUE DA (ER-1)...	119
FIGURA 11	GRUPO GERADOR INSTALADO NA (ER-1).....	120
FIGURA 12	CÂMARA DE TRANQUILIZAÇÃO (CT) E CÂMARA EQUIPARTIDORA DE VAZÃO (CEV).....	120
FIGURA 13	LAGOA ANAERÓBIA 1 (LA-1): PASSARELAS DE ACESSO AS (CE-2 E CE-3) E SOBRENADANTES.....	121
FIGURA 14	LAGOA ANAERÓBIA 2 (LA-2): PASSARELAS DE ACESSO AS (CE-4 E CE-5) E CONTIGUAMENTE A (CE-4) A CAIXA DO (R-3).....	121
FIGURA 15	LAGOA ANAERÓBIA 2 (LA-2) PASSARELA DE ACESSO A (CE-4) E A CAIXA DO (R-3), AO FUNDO A LAGOA ANAERÓBIA 1 (LA-1) E AS (CE-TQ2, CE-TQ3 E CE-TQ4).....	122
FIGURA 16	LAGOA ANAERÓBIA 2 (LA-2): CAIXA EXTRAVASORA PARA TRATAMENTO QUÍMICO (CE-TQ5).....	122

FIGURA 17	CAIXA DE DOSAGEM DA SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO (C-TQ) NOS EFLUENTES DAS (LA-1 E LA-2).....	123
FIGURA 18	NO CÔNE IMHOFF, A ESQUERDA, NA PARTE SUPERIOR ENCONTRA-SE UMA PENEIRA QUE RETEM ALGAS E SOB A MESMA VERIFICA-SE O LÍQUIDO CLARIFICADO ENQUANTO QUE NO CÔNE DA DIREITA VERIFICA-SE NO FUNDO “LODO” DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTRO DA ETA” E ACIMA DO MESMO O LÍQUIDO CLARIFICADO.....	123
FIGURA 19	VISTA DE UM CÔNE IMHOFF NO QUAL NA PARTE SUPERIOR ENCONTRA-SE UMA PENEIRA QUE RETEM ALGAS E SOB A MESMA O LÍQUIDO.....	124
FIGURA 20	GALPÃO DA CAIXA DE DOSAGEM DA SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO ONDE REALIZA-SE “JAR TEST”, TANQUE DE ARMAZENAMENTO E ESTOCAGEM E TANQUE DE DOSAGEM DA SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO.....	124
FIGURA 21	“JAR TEST” REALIZADO EM CAMPO COM DOSAGEM DE SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO NOS EFLUENTES DAS (LA-1 E LA-2).....	125
FIGURA 22	(LF-E) OU (L-L), SOBRENADANTES, (CE-8) E PASSARELA DE ACESSO A MESMA, E LÍQUIDO CLARIFICADO QUE É CONDUZIDO PARA A (LF-2).....	125
FIGURA 23	EFLUENTE CALRIFICADO NA (LF-E) OU (L-L) E COLETADO NA (CE-8.1) E SOBRENADANTES.....;	126
FIGURA 24	EFLUENTE CLARIFICADO NA (LF-E) OU (L-L) SENDO CONDUZIDO ATRAVÉS DA (CE-8.1) PARA A (LF-1).....	126
FIGURA 25	EFLUENTE DA (LA-1) LANÇADO NA (LF-1), VEGETAÇÃO AQUÁTICA E ESPUMA.....	127
FIGURA 26	(LF-2), (CE-7) E PASSARELA DE ACESSO A MESMA E A CAIXA DO (R-3).....	127
FIGURA 27	(PV-1) RECEBE OS EFLUENTES DA (LF-2).....	128
FIGURA 28	(PV-2) INTERLIGA O (PV-1) AO (PV-3).....	128
FIGURA 29	(PV-3) RECEBE OS EFLUENTES DAS (LF-1 E LF-2) E ONDE, QUANDO NECESSÁRIO É DOSADO O ANTI-ESPUMENTE.....	129
FIGURA 30	CANAL BY-PASS, ONDE É MEDIDA A VAZÃO E DOSADO O DIÓXIDO DE CLORO, GRADE DE ACESSO AO MESMO.....	129
FIGURA 32	CASA DE QUÍMICA (C.Q.) ONDE É ARMAZENADO E ESTOCADO O ÁCIDO CLORÍDRICO, O CLORITO DE SÓDIO E OS EQUIPAMENTOS DESTINADOS A FABRICAÇÃO E DOSAGEM DE DIÓXIDO DE CLORO PARA SER APLICADO NO CANAL BY-PASS (C.B.P.).....	130

FIGURA 33	(CE-TQ2) NA LAGOA ANAERÓBIA 1(LA-1).....	131
FIGURA 34	(CE-TQ3) NA LAGOA ANAERÓBIA 1 (LA-1).....	131
FIGURA 35	A ESQUERDA DA ENTRADA DA ETE CERCA VIVA (SANSÃO DO CAMPO).....	132
FIGURA 36	PÁTIO DE ACESSO A ETE.....	132
FIGURA 37	TRATAMENTO PRELIMINAR: CÂMARA DE TRANQUILIZAÇÃO (CT) E EXTRAVAZOR.....	133
FIGURA 38	TRATAMENTO PRELIMINAR: GRADE COM OPERAÇÃO MANUAL (RASTELO).....	134
FIGURA 39	TRATAMENTO PRELIMINAR: CAIXA DE AREIA ELETROMECHANIZADA.....	135
FIGURA 40	CANAL DE DISTRIBUIÇÃO DOS ESGOTOS NA (LA-1) E CANAL CONDUTOR DOS EFLUENTES PARA A CAIXA EXTRAVAZORA QUE ALIMENTA EM SÉRIE A (LF-1) DO S.T.E. QUE ATENDE PARTE DOS MUNICÍPIOS DE FLORIANÓPOLIS (CONTINENTAL) E SÃO JOSÉ, SITUADO NO ÚLTIMO E DENOMINADO FORQUILHINHAS.....	136

RESUMO

O trabalho foi realizado com base nas pesquisas com os coagulantes Cloreto Férrico, Sulfato de Alumínio, Cal e Policloreto de Alumínio, resultando na aplicação do primeiro nos efluentes das lagoas anaeróbias e sendo o processo de floculação-decantação e clarificação ocorrido na L-L. O sistema de tratamento de esgotos sanitários da sede do município de Balneário Camboriú é constituído por um conjunto de lagoas de estabilização, composto por dois módulos, sendo que o primeiro compreende a Lagoa Anaeróbia 1, secundada pela Lagoa Facultativa 1, e o segundo pela Lagoa Anaeróbia 2, seguida pela Lagoa Facultativa Existente, que, durante o processo de tratamento químico, dosagem de solução de Cloreto Férrico (FeCl_3) passa a ser designada de Lagoa de Lodo, e por último a Lagoa Facultativa 2. Com a dosagem de solução de Cloreto Férrico (FeCl_3), nos meses de janeiro, fevereiro e março dos anos de 1999 e 2000, conseguiu-se tratar uma carga orgânica de aproximadamente 16.547 kg DBO_5 /dia o que não seria exequível se o referido sistema continuasse sendo operado apenas biologicamente, tendo em vista que ele foi projetado para uma carga máxima de 7.162 kg DBO_5 /dia, correspondente a aproximadamente 250.000 habitantes. Os principais resultados das médias dos valores médios nos pontos de coleta das amostras analisadas e examinadas P1 (esgotos bruto), P6 (efluentes da LF-1) e P7 (LF-2), foram respectivamente para temperatura em $^{\circ}\text{C}$, (26,68, 26,04 e 26,38); pH (7,50, 7,04 e 7,28); alcalinidade total, em mg/L, CaCO_3 (253,73, 161,88 e 169,18); cloreto, em mg/L, Cl (97,90, 139,42, 131,76); oxigênio dissolvido, em mg/L, O_2 (0,00, 1,69, 2,77); DBO_5 , em mg/L, O_2 (303,62, 64,66, 53,15); DQO , em mg/L, O_2 (416,36, 178,35, 171,38); coliformes totais, em NMP/100mL ($1,89 \times 10^{11}$, $6,54 \times 10^9$, $6,22 \times 10^5$); *C. fecalis - Escherichia coli*, em NMP/100mL ($2,68 \times 10^{10}$, $8,71 \times 10^7$, $1,32 \times 10^5$); as médias das médias das vazões dos efluentes tratados, as dosagens do coagulante e o tempo de retenção hidráulica no reator L-L foram respectivamente 149,43 L/s e 197,76 mg/L FeCl_3 e 1,23 dias.

ABSTRACT

This work was accomplished with base in researches with coagulants Ferric Chloride, Aluminium Sulphate, Calcium Hydroxide and Poli Aluminium Chloride resulting in the application of the first in the effluents of the anaerobic ponds having the flocculation, sedimentation and clarification process happened in the (L-L). The municipal district of Balneário Camboriú sewage treatment system is constituted by a set of stabilization ponds composed by two modules, the first one comprehends Anaerobic 1 Pond followed by Facultative Pond 1, and the second one comprehends Anaerobic Pond 2 followed by the Existent Facultative Pond 2, that during the chemical process, dosage of solution of Ferric Chloride, turns its denomination to Pond of Mud for the last the Facultative Pond 2. With the Ferric Chloride dosage during the months of January, February and March, of the years of 1999 and 2000 it was possible to treat an organic load of approximately 16.547 kg BOD/day, corresponding to approximately 250,000 inhabitants, what wouldn't be possible to accomplish if this refered system had been operated only biologically because was designed for maximum load of 7.162 kg BOD₅/day. The main results of the average of medium values in the points of collection of the analised and examined samples P1 (untreated sewage), P6 (effluents of LF-1) and P7 (effluents of LF-2), went respectively to temperature, in °C (26,68, 26,04 and 26,38); pH (7,50, 7,04 and 7,28), total alkalinity, in mg/L CaCO₃, (253,73, 161,88 e 169,18); chloride, mg/L Cl, (97,90, 139,42 e 131,76); dissolved oxygen, in mg/L O₂, (0,00, 1,69 and 2,77); BOD in mg/L O₂, (303,63, 64,66 and 53,15); COD in mg/L O₂, 416,36, 178,35 and 171,38); total coliformes, in NMP/100mL, (1,89x10¹¹; 6,54x10⁹ and 6,22x10⁵); and fecal C. Escherichia coli in NMP/100ml, (2,68x10¹⁰, 8,71x10⁷ and 1,32x10⁵) and the averages of the flow of the treated effluents, the dosage of the coagulants and time of hydraulic retention in the reactor (L-L), were respectively 149,43 L/s and 197,76 mg/L FeCl₃ and 1,23 days.

1 INTRODUÇÃO

Nas áreas litorâneas (praias) e interiores (estâncias hidrominerais, hotéis fazenda e outros) do Brasil, onde se desenvolvem atividades turísticas, tem-se, em geral, como um dos principais problemas a solucionar, a disposição de esgotos, em decorrência da oscilação da demanda de água, e a respectiva produção deles.

Em geral, as implantações de obras, principalmente, as de esgotos domésticos, são muito onerosas, de execução lenta e com retorno de capital em longo prazo. Também não acompanham as demandas das comunidades, especialmente em áreas turísticas, sendo Balneário Camboriú, uma exceção no Estado de Santa Catarina.

Nesse município, pertencente à microrregião denominada Litoral do Vale do Itajaí, há desenvolvimento crescente decorrente de atividades turísticas, sobretudo nos períodos de alta temporada, isto é, entre os meses de janeiro, fevereiro e março, correspondentes à estação de verão, quando acontece grande afluxo de turistas nacionais e estrangeiros.

O turismo é a maior fonte de renda e proporciona em conseqüência a criação de novos empregos, originados de exploração de bares, restaurantes, lanchonetes, supermercados, armazéns, mercearias, hotéis, comércio de imóveis, artigos de praia, lojas de vestuário, lazer e outros, assim como pelo desenvolvimento acentuado da construção civil.

Esse município possui uma área de 50 km² e está situado na região da Foz do Rio Itajaí, Latitude de 26°59'05" S, Longitude 48°39'30" W. Gr. e altitude de 2 metros (TECNOSAN ENGENHARIA S/A, 1980).

O Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários (STE) que atende a cidade teve sua operação iniciada em 1976, quando foi implantada uma Lagoa de Estabilização, que foi posteriormente designada de Lagoa Facultativa Existente (LF-E), a qual a partir do início do tratamento químico (1999) foi renomeada como Lagoa de Lodo (L-L).

A implantação das obras do atual sistema de esgotos sanitários foi iniciada no ano de 1982 e concluída em 1985, para atender na 1ª etapa a uma população fixa de 33.162 habitantes e uma flutuante de 99.484, totalizando, portanto, 132.646 habitantes, conforme projeto elaborado pela Tecnosan Engenharia S/A (1981).

Entre os anos de 1996 e 1997, implantou-se a 2ª etapa da rede coletora de esgotos sanitários, quando houve um incremento de 50% da existente até então. Em consequência, ocorreu um incremento substancial de vazão, a tal ponto que se tornou imprescindível executar obras da 2ª etapa do Sistema de Tratamento ou ser estudado uma alternativa técnico-econômica para o atendimento a contento da população, esgotável na rede coletora em operação.

No ano de 1998, retornou-se ao estudo das alternativas de tratamento dos esgotos, através de aplicação de produtos químicos nos efluentes das lagoas anaeróbias e das facultativas. Isso aconteceu, tendo em vista que o sistema de tratamento, operando apenas biologicamente, não tinha condições de atender a demanda prevista para os anos de 1999 e 2000, nos meses de janeiro fevereiro e março, devido principalmente ao afluxo das respectivas populações flutuantes.

De acordo com o IBGE, no último Censo, ano de 2000, a população fixa de Balneário Camboriú era de 73.266 habitantes, toda concentrada na área urbana, enquanto que a estimada pela CASAN para os meses de janeiro a março de 2001 era de aproximadamente 211.968 habitantes. Assim sendo, a população flutuante no último verão ficou em torno de 137.702 habitantes.

Por sua vez, a rede coletora da cidade possuía uma extensão de 104.507 m, com 7.765 ligações, que correspondiam a 40.247 economias no mês de maio do ano 2001, segundo a CASAN.

Nas áreas não atendidas por essa rede de esgotos, os mesmos são tratados por meio de fossas sépticas, secundadas por sumidouros ou filtros anaeróbios e sumidouros. É preciso salientar que em alguns casos os esgotos são lançados através de ligações clandestinas nas galerias de águas pluviais que deságuam no rio Camboriú, no Canal Marambaia e no mar, prejudicando de certo modo a balneabilidade das praias.

As alternativas estudadas com emprego de produtos químicos consistiram na realização de *Jar Test* em laboratório da CASAN, situado no referido município, com amostras de efluentes brutos das lagoas anaeróbias e das facultativas. Foram utilizadas dosagens de soluções de Cloreto férrico (FeCl_3), sulfato de alumínio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e outros, sendo que as amostras antes e após os referidos ensaios foram submetidas a análises físico-químicas e exames bacteriológicos.

Assim, das alternativas estudadas, concluiu-se que para o tratamento químico deveria ser dosada a solução de (FeCl_3) nos efluentes das lagoas anaeróbias, tendo em vista que a referida solução foi a que apresentou maiores vantagens operacionais, ambientais e econômicas. Outras soluções foram testadas das quais destacaram-se as de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ambas factíveis de serem adotadas.

Com a adoção de tal medida, foi possível a partir de janeiro de 1999 o atendimento das populações fixas e flutuantes nos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, meses em que ocorreram grandes afluxos de turistas para a sede do município de Balneário Camboriú.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Estudar e apresentar alternativas para tratamento de esgotos domésticos mediante o uso de produtos químicos associados ao tratamento biológico, especialmente, em lagoas de estabilização.

1.1.2 Objetivos Específicos

a) realizar ensaios empregando soluções com várias concentrações de coagulantes e auxiliares de coagulação para determinação de dosagem ótima de cada um deles em efluentes de lagoas de estabilização;

b) avaliar a eficiência no processo de tratamento, em função do emprego dos produtos químicos dosados, no que diz respeito aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, e adotar a mais adequada em termos operacionais e de custos;

c) pesquisar e avaliar alternativas de tratamento de esgotos domésticos, para o atendimento de população fixa e flutuante, nos meses de janeiro, fevereiro e março, da sede do município de Balneário Camboriú, SC, utilizando os produtos químicos sulfato de alumínio, cal hidratada, cloreto férrico e policloreto de alumínio nos efluentes domésticos tratados nas lagoas de estabilização anaeróbias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

2.1.1 HISTÓRICO

De acordo com Hickling, citado por Gloyna (1973), na Europa, assim como na China, têm sido utilizados certos tipos de lagoas de estabilização desde muito antes da Idade Moderna. Parece que os gregos construíram lagoas de criação de peixes em Agrigento (Sicília) e que, também, durante o século XIX, utilizaram-nas na Europa central com notável êxito.

Uma das primeiras comunidades (senão a primeira) a utilizar lagoas de estabilização foi à cidade de San Antonio, Texas, EUA, para tratar águas residuárias, datando do ano de 1901. Segundo Smallhorst, citado por Silva e Mara (1979), e de acordo com Gloyna (1973), tal lagoa tem 275 ha, uma profundidade média de 1,4 m, aproximadamente, e é conhecida atualmente com o nome de Mitchell Lake, estando ainda em serviço.

No ano de 1911, havia também uma lagoa de estabilização, destinada a tratar águas residuárias domésticas, em uma comunidade de 2.730 pessoas, do Estado de Montana, EUA (BRINK, 1961 apud SILVA e MARA, 1979).

A partir do ano de 1911, iniciou-se o emprego de lagoas de estabilização, no Condado de San Benito, Califórnia, EUA, construída por Betterweet, para tratar águas residuárias de estações de bombeamento de petróleo de unidades geradoras de vapor e domésticas, segundo Oswald, citado por Silva e Mara (1979).

Segundo Azevedo Netto e Hess (1970), a aplicação de lagoas de estabilização, como tratamento secundário e terciário no sudoeste dos EUA, remonta ao ano de 1920.

No ano de 1924, segundo Caldwell, citado por Silva e Mara (1979), na cidade de Santa Rosa, EUA, foram construídos leitos de cascalho descobertos, que eram utilizados como filtros naturais para tratar os esgotos, que em seguida entupiram. Transformaram-se, então, em uma lagoa cujos detritos tinham qualidade semelhante à de um filtro biológico, não apresentando odor, podendo ser facilmente clorados.

No ano de 1928, foi iniciada a operação da primeira lagoa que se tem notícia, tendo sido construída na cidade de Fesseden, Estado de Dakota do Norte, EUA, conforme Silva e Mara (1979).

De acordo com Azevedo Netto e Hess (1970), desde o ano de 1940, na Austrália, as lagoas anaeróbias vêm sendo investigadas juntamente com as lagoas aeróbias de estabilização. Durante a 2ª Guerra Mundial (1942 a 1944) algumas foram construídas para tratamento de efluentes de acampamentos e instalações militares (tratamento secundário). Após o término da citada guerra, tais lagoas foram executadas para receber dejetos primários em pequenas comunidades.

Segundo Svore, Towne e Horning, citados por Silva e Mara (1979), a primeira lagoa a ser construída nos Estados Unidos, seguindo os princípios técnicos até então disponíveis, foi a da cidade de Maddock, na Dakota do Norte, sendo que a mesma foi executada no ano de 1948 de acordo com Azevedo Netto e Hess (1970).

Segundo Parker et al., citado por Silva e Mara (1979), foram realizados estudos em lagoas de estabilização-piloto, próximas à cidade de Melbourne, na Austrália, que proporcionaram a implantação de similares, em larga escala, para tratamento de águas residuárias no referido país.

De acordo com Sena (1961), um dos problemas mais importantes que surgiu a partir da formação dos aglomerados populacionais foi e é: a coleta, transporte e disposição de seus resíduos, principalmente, os líquidos. Vem dos tempos bíblicos o conceito de que nenhum animal pode viver demasiadamente perto dos despejos do seu próprio corpo.

Sena (1961) cita que Hopkins and Neel (1957), no ano de 1951, iniciaram estudos nas lagoas das cidades dos Estados das Dakotas (North and South) e, baseados em seus relatórios, a partir do ano de 1954, foram feitos estudos pelos engenheiros da cidade de Kearney, Nebraska, Departamento Estadual de Saúde e a Seção da Bacia do Missouri do USPHS.

Ainda, segundo Sena (1961), no ano de 1955, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center em Cincinnati, Ohio, estabelecia um vasto programa de estudos nas lagoas das duas Dakotas (North and South).

No ano de 1956, já havia cerca de 345 instalações nos EUA, servindo cidades e vilas, tratando águas residuárias brutas, ou efluentes de um tratamento, e outras estavam em estudo (FRENCH, 1956; HOPKINS et al., 1956; SMALLHORST et al., 1956 apud SILVA e MARA, 1979).

Na Nova Zelândia, de acordo com Collom, citado por Silva e Mara (1979), uma lagoa de 445 hectares foi construída para tratar o efluente de uma estação de tratamento de águas residuárias convencional, utilizando filtros biológicos. Essa lagoa foi dimensionada para receber uma vazão de 125.400 m³ de água residuária por dia na época de estiagem.

No ano de 1957, a cidade de Melbourne, Austrália, utilizava uma área de 304 hectares para lagoas de estabilização para tratamento de suas águas residuárias e planejava acrescentar às mesmas mais 20 hectares a cada ano (HODGSON, 1958 apud SILVA e MARA, 1979).

No ano de 1957, os Departamentos de Saúde Pública dos Estados de Dakota do Norte e Dakota do Sul dos EUA publicaram um relatório conjunto sobre a eficiência das lagoas existentes naqueles estados, mencionando textualmente:

A redução da concentração da DBO variou de 74 a 98% durante o período em que a superfície da lagoa não estava congelada, e de 70 a 96% quando a mesma se apresentava congelada. A redução do número de bactérias existentes nas águas residuárias determinada pelo método NMP sempre foi maior que 99% durante 50 % do tempo, e, com exceção de determinados períodos de amostragem em duas lagoas, sempre foi igual ou maior do que 95%, durante todo o tempo. O reduzido custo 'per capita' de construção e operação das lagoas de estabilização, comparado àqueles dos métodos convencionais de tratamento de águas residuárias, é a principal razão de sua popularidade, principalmente junto às pequenas comunidades (SILVA e MARA, 1979).

Parker et al., citado por Azevedo Netto e Hess (1970), desenvolveram na Austrália a técnica de tratamento com lagoas anaeróbias seguidas de lagoas aeróbias, conseguindo maior eficiência em menor área. A experiência australiana apresentou os seguintes resultados médios anuais com temperaturas médias: no inverno (11° C) e no verão (20° C), para as lagoas anaeróbias 500 a 765 kg DBO ha/dia e 10 a 110 kg DBO ha/dia, assim como a relação ótima entre as áreas das lagoas anaeróbias/facultativas é 1:5.

Em 1960, no Brasil, conforme Azevedo Netto e Hess (1970), o primeiro sistema de tratamento de esgoto através de lagoas de oxidação foi posto em operação na cidade de São José dos Campos, São Paulo, pela Fundação Serviço Especial de

Saúde Pública (F.S.E.S.P), do Ministério da Saúde, atualmente Fundação de Nacional de Saúde FUNASA).

Esse sistema tinha por objetivo conhecer o comportamento das lagoas de oxidação e obter dados necessários aos projetos, prática que em geral não é utilizada por alguns projetistas. Era constituído de dois módulos, o 1º com uma lagoa anaeróbia de 4,24 ha e o outro com uma lagoa anaeróbia de 0,72 ha, seguida por uma lagoa facultativa de 2,16 ha. O segundo módulo entrou em operação em dezembro de 1960 e o tratamento preliminar constava de gradeamento e caixa de areia.

As lagoas anaeróbia e facultativa operavam com a mesma profundidade, isto é, 1,00 m, e os tempos de detenção eram respectivamente de 4,5 e 13 dias.

Foram adotadas as cargas de DBO nas lagoas anaeróbia e facultativa, respectivamente, de 730 kg/ha.dia (equivalente a 73 g/m³) e 106 kg/ha.dia (equivalente a 10,6 g/m³), para uma vazão média de 19 L/s (1641,6 m³/dia).

A população esgotada era cerca de 11.700 habitantes e os esgotos brutos e efluentes da lagoa anaeróbia apresentavam em média respectivamente: DBO de 320 e 145 mg/L; NMP médio de 77x10⁶/100 mL e 37,8x10³/100 mL; resultado global de redução de DBO e Coliformes respectivamente de 95,5% e 99,9%.

Segundo Bugay (1985), no Estado de Santa Catarina, a primeira lagoa de estabilização foi construída no ano de 1978, para tratar os esgotos da sede do município de Balneário Camboriú, e a partir do ano de 1985 passou a ser denominada - Lagoa Facultativa Existente (LF-E). No referido ano, foram implantadas duas lagoas anaeróbias e duas lagoas facultativas, que até hoje estão em operação.

No sistema de tratamento de esgotos sanitários da sede do município de Balneário Camboriú, Estado de Santa Catarina, entre os anos de 1979 a 1982, foram desenvolvidos os primeiros experimentos no sentido de produzir biogás e polimento dos efluentes tratados na Lagoa de Oxidação, conforme Figura 1.

Em 14 de setembro do ano de 1979, foi introduzido o aguapé (*Eichornia crassipes*), no espelho da água, em uma superfície de 20 m², sendo que, após seis meses, a lagoa ficou plena desta macrófita. Isto é, ocupando uma área de 13.120 m², obteve-se na oportunidade, resultados bastante satisfatórios, assim como se formou um criatório de aves e aparecimento de cobras (FASANARO et al, 1982), conforme Figura 2.

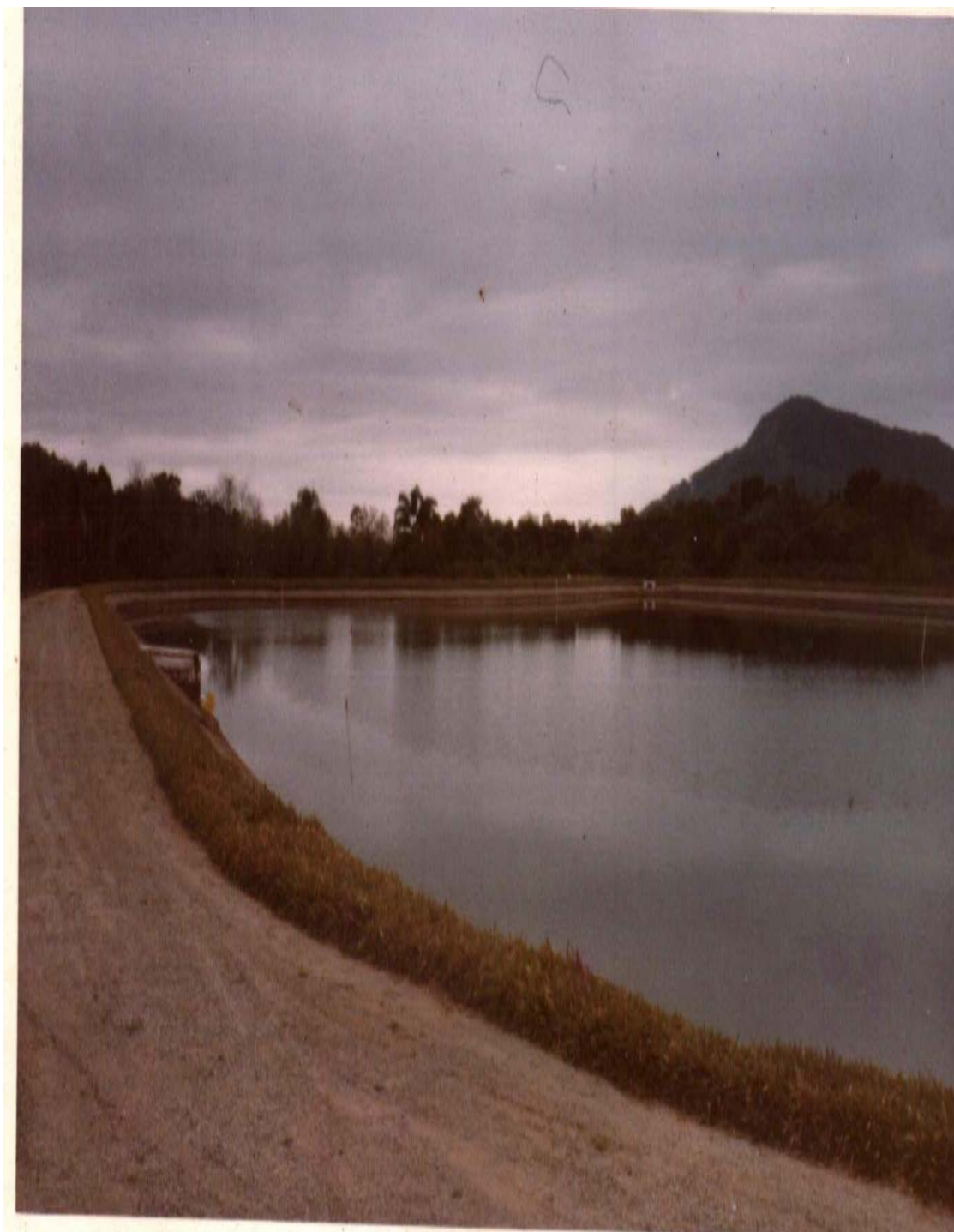


FIGURA 1: LAGOA DE OXIDAÇÃO DO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, SEM CULTIVO DE AGUAPÉ, NO MÊS DE JANEIRO DO ANO DE 1979.

FONTE: FASANARO ET AL. (1980)



FIGURA 2: LAGOA DE OXIDAÇÃO DO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, COM CULTIVO DE AGUAPÉ, NO MÊS DE JANEIRO DE 1981.

FONTE: FASANARO ET AL.,(1982).

Na Lagoa de Oxidação ou Facultativa Existente (LF-E), durante os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro do ano de 1979, identificou-se várias espécies de algas e variações nas características físico-químicas nas amostras coletadas analisadas e examinadas em dez pontos de amostragem distintos conforme Quadros 1 e 2.

QUADRO 1: FITOPLANCTON E ZOOPLANCTON IDENTIFICADOS NAS ESTAÇÕES 1 A 5, NA LAGOA DE OXIDAÇÃO DO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC, ENTRE OS MESES DE AGOSTO E DEZEMBRO DO ANO DE 1979.

Estações	E1	E2	E3	E4	E5
Meses	A S O N D	A S O N D	A S O N D	A S O N D	A S O N D
ORGANISMOS					
Algas	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X	X X X X X
Scenedesmus sp.	X X X - X	X X X X X	X - X X X	- X X X X	X - X X X
S. Quadricauda	- - X - -	X X X - -	X X X - X	X X - X -	X X X - - X
Chlorella	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- X - - - -
Pandorina	- - - X -	- - - X -	- - - X -	- - - X -	- - - X -
Euglena sp.	- - - X -	- - - X X	- - - X X	- - - X -	- - - X -
Paramecium	X X - X -	- - - X X	- - X X X	- - - X X	- - X X X
Phacus	X X X - -	- - - X -	- - - X -	- - - X -	X - - X -
Amoeba	- - - - X	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - X - -
Cocconeis	- - - X -	- - - X -	- - - X -	- - - X -	- - X - -
Microcrustáceos					
Copepodus (cyclops)	- - - - -	- - X - -	- - - - -	- - X X -	- X - X -
Cladocera (macrothrix)	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Insetos	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - X

FONTE: FASANARO ET AL. (1980).

No ano de 1985, foi implantado pela CASAN, na localidade Forquilha, no município de São José, o sistema de tratamento de esgotos domésticos, que atende parcelas dos municípios de Florianópolis (Área Continental) e São José.

Tal sistema é constituído por uma caixa de chegada dos esgotos brutos, de onde são conduzidos por um canal de distribuição para a Lagoa Anaeróbia 1. Seus efluentes, após passarem por uma chicana em alvenaria, em blocos de concreto, são conduzidos para a Lagoa Facultativa 1. Nela, existem quatro chicanas em série e da última os efluentes são conduzidos para a Lagoa Facultativa 2 que também tem quatro chicanas.

Os efluentes da Lagoa Facultativa 2, através de um dissipador de energia, deságuam em um canal retificado do córrego Potecas. Esse alimenta o ribeirão

Forquilhas em sua margem esquerda, o qual é afluente do rio Imaruim, que por sua vez deságua no município de São José, na Baía Sul, no Oceano Atlântico.

QUADRO 2: FITOPLANCTON E ZOOPLANCTON IDENTIFICADOS NAS ESTAÇÕES 6 A 10 NA LAGOA DE OXIDAÇÃO DO STE DO MUNICÍPIO DE BALNEÁRIO CAMBORÍUM SC, ENTRE OS MESES DE AGOSTO A DEZEMBRO DO ANO DE 1979.

Estações	E6					E7					E8					E9					E10				
Meses	A	S	O	N	D	A	S	O	N	D	A	S	O	N	D	A	S	O	N	D	A	S	O	N	D
ORGANISMOS																									
Algas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X
Scenedesmus sp.	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-
S. Quadricauda	X	X	X	-	-	-	X	X	-	-	X	X	X	-	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	X
Chlorella	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pandorina	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Euglena sp.	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Paramercium	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	X	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	X	X	X
Phacus	X	-	-	X	X	X			X	X	-	-	-	X	X	-	X	-	X	X	-	-	-	X	X
Amoeba	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cocconeis	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-
Microcrustáceos																									
Copepodus (cyclops)	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	X	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-
Cladocera (macrothrix)	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-
Insetos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: FASANARO ET AL. (1980).

Segundo Silva (1999), no Estado do Ceará, existem cerca de quarenta sistemas de lagoas que tratariam mais de meio milhão de habitantes no ano de 2000 e que, somente na Região Metropolitana da Grande Fortaleza, existem dezessete que atendem cerca de 250.000 habitantes, localizados nas áreas não servidas pelo sistema de disposição oceânica. Todo o efluente produzido é despejado em corpos hídricos da região que, muitas vezes, possuem qualidade comprometida por fontes difusas de poluição.

Cerca de 10.000 m³ de vazão diária, correspondente a 116 L/s, poderia ser aproveitada em práticas de reuso (irrigação e aquicultura), utilizada apenas para irrigação, atendendo uma área de 183 ha. (MOTA e SANTAELLA, 1994). Constatou-se que há prática de reuso não planejado, com produção de peixe (Tilápia do Nilo) ou (*Oreochromis niloticus*) e, também, segundo Hortegal Filha et al. (1999), prática de reuso na horticultura (hortaliças) com efluente diluído, (alface, coentro, cebolinha), forragem (consumo por rebanhos em geral) e frutas (côco e maracujá).

O reuso de efluentes de lagoas já se encontra em prática de três formas distintas:

a) piscicultura informal - utilização da espécie *Tilápia nilótica*, em pontos de jusante dos despejos das lagoas em águas superficiais, e em pelo menos 5 lagoas, na supracitada região;

b) reuso direto na irrigação das plantações de maracujá (0,2 ha, com produção de 30 kg/dia), côco (6,1 ha, com produção de 120.000 frutos/dia) e forragem (3,0 ha, para alimentação de gado bovino);

c) efluente diluído – horticultura (alface, coentro e cebolinha) com cerca de 8 ha.

O reuso disponibiliza água de melhor qualidade para o consumo humano nos mananciais, deixando a de qualidade “inferior” para irrigação, aquicultura e criação de rebanhos. Infelizmente, o conceito geral que a existência de bactérias do grupo Coliformes em água implica em potencialização de doenças, faz com que o uso de efluentes na produção de alimentos não seja imaginável. Não é bem assim, pois existem coliformes fecais na moeda circulante, nas digitais humanas, assim como em outras fontes protéicas (peixes, carnes), segundo Mara, citado por Silva, F. J. A. da *et al.* (1999).

Carvalho (1999) apresenta a avaliação do desempenho de um sistema de lagoas de estabilização, definido por uma série de cinco delas, composta por uma anaeróbia, uma facultativa e três de maturação, operando em escala real, tratando águas residuárias de despejos domésticos e industriais. Tal sistema localiza-se na cidade de Maracanaú, na Região Metropolitana de Fortaleza, litoral do estado do Ceará. Os principais resultados médios dos afluentes e efluentes respectivamente foram: DBO₅ - 304 e 21 mg/L O₂; DQO - 410 e 62 mg/L O₂; pH - 8,24 e 9,11; SST - 125 e 26 mg/L; SDT - 1202 a 1139 mg/L; Coliformes Totais - $2,06 \times 10^8$ células/100mL e Coliformes Fecais - 27 células/100mL.

Yánez (1993), através de pesquisas realizadas no Perú, obteve uma correlação entre DBO total e DBO solúvel *versus* a taxa de aplicação superficial. Essa relação tem sido adotada na elaboração de projetos de lagoas de estabilização. Entretanto, é preciso levar em conta que tal modelagem foi obtida a partir de pesquisas realizadas no Perú, onde as condições climáticas são diferentes daquelas normalmente encontradas no Brasil, particularmente, no interior do Estado de São Paulo, conforme Moreno et al. (1999).

2.1.2 CONCEITUAÇÃO E PRINCÍPIOS OPERACIONAIS

Segundo Moreno (1999), as lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples de tratamento de esgotos. Esse processo é utilizado em locais onde o custo do terreno é baixo, as condições climáticas (insolação e temperatura) são favoráveis, ocorrem grandes variações de carga orgânica e, principalmente, onde se requer uma alta redução de organismos patogênicos.

As lagoas anaeróbias são consideradas unidades de tratamento primário, sendo dimensionadas para operarem com elevada carga orgânica, de forma a manter a ausência de oxigênio molecular em sua coluna líquida (condições anaeróbias). Dessa forma, promovem a estabilização da matéria orgânica, utilizando os processos de sedimentação e digestão anaeróbia.

Uma série de mecanismos contribui para a purificação dos esgotos. A matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel) e a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões (DBO finamente particulada) não se sedimentam, permanecendo dispersas na massa líquida, onde acontece o crescimento contínuo de biomassa que sintetiza dentro das células vivas a maior proporção da matéria orgânica que se acha dissolvida. A biomassa das lagoas anaeróbias é formada, basicamente, por bactérias enquanto que nas lagoas facultativas é formada, principalmente, por algas e microorganismos que vivem simbioticamente. Embora haja modelos matemáticos que possibilitem uma estimativa da concentração efluente de DBO, as lagoas de estabilização têm sido dimensionadas, principalmente, segundo critérios empíricos e são considerados parâmetros de projeto para as lagoas de estabilização: tempo de detenção hidráulico, taxa de aplicação volumétrica para lagoas anaeróbias e taxa de aplicação superficial para lagoas facultativas.

Por outro lado, a eficiência de um processo biológico de tratamento de esgotos tem sido, tradicionalmente, avaliada por meio da análise da DBO, que constitui uma medida indireta da matéria orgânica presente. Os modelos matemáticos usualmente empregados fornecem somente a DBO solúvel como estimativa da concentração de carga orgânica do efluente final, no entanto, a eficiência total de um sistema de tratamento é medida em função da carga orgânica total (DBO), (CARVALHO, 1999).

Silva e Mara (1979) citam que o "Waste Stabilization Lagoons U.S. Department of Health, Education and Welfare (1961)", considera que por lagoa de estabilização se entende um reator biológico dimensionado dentro de critérios técnicos, recebendo

águas residuárias brutas, as quais são submetidas à degradação biológica, de maneira a estabilizar, ou seja, mineralizar o máximo possível de sua carga orgânica e reduzir o número de microorganismos patogênicos nela existente. Enquanto que a lagoa de oxidação realiza o mesmo trabalho, contudo recebe esgoto efluente de um processo de tratamento primário, como seja: tanques sépticos, tanques Imhoff, lagoas de estabilização, etc.

Sena (1961) cita algumas definições do processo de tratamento de esgotos, entre eles: “*Oxidation Lagoon*”, como um depósito natural; “*Oxidation Pond*” como uma lagoa artificial, especialmente projetada e construída para o tratamento de esgotos e usada como tratamento secundário em alguns Estados dos EUA, como no Texas. E Lagoa de Estabilização “*Waste Stabilization*”, adotada pelo U. S. Public Health Service, envolvendo outras ações, além da simples oxidação da matéria orgânica, sendo, portanto, o termo mais genérico (DEPARTMENT OF HEALTH – H.E.W - U.S. P.H.S. , 1961)

Oswald, citado por Azevedo Netto e Hess (1970), sugere a classificação das lagoas, de acordo com as condições biológicas de operação, em:

Lagoas anaeróbias: Nas quais a matéria orgânica é decomposta por bactérias de metano, em geral mais profundas (1,30 – 3,00 m) e recebem maiores cargas de DBO (acima de 450 kg/ha.dia).

Lagoas facultativas: Nas quais ocorrem simultaneamente os processos aeróbios (camadas superiores do líquido) e anaeróbios (junto ao fundo). A maioria das lagoas em operação enquadra-se nesta categoria, embora essas lagoas sejam comumente chamadas aeróbias. A profundidade geralmente é inferior a 1,50 m e as cargas de DBO raramente ultrapassam a 150 kg/ha.dia.

Lagoas aeróbias: Nesse caso, a matéria orgânica é elaborada exclusivamente pela oxidação (condições aeróbias). Essas condições podem ser mantidas em lagoas rasas pela ação fotossintética, com grande produção de algas, que são retiradas periodicamente (colheita) ou asseguradas por processos mecânicos de aeração com retirada de lodo. Estas lagoas podem receber cargas superiores a 150 kg/ha.dia.

Segundo Azevedo Netto e Hess (1970), uma lagoa de tratamento é uma obra destinada à depuração de resíduos líquidos de natureza orgânica, mediante processos físicos, químicos e, principalmente, biológicos. Nela, ocorrem, respectivamente, precipitação, dispersão e aeração; precipitação de matérias

coloidais de algumas substâncias dissolvidas e finalmente decomposição da matéria orgânica pela ação de bactérias e outros organismos.

Segundo Hammer (1975), nas lagoas anaeróbias, as bactérias decompõem anaerobicamente a matéria orgânica em produtos finais gasosos, como metano e dióxido de carbono. Adicionalmente, produtos intermediários com odores indesejáveis são formados como os ácidos orgânicos e gás sulfídrico.

As características mais importantes para que um esgoto seja tratável anaerobicamente são: ter um altíssimo teor orgânico, particularmente proteínas e gorduras; temperatura relativamente alta; ser livre de matéria tóxica e possuir nutrientes biológicos.

As lagoas anaeróbias são construídas com taludes de grande declividade, em geral 1:2, e profundidade de 4,5 m para minimizar a área superficial em relação ao seu volume. Ocorre, então, a acumulação de gordura na superfície, formando uma cobertura natural que retém o calor, controla os odores e mantém as condições anaeróbias. O afluente deve ser lançado na lagoa junto ao fundo, de modo a se misturar com os sólidos microbianos ativos e a tubulação de descarga deve ser localizada no extremo oposto, ficando submersa em relação à camada de gordura. A recirculação de lodo não é necessária, pois a gaseificação e o esquema de entrada e saída provocam mistura adequada. As lagoas anaeróbias não criam sérios problemas de odor, quando propriamente operadas, isto é, quando há anaerobiose completa e uma cobertura de gordura adequada.

Gloyna (1973) define as lagoas de estabilização de águas residuárias como:

Lagoa de estabilização de águas residuárias - corresponde a qualquer lagoa ou grupo de lagoas previsto e projetado para levar a cabo um tratamento biológico.

Lagoa anaeróbia de pré-tratamento - é essencialmente um digestor que não requer oxigênio dissolvido, já que as bactérias anaeróbias decompõem os complexos resíduos orgânicos.

Lagoa aeróbia - é aquela em que as bactérias aeróbias decompõem os resíduos enquanto que as algas, por processos de fotossíntese, provêm o oxigênio suficiente para manter o ambiente aeróbio.

Lagoa facultativa - é aquela na qual há uma zona aeróbia superior (mantida por algas) e uma zona inferior, onde se pode encontrar organismos aeróbios, facultativos e anaeróbios.

Lagoa de maturação - é aquela cuja função primordial é reduzir o número de microorganismos patogênicos a base de uma extensão no período de detenção e que poderá também ser utilizada para criar peixes, tais como carpas, denominando-se, então, lagoas de piscicultura.

2.1.3 FATORES INTERVENIENTES NAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Segundo Azevedo Netto e Hess (1970), o mecanismo do processo nas lagoas aeróbias é descrito como:

- a) as ações que se realizam numa lagoa de estabilização são semelhantes às que têm lugar em rios e lagos naturais;
- b) a matéria orgânica contida nos líquidos residuários é elaborada por bactérias aeróbias, transformando-se em CO₂, amônia e outras substâncias nutritivas para algas; essas substâncias, o líquido e a luz solar constituem o meio adequado para o desenvolvimento de algas, as quais consomem o oxigênio necessário à manutenção das condições aeróbias e desenvolvimento de bactérias;
- c) com o desenvolvimento de bactérias, novas quantidades de matéria orgânica se tornam necessárias (alimento), sendo supridas pelo esgoto afluyente;
- d) nas lagoas, processa-se também a mistura, dispersão e decantação das matérias contidas nos esgotos; os sólidos orgânicos que se depositam entram em decomposição em condições aeróbias ou eventualmente anaeróbias, pelo menos, em parte, dependendo de sua posição em relação ao meio circulante;
- e) a dispersão se faz por meio de correntes internas e pela agitação provocada pelos ventos;
- f) o teor de oxigênio dissolvido pode atingir, durante o período diurno, valores acima da saturação: 40 mg/L ou até mais (saturação = 9 mg/L a 21°C);
- g) a quantidade de oxigênio introduzida pela aeração superficial é pequena; a grande contribuição é devida à fotossíntese: mais de 1,5 kg de OD por kg de alga;
- h) em muitas lagoas, tem-se verificado o desenvolvimento de peixes;

- i) entre as algas mais comumente encontradas, incluem-se *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Euglena*, *Chlamydomonas*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*.

Sena (1961) considera que exercem influência no trabalho das lagoas de estabilização os seguintes fatores: insolação, temperatura, ventos, precipitação e evaporação. As temperaturas dos esgotos e do ambiente exercem uma influência decisiva sobre o processo de estabilização das lagoas. Tanto as bactérias como as algas são afetadas em sua reprodução e manutenção pelas diferenças de temperatura, havendo, no entanto, uma grande amplitude entre mínimos e máximos, onde o trabalho das bactérias e algas não sofre variações consideráveis.

As bactérias aeróbias reproduzem-se entre temperaturas, logo acima do ponto de congelação, indo até 40 ou 50°C. Estudos efetuados por diversos autores consideram, porém, a temperatura de ordem prática ideal a de 25°C para um maior desenvolvimento das bactérias aeróbias nas lagoas. Também as algas desenvolvem-se em diferentes graus de temperatura, sendo que as *Euglena* e *Chlorella*, as duas espécies mais comuns encontradas, têm seu ponto mais alto de reprodução entre 20 e 30°C.

A influência da temperatura, entretanto, processa-se indiretamente nos países de clima temperado e frio nos meses de inverno. As baixas temperaturas provocam o congelamento da superfície e a espessura da camada de gelo impede a penetração da luz solar, inibindo a ação fotossintética, provocando a morte das algas e cessa o fornecimento de oxigênio dissolvido (O₂) às bactérias. Inicia-se, então, a digestão anaeróbia da matéria orgânica. No entanto, como que a título de compensação, essa camada de gelo impede a propagação dos maus odores provenientes da digestão anaeróbia. O ponto crítico estabelece-se na primavera quando o gelo começa a derreter e há um período de transição para volta à digestão aeróbia e odores objetáveis podem ser sentidos. Essa transição se processará tanto mais rapidamente quanto menor for o período de detenção e maior a penetração da luz solar aumentando a fotossíntese. Usa-se, então, o recurso de abaixar o nível operacional das lagoas diminuindo-se conseqüentemente o tempo de detenção e fornecendo maior índice de penetração à luz solar de uma lâmina d' água menos densa.

No Brasil, esse aspecto da operação das lagoas, apenas, aparecerá em alguns locais dos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, mas não se constitui, absolutamente, em motivo de objeção ao uso delas nesses locais, desde que sejam

convenientemente projetadas e operadas. A grande maioria das lagoas nos EUA cobre-se com uma camada de gelo no inverno, sem que isto restrinja seu uso cada vez mais intenso. Sena (1961) cita que, segundo Anderegg et al., mesmo no Alasca, onde os rigores do inverno são de todos conhecidos, as primeiras experiências com as lagoas revestiram-se de intenso sucesso.

Evidentemente, estudos locais de variação de temperatura devem ser feitos visando o maior rendimento possível em função da latitude e altitude. Para o caso do Estado de Santa Catarina, foram projetadas por técnicos da CASAN duas lagoas facultativas sendo que apenas uma foi implantada no município de São Domingos, SC, (JUNGLES et al., 1983).

Segundo Imhoff (1986),

sob determinadas condições, qualquer represamento de um curso de água, formando um lago ou uma represa, promoverá sua autodepuração, pois a água exporá ao ar uma grande área, ao passo que o tempo de escoamento fica dilatado, e permitirá então que se desenrolem os fenômenos de estabilização.

As águas servidas podem ser tratadas até um avançado grau de pureza de maneira a se equivalerem às águas de rios não contaminados. Entretanto, devido ao teor de oxigênio e de gás carbônico, a agressividade sobre os materiais de construção permanece em pé, como, aliás, em qualquer processo de tratamento biológico. As substâncias fertilizantes formadas podem provocar uma proliferação excessiva de algas.

Em comparação com um trecho de livre escoamento de um rio, sujeito aos fenômenos de autodepuração, os represamentos têm vantagem de produzir o mesmo resultado em uma extensão muito menor e de manter livres da proliferação indesejáveis de bactérias filiformes acinzentados do esgoto. Estes filamentos podem, aliás, aparecer, em consequência dos arrastamentos dos flocos em trechos a montante do represamento, terminando por originar depósitos em lodo em decomposição.

2.1.4 PARÂMETROS DE PROJETOS E OPERACIONAIS

Segundo Azevedo Netto e Hess (1970), os parâmetros que retratam a situação de projeto e resultados operacionais de cidades das Dakotas do Norte e do Sul,

EUA, estão relatados na Tabela 1.

TABELA 1: PARÂMETROS DE PROJETO E RESULTADOS OPERACIONAIS DE LAGOAS DAS CIDADES DE SOUTH AND NORTH DAKOTAS, EUA.

	Kadoka (S. D.)	Wall (S. D.)	Lemmon (S. D.)	Maddock (N. D.)	Wishek (N. D.)
População (hab)	584	556	2.760	741	1.241
Área (ha)	1,2	3,6	11,0	4,7	3,2
Carga, kg DBO/ha	25,5	7,8	7,6	10,4	14,6
População/ha	485	154	250	158	390
DBO Esg. Bruto, mg/L O ₂	380	351	186	237	207
DBO efluente, mg/L O ₂	36	41	19	10	32
Redução de DBO, (%)	90,4	87,1	89,6	95,8	84,4
NMP – Redução de (%)	99,5	91,5	79,5	97,5	97,9

FONTE: AZEVEDO NETTO E HESS, (1970).

Nota: As instalações de Wall, Maddock e Wishek não têm efluentes. Os resultados apresentados correspondem às médias de determinações feitas nas águas das lagoas a uma distância de 15 m da entrada.

Oliveira (1999) apresentou a eficiência de remoção de carga orgânica por lagoas de estabilização, construídas e operadas pela CESAN, situadas no município da Serra, o qual está localizado na Grande Vitória, Estado do Espírito Santo, conforme relatado na Tabela 2.

TABELA 2: SISTEMAS DE TRATAMENTO, PERÍODO DE MONITORAMENTO E NÚMERO DE AMOSTRAS, TIPOS DE LAGOAS, VAZÕES E TEMPOS DE DETENÇÃO HIDRÁULICO NO STE, NO PERÍODO ENTRE OS ANOS DE 1984 A 1994, DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.

Sistemas	Período	N	Tipo	Vazão (L/s)	TDH (dias)
Mata da Serra	1984-1994	181	Facultativa	2,73	26,90
Barcelona	1987-1994	88	Facultativa	19,5	25,60
Eldorado	1989-1994	70	Anaeróbia Facultativa	6,34	3,36 43,30
Laranjeiras	1990-1994	86	Anaeróbia Facultativa	39,31	2,50 2,10
Maringá	1989-1994	78	Anaeróbia Facultativa	1,49	17,20 51,80

FONTE: OLIVEIRA (1999).

No que se refere aos parâmetros, DBO, DQO e SST foram obtidos os seguintes resultados médios conforme Tabela 3.

TABELA 3: MÉDIAS DOS RESULTADOS DE DBO, DQO E SST, OBTIDAS NO STE, NO PERÍODO ENTRE OS ANOS DE 1984 A 1994, NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.

Sistema	Período	DQO (mg/L)			DBO (mg/L)			SST (mg/L)		
		EB	EA	EF	EB	EA	EF	EB	EA	EF
Mata da Serra	1984-1994	439	-	265	411	-	48	392	-	130
Barcelona	1987-1994	885	-	241	203	-	37	182	-	135
Eldorado	1989-1994	670	357	249	312	80	40	256	159	143
Laranjeiras	1990-1994	517	208	185	237	55	46	263	101	88
Maringá	1989-1994	752	333	192	359	87	36	306	157	-

FONTE: OLIVEIRA (1999).

2.2 TIPOS DE LAGOAS

2.2.1 LAGOAS ANAERÓBIAS

Vernick et al. (1981) descrevem as lagoas anaeróbias como lagoas relativamente profundas, até 6,10 m (20 pés), com taludes íngrimes, nas quais condições anaeróbias são mantidas cargas tão elevada que completa desoxigenação é prevalente. Embora alguma oxigenação seja possível na zona rasa da superfície, uma vez que graxas formam uma camada impermeável na superfície, desenvolvem-se completas condições anaeróbias. O tratamento ou estabilização resulta da digestão anaeróbia termófila de despejos orgânicos. O processo de tratamento é análogo àquele que ocorre em um simples estágio da digestão anaeróbia de lodo bruto no qual as bactérias que formam ácidos decompõem a matéria orgânica. Os ácidos resultantes, então, são convertidos em dióxido de carbono, metano, células e outros produtos finais.

Em uma típica lagoa anaeróbia, a água residuária bruta entra próxima ao fundo (muitas vezes no centro) e mistura-se com a massa microbiana ativa no manto de lodo, a qual usualmente tem cerca de 1,80 m (6 pés) de profundidade. A descarga é localizada próxima a um dos lados da lagoa, submersa abaixo da superfície líquida. O excesso de graxa não digerida flota para o topo, formando uma cobertura estanque que retém relativamente ar e calor. A equalização de vazão da água

residuária em geral não é praticada; nem a reciclagem do lodo ou parte dele, às vezes, é carregado com o efluente.

Nas lagoas anaeróbias, pode-se efetuar tratamento de águas residuárias com concentrações baixas e altas, tendo em vista que são resistentes aos choques de cargas, geralmente, contidas dentro de diques terrosos e, dependendo das características do solo, revestimento com vários materiais impermeáveis como borracha, plástico ou argila pode ser necessário. A geometria da lagoa pode variar, mas a relação entre área superficial e o volume deve ser minimizada para aumentar-se retenção de calor.

São usadas tipicamente em série com lagoas facultativas ou aeróbias, portanto atuam na fase de tratamento primário antes do tratamento aeróbio de despejos altamente concentrados, podendo gerar odores, requerem relativamente grande área de terra e, para eficiência da operação, a temperatura da água deveria ser mantida acima de 24°C. Em geral são obtidas remoções de DBO₅ de 50 a 70% dependendo das condições de carga e temperatura, as concentrações de SST são aumentadas, sobretudo, se a DBO₅ influente está dissolvida, sendo que na maioria das vezes não produz um efluente adequado para descarga direta em águas receptoras.

Desde que as lagoas são muitas vezes usadas para tratamento primário, a recirculação ou remoção de lodo (menos de 10 anos) não é de regra requerida e quando necessária dosa-se os nutrientes. Se o revestimento não for adequado, há possibilidade de poluir, em seu entorno, águas superficiais ou subterrâneas. Também pode ser utilizada para tratamento de despejos industriais, com concentrações elevadas de cargas orgânicas, precedendo a maioria dos tratamentos biológicos secundários.

As lagoas anaeróbias são operadas com fluxo por gravidade e, portanto, não requerem outra energia do que algum bombeamento que possa ser necessário para elevar a água para dentro das mesmas.

Segundo Von Sperling (1996), o sistema de lagoa anaeróbia seguida por lagoa facultativa a DBO é em torno de 50% estabilizada na lagoa anaeróbia (mais profunda e com menor volume), enquanto que a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. O sistema ocupa uma área inferior a de uma única facultativa.

A estabilização anaeróbia se desenvolve em duas etapas:

a) liquefação e formação de ácidos (através das bactérias acidogênicas);

b) formação de metano (através das bactérias metanogênicas).

Na primeira fase não há remoção de DBO, apenas conversão da matéria orgânica a outras formas (ácidos). É na segunda etapa que a DBO é removida, com a matéria orgânica (ácidos produzidos na primeira etapa), sendo convertida a metano, gás carbônico e água, principalmente. O carbono é removido do meio líquido pelo fato do metano (CH_4) escapar para a atmosfera.

As bactérias metanogênicas são bastante sensíveis às condições ambientais. Caso a sua taxa de reprodução se reduza, haverá o acúmulo dos ácidos formados na primeira etapa e como conseqüências à interrupção da remoção da DBO e a geração de maus odores, pois os ácidos são extremamente fétidos.

De acordo com Von Sperling (1996), é de fundamental importância que se garanta o adequado equilíbrio entre as duas comunidades bacterianas, garantindo a consecução de ambas etapas. Para o adequado desenvolvimento das bactérias metanogênicas, deve-se ter ausência de oxigênio dissolvido (as bactérias metanogênicas são anaeróbias estritas, não sobrevivendo na presença de oxigênio dissolvido), temperatura do líquido adequada (acima de 15°C) e pH adequado (próximo de 7). A atividade anaeróbia afeta a natureza dos sólidos, de tal forma que, na lagoa facultativa, eles apresentam uma menor tendência à fermentação e flutuação, além de se decomporem facilmente.

Com tempos inferiores de 3 dias, poderá ocorrer que a taxa de saída das bactérias metanogênicas com o efluente da lagoa (fatores hidráulicos) seja inferior à sua própria taxa de reprodução, a qual é lenta (fatores biológicos). Nessas condições, não seria possível a manutenção de uma população bacteriana estável. Além da eficiência da lagoa anaeróbia se reduzir, ocorreria o aspecto mais grave do desequilíbrio entre a fase acidogênica e a metanogênica. A conseqüência seria o acúmulo de ácidos no meio, com a geração de maus odores, já que há poucas bactérias metanogênicas para dar continuidade à conversão dos ácidos, destacando o autor que há uma tendência recente de diminuir os tempos de detenção nas lagoas anaeróbias, para em torno de 2 e, eventualmente, 1 dia (VON SPERLING, 1996).

No caso das lagoas anaeróbias do STE da sede do município de Joinville, SC, de acordo com o projeto elaborado pelos Consultores Associados Brasileiros S.A. (CAB) (1982), o tempo de detenção de cada uma das duas lagoas anaeróbias operadas em série é de 1 (um) dia.

Ainda segundo Von Sperling (1996), com a distribuição dos efluentes no fundo das lagoas, em locais distintos, será garantido um íntimo contato biomassa-esgoto e maior retenção da biomassa no reator de modo que, em tal situação, aproxima-se de um reator de manta de lodo.

Exemplo de tal distribuição é encontrado na Lagoa Anaeróbia do Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários da CASAN, que atende partes dos municípios de Florianópolis (Área Continental) e de São José, sendo que o sistema de tratamento está implantado no último município, na localidade denominada Forquilha. O efluente de tal lagoa é conduzido através de um canal, descarregando em um só local na 1ª Lagoa Facultativa.

De acordo ainda com Von Sperling (1996), com tempos de detenção superiores a 6 dias, a lagoa anaeróbia poderia comportar-se como uma lagoa facultativa e isso é indesejável, já que a presença de oxigênio é fatal para as bactérias metanogênicas, pois, tendo em vista que as lagoas anaeróbias têm que funcionar como lagoas anaeróbias restritas, uma medida para o controle da formação dos maus odores é a recirculação do efluente das lagoas facultativas (ou de maturação, caso existentes) para a lagoa anaeróbia. Os gases causadores de maus odores, como o H_2S , são oxidados nessa camada superficial aeróbia, não mais gerando problemas. A razão de recirculação (vazão recirculada/vazão afluente) é da ordem de 1/6.

A medida adotada inicialmente para atenuar os maus odores nas Lagoas Anaeróbias do STE da sede do município de Joinville, SC, foi recirculação de efluentes de uma das Lagoas Facultativas para o poço de tranquilização dos esgotos brutos. E a partir de dezembro de 1999, ocorreu o início da dosagem de solução de soda a 50%, quando se obteve resultados positivos.

O sistema implantado, correspondente à última medida, está ilustrado nas figuras 3 e 4.

A dosagem da soda é feita através de bomba dosadora conforme figura 4.



FIGURA 3: DEPÓSITO DE SOLUÇÃO DE NaOH UTILIZADA PARA ATENUAÇÃO DE ODOR NAS LAGOAS ANAERÓBIAS DO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE, SC. (10/12/99)

Fonte: FASANARO (1999)



FIGURA 4: MEDIDOR DE VAZÃO DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS E BOMBA DOSADORA DE NaOH UTILIZADA PARA ATENUAÇÃO DE ODORES DAS LAGOAS ANAERÓBIAS DO STE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE, SC, (10/12/1999).

Fonte: Fasanaro (1999)

Os principais parâmetros de projeto utilizados por Von Sperling (1996) e Vernick (1981) estão contidos no Tabela 4.

TABELA 4: PARÂMETROS DE PROJETO DAS LAGOAS ANAERÓBIAS

Parâmetro de projeto	SPERLING	VERNICK
Tempo de detenção (d)	3 – 6	20 – 50
Taxa de aplicação superficial (kg DBO ₅ /ha.d)	-	224 –2.468
Taxa de aplicação volume. (kg DBO ₅ /m ³ .d)	0,1 – 0,3	-
Profundidade (m)	4,0 – 5,0	2,0-6,0
Relação L/B (comprimento/largura) usual	1	-

Fontes: Von Sperling (1966) e Vernick (1981).

Segundo Silva e Mara (1979), a partir de uma análise de dados operacionais de lagoas anaeróbias em Israel e na Austrália, sugere-se os seguintes valores de redução de DBO₅ em função dos de detenção variáveis e temperaturas acima de 20° C (Tabela 5).

TABELA 5: DADOS OPERACIONAIS, CORRELACIONANDO TEMPOS DE DETENÇÃO VARIÁVEIS COM REDUÇÕES DE DBO DE LAGOAS ANAERÓBIAS EM ISRAEL E AUSTRÁLIA, PARA TEMPERATURAS ACIMA DE 20°C.

Tempo de Detenção (dias)	Redução da DBO ₅ (%)
1	50
2,5	60
5	70

Fonte: Silva e Mara (1979).

Os tempos de detenção menores do que 5 dias podem ser adotados, porém, não são recomendados, pois há maior possibilidades de geração de maus odores, remoção dos lodos são mais freqüentes, o efluente não apresenta boa qualidade biológica e há menor remoção de DBO. E, ainda, segundo Parker (1962), tem sido verificado que, em tempos de detenção maiores do que 5 dias, as lagoas funcionam como facultativas ao invés de anaeróbias.

Segundo Meiring et al., citados por Silva e Mara (1979), o desprendimento de maus odores ocorrem quando a carga volumétrica é superior a 400 g DBO₅/m³.dia e a água residuária contenha uma maior carga como 1.000 mg/L. Assim sendo, o desprendimento dos referidos odores provavelmente não constituirá problema se o tempo de retenção e/ou detenção for de cinco dias.

Ainda Silva e Mara (1979) citam que a presença de águas residuárias industriais ou agrícolas (particularmente aquelas com alto teor de sulfato), podem causar desprendimento de odores, e o controle dos mesmos pode ser conseguido através de:

1º) levando-se o pH da lagoa para um valor em torno de 8, a fim de que a maior parte do sulfeto, produzido pela redução bacteriana de sulfato, exista na formação do íon inodoro bissulfeto (HS⁻); sob tais condições, praticamente não existe mais desprendimento do mal cheiroso gás sulfídrico (H₂S);

2º) recirculando-se o efluente de uma lagoa facultativa, ou de maturação, para a entrada da lagoa anaeróbia, na razão de 1/6 (1 volume do efluente para 6 volumes de águas residuárias brutas) (H. VAN ECK).

De acordo com Streit citado por Arthur (1983), uma lagoa anaeróbia somente opera de um modo inodoro quando recebe carga adequada, sendo que a experiência, em Israel, indica uma carga mínima de DBO₅ de 4.000 kg de DBO₅ por

hectare por dia ($0,1 \text{ kg/m}^3$ em uma profundidade de 4 m) com um tempo de detenção hidráulico de aproximadamente 48 horas. É necessário ter no mínimo duas lagoas operando em paralelo, seguidas por uma facultativa. Segundo o mesmo autor:

Para entender as operações de lagoa anaeróbia é necessário distinguir putrefação e digestão anaeróbia, por exemplo, tratamento. A putrefação é acompanhada de cheiros ofensivos e geralmente desenvolve-se rapidamente da armazenagem de despejos orgânicos fortes enquanto que a digestão anaeróbia efetivamente evita odores ofensivos. A grande variedade de bactérias envolvidas no processo pode ser classificada dentro dois grupos de acordo com suas diferentes funções: bactérias produtoras de ácidos (bactéria não metanogênica) e bactérias produtoras de metano (bactérias metanogênicas). As bactérias produtoras de ácidos e as enzimas a elas associadas degradam a maioria dos tipos de material orgânico, se em solução ou suspensão, principalmente dentro de ácidos graxos mais fracos (ácido acético sendo responsável por cerca de 80% do total), com muito menor quantidade de fracos aldeídos e cetonas. As bactérias metanogênicas convertem os produtos solúveis dos produtores de ácido dentro de uma mistura de metano e dióxido de carbono.

Porque os produtores de ácidos têm relativamente um curto tempo de duplicação (na ordem de minutos ou horas) eles predominam rapidamente quando um despejo orgânico é armazenado, causando putrefação. As bactérias metanogênicas, entretanto, tem um tempo muito maior de duplicação (4-6 dias) e são mais susceptíveis à inibição por uma variedade de materiais, incluindo os produtos dos produtores de ácidos (ácidos graxos, amônia, e sulfeto solúvel). A putrefação, se permitida desenvolver durante o começo de um sistema de digestão, retardará o estabelecimento da digestão, assim a condição seria inicialmente controlada para permitir a bactéria metanogênica desenvolver, depois do qual, fornecendo certas condições de operação que continuam ser seguidas, os dois grupos de bactérias mantêm um equilíbrio natural com nenhuma da manifestação de putrefação.

É necessário assegurar que o pH permaneça superior a 7, mas nenhum problema especial seria encontrado com despejo doméstico: por exemplo, despejos contendo menos do que 100 mg/L de enxofre (como íon sulfato), desde que a profundidade, carga e temperatura (superior a 15° C) são critérios conhecidos.

2.2.2 LAGOAS FACULTATIVAS

Vernick et al. (1981) descrevem as lagoas facultativas como aquelas com profundidades intermediárias (0,90 a 2,40 m), onde as águas residuárias são estratificadas em três zonas, que consistem de uma camada de fundo anaeróbia, uma camada de superfície aeróbia e uma zona intermediária. A estratificação é o resultado da decantação dos sólidos e das variações de temperatura e densidade da água. O oxigênio na zona de estabilização é fornecido pela reaeração e pela fotossíntese. Isso está em contraste com as lagoas aeradas, nas quais a aeração mecânica é usada para criar condições de superfície aeróbias. Em geral, a camada superficial aeróbia serve para reduzir odores, enquanto promove tratamento dos subprodutos orgânicos solúveis do processo anaeróbio que ocorre no fundo. O lodo do fundo da lagoa facultativa sofrerá digestão anaeróbia produzindo dióxido de carbono, metano e outras células.

A atividade fotossintética na superfície da lagoa produz oxigênio diuturnamente, aumentando o dissolvido durante as horas de insolação, enquanto que aquele da superfície é exaurido à noite.

As lagoas facultativas são freqüentemente para desempenho ótimo operadas em série e, quando três ou mais células são ligadas, o efluente da segunda ou da terceira pode ser recirculado para a primeira com uma vazão de recirculação variando de 0,5 a 2,0 vezes a da estação de tratamento. Seus diques, em geral, são argilo-arenosos e dependendo das características do solo, se os materiais não possibilitarem uma impermeabilização adequada, há possibilidade de poluir, em seu entorno, águas superficiais ou subterrâneas. Assim, impermeáveis como borrachas, plásticos ou argilas devem ser usados e o esvaziamento das lagoas facultativas para remoção de lodo mineralizado é realizado no máximo uma vez cada 10 anos.

As reduções de DBO de 75 a 95% são obtidas e concentrações de sólidos suspensos de 20 a 150 mg/L podem ser esperadas nos efluentes, dependendo do grau de separação de algas, obtidas na última célula sendo que a eficiência é intimamente relacionada com a profundidade, tempo de retenção hidráulica e temperatura na lagoa. Pode ser necessária, no caso de insuficiência de nutrientes, a dosagem suplementar de nitrogênio e fósforo. As lagoas facultativas são operadas por gravidade e, portanto, não requerem energia outra do que algum bombeamento que possa ser necessário para elevar a água residuária dentro das lagoas e, em

geral, secundadas por lagoas de maturação. Apresenta-se a seguir a Tabela 6, que é referente ao projeto de lagoas facultativas.

TABELA 6: PARÂMETROS DE PROJETO DAS LAGOAS FACULTATIVAS

Parâmetro de projeto	SPERLING	VERNICK
Tempo de detenção (d)	15 - 45	20 – 180
Taxa de aplicação superficial (Kg DBO ₅ /ha.d)	100 - 350	11 – 112
Profundidade (m)	1 - 3	0,90 - 2,50

Fontes: Von Sperling (1996) e Vernick (1981).

Segundo Von Sperling (1996), na lagoa facultativa, a DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas através da fotossíntese.

Segundo Hammer (1975), nas lagoas facultativas as reações bacterianas incluem tanto a decomposição aeróbia como a anaeróbia. A matéria orgânica em suspensão é fracionada pelas bactérias, liberando os nutrientes de nitrogênio, fósforo e dióxido de carbono. As algas usam esses compostos inorgânicos para seu crescimento, juntamente, com a energia da luz solar, liberando o oxigênio para a solução. O oxigênio dissolvido é usado pela bactéria, fechando, assim, o ciclo simbiótico. O oxigênio é, também, produzido pela reaeração provocada pela ação do vento. Os sólidos decantáveis se decompõem sob condições anaeróbias, no fundo da lagoa, liberando nutrientes inorgânicos e compostos causadores de odores, por exemplo, gás sulfídrico e ácidos orgânicos. Esses últimos são, geralmente, oxidados na camada superior aeróbia, evitando, de tal modo, a sua emissão para a atmosfera.

As profundidades operacionais variam de 0,6 m a 1,5 m, mantendo-se, geralmente, 0,9 m de bordo livre acima do nível máximo. A profundidade mínima de 0,6 m é necessária para evitar o crescimento de plantas aquáticas com raízes. Se a profundidade for superior a 1,5 m pode causar odores ofensivos, devido à anaerobiose do fundo. As taxas 22 a 56 kg DBO/ha.dia são adotadas para uma profundidade de 1,5 m. Atingir um efluente com menos de 30 mg/L de SS é um sério problema no tratamento por lagoas, pois as algas em suspensão, geralmente, contribuem com 50 a 70 mg/L.

2.2.2.1 Influência do Fitoplancton na Eficiência das Lagoas Facultativas

A importância das algas é fundamental em qualquer lagoa de estabilização facultativa e sua concentração é superior à de bactérias, fazendo que o líquido na sua superfície seja predominantemente verde. Em termos de sólidos em suspensão secos, a concentração é usualmente inferior a 200 mg/L, embora em termos de números de algas possam ser atingidas contagens na faixa de 10^4 a 10^6 organismos por mL (ARCEIVALA, 1981 apud VON SPERLING, 1996).

Os sólidos em suspensão no efluente são predominantemente algas, que poderão ou não exercer alguma demanda de oxigênio no corpo receptor, dependendo das condições de sobrevivência no mesmo (ARCEIVALA, 1981; ABDEL-RAZIK, 1991 citados por VON SPERLING, 1996).

Segundo Mara, citado por Von Sperling (1996), os sólidos em suspensão de lagoas facultativas são em torno de 60 a 90% constituídos por algas. Cada 1 mg de algas gera uma DBO_5 em torno de 0,45 mg. Dessa forma, 1 mg/L de sólidos em suspensão no efluente é capaz de gerar uma DBO_5 (no teste da DBO, e não necessariamente no corpo receptor) na faixa de $0,6 \times 0,45 = 0,3$ mg/L a $0,9 \times 0,45 = 0,4$ mg/L, isto é, $1 \text{ mg SS/L} = 0,3 \text{ a } 0,4 \text{ mg } DBO_5/\text{L}$.

Conforme Mara (1995), em relação à incerteza quanto a tais aspectos, uma abordagem prática é a de se desconsiderar a DBO das algas, ou dos sólidos em suspensão, no efluente das lagoas facultativas. Assim, a DBO das lagoas facultativas pode ser considerada como sendo apenas a DBO solúvel. De fato, a Comunidade Européia estabeleceu, em 1991, os padrões para efluentes de lagoas de estabilização, onde a DBO_5 solúvel é de < 25 mg/L e $SS < 150$ mg/L (45 a 60 mg/L).

2.2.2.2 Classificação do Fitoplancton no Sistema de Lagoas Facultativas

De acordo com Silva et al. e Jordão e Pessoa, citados por Von Sperling (1996), os principais tipos de algas encontradas nas lagoas de estabilização são:

- algas verdes (clorofíceas) - tais algas conferem à lagoa a cor esverdeada. Os principais gêneros são as *Chlamydomonas*, *Euglena* e *Chlorella* salientando que a *Euglena* tem grande capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e as primeiras tendem a ser dominantes em períodos frios;

- algas azuis (cianofíceas) - os principais gêneros são as *Oscillatoria*, *Phormium*, *Anacystis* e *Anabaena*, desenvolvem em qualquer ambiente onde haja apenas CO₂, N₂, água, alguns minerais e luz, baixos valores de pH e pouco nutriente nos esgotos não adequados ao desenvolvimento de algas verdes.

As algas fazem fotossíntese durante as horas do dia sujeitas à radiação luminosa. Nesse período, elas produzem a matéria orgânica necessária para a sua sobrevivência, convertendo a energia luminosa em energia química condensada na forma de alimento. Durante as 24 horas do dia elas respiram, oxidando a matéria orgânica produzida, e liberando a energia para crescimento, reprodução, locomoção e outros. O balanço entre produção (fotossíntese) e consumo (respiração) de oxigênio favorece amplamente o primeiro.

Devido à necessidade de energia luminosa, a maior quantidade de algas situa-se próximo à superfície da lagoa, local de alta produção de oxigênio. Na medida em que nela se aprofunda, a energia luminosa diminui, reduzindo, em decorrência, a concentração de algas. Na camada superficial, com menos de 50 cm, situa-se a faixa de maior intensidade luminosa, com o restante da lagoa praticamente escura.

Durante o dia, nas horas de maior atividade fotossintética, o pH pode atingir valores em torno de 10. Nessas condições de elevado pH, podem ocorrer os seguintes fenômenos: conversão da amônia ionizada (NH₄⁺) - a amônia livre (NH₃), a qual é tóxica, mas tende a se liberar na atmosfera; precipitação de fosfatos - remoção de nutrientes; conversão do sulfeto (H₂) causador de mau cheiro a bissulfeto (HS⁻) inodoro.

Silva (1977), cita uma metodologia para coleta de amostras em cada local distinto da(s) lagoa(s). A primeira seria coletada a cerca de 20 cm abaixo do nível do líquido; a segunda na metade da lâmina líquida e a última aproximadamente a 20 cm acima do fundo. Considera ainda que para a determinação dos principais gêneros das algas serão utilizadas as amostras a 20 cm do nível do líquido e em diferentes horários (6 – 9 – 12 – 15 – 18 – 21 horas) como observado no Quadro 3.

QUADRO 3: GÊNEROS DE ALGAS, POR CENTÍMETRO CÚBICO, NA SUPERFÍCIE (S) E NO FUNDO (F) DA LAGOA FACULTATIVA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SÃO PAULO

DATA	LOCAL DE COLETA		
	Entrada da Aeróbia	Meio da Aeróbia	Saída da Aeróbia
26/01/61	S – 607.590 <i>Chlorella</i> F – 281.268 <i>Chlorella</i>	S – 821.250 <i>Golenkinia</i> e <i>Chlorella</i> F - 718.536 <i>Chlorella</i>	S – 877.500 <i>Chlorella</i> F – 271.800 <i>Chlorella</i>
02/02/61	S–27.774 <i>Chlorella</i> F–60.318 <i>Chlorella</i> e <i>Euglena</i>	S – 26.918: <i>Chlorella</i> F – 31.500: <i>Chlorella</i>	S – 67.200 <i>Chlorella</i> e <i>Pyrobothrys</i> F – 35.550 <i>Chlorella</i>
09/02/61	S – 144.450 <i>Chlorella</i> F – 148.500 <i>Chlorella</i> e <i>Chlorococcum</i>	F – 282.102 <i>Chlorella</i> e <i>Chlorococcum</i> F – 171.162 <i>Chlorococcum</i>	S – 254.700 <i>Chlorococcum</i>
12/03/61	-	S – 659.820 <i>Scenedesmus</i> , <i>Golenkinia</i> e <i>Micractinium</i>	S -680.310: <i>Scenedesmus</i> , <i>Golenkinia</i> e <i>Micractinium</i>
03/04/61	-	S – 289.818 <i>Chlorococcum</i> <i>Scenedesmus</i> , <i>Euglena</i> e <i>Microcystis</i>	-
08/08/62	S – 176.256 <i>Chlorella</i> , <i>Euglena</i> , <i>Pyrobothrys</i> e <i>Uroglenopsis</i> (?)	-	S – 239.844 <i>Chlorella</i> , <i>Euglena</i> , <i>Pyrobothrys</i> <i>Uroglenopsis</i> (?)
27/09/62	S – 110.638 <i>Chlorella</i> <i>Euglena</i> , <i>Micractinium</i> , <i>Golenkinia</i> e <i>Ankistrodesmus</i>	-	S – 204.798 <i>Chlorella</i> , <i>Euglena</i> , <i>Micractinium</i> <i>Golenkinia</i> e <i>Ankistrodesmus</i>

Fonte: Silva, (1977).

Durante os meses do ano de 1972, foram encontrados gêneros e espécies de algas conforme relatado no Quadro 4.

QUADRO 4: ALGAS POR mL– GÊNEROS EM MESES DIFERENTES NA LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO DO GUARÁ – BRASÍLIA, DF.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DE BRASÍLIA			
Lagoa de Estabilização do Guará			
DATA	LOCAL DA COLETA		
	Entrada Facultativa	Meio da Facultativa	Saída da Facultativa
Jan 1972	<i>Peridinium</i> <i>Scenedesmus</i>	<i>Oocystis</i> <i>Scenedesmus</i>	<i>Endorina</i> <i>Euglena</i>
Fev 1972	<i>Eudorina</i> – 31850 <i>Scenedesmus</i> – 3500	<i>Eudorina</i> – 39900 <i>Scenedesmus</i> – 6650	<i>Eudorina</i> – 35000 <i>Scenedesmus</i> – 4500

(Quadro 4 – continua)

(Quadro 4 – continuação)

17/2/72	<i>Oocystis</i> – 161000	<i>Oocystis</i> - 103600	<i>Oocystis</i> – 110250
01/3/72	<i>Scenedesmus</i> – 40250	<i>Scenedesmus</i> – 36400	<i>Scenedesmus</i> – 32200
05/3/72	<i>Pediastrum</i> – 18200 <i>Scenedesmus</i> – 13300	<i>Scenedesmus</i> - 28000 <i>Pediastrum</i> – 18200	<i>Scenedesmus</i> – 21700 <i>Pediastrum</i> – 21350
05/4/72	<i>Oscillatoria</i> – 75100 <i>Peridinium</i> - 70	<i>Oscillatoria</i> – 65870 -	<i>Oscillatoria</i> – 64400 -
19/04/72	<i>Oscillatoria</i> – 56020 <i>Peridinium</i> - 210	<i>Oscillatoria</i> – 59710 -	<i>Oscillatoria</i> – 61530 -
17/5/72	<i>Oscillatoria</i> – 53340 <i>Peridinium</i> – 1400	<i>Oscillatoria</i> – 63000 <i>Euglena</i> – 1400	<i>Oscillatoria</i> - 60048 <i>Staurastrum</i> – 700
24/5/72	<i>Oscillatoria</i> – 47670 <i>Euglena</i> - 910	<i>Oscillatoria</i> – 40970 <i>Scenedesmus</i> - 350	<i>Oscillatoria</i> - 44590 <i>Scenedesmus</i> – 525
07/6/72	<i>Oscillatoria</i> – 42280 <i>Trachellomonas</i> – 2800	<i>Oscillatoria</i> - 39900 <i>Trachellomonas</i> - 1750	<i>Oscillatoria</i> – 129500 <i>Trachellomonas</i> – 3010
21/6/72	<i>Oscillatoria</i> – 71350 <i>Scenedesmus</i> – 1470	<i>Oscillatoria</i> – 124520 <i>Trachellomonas</i> - 3150	<i>Oscillatoria</i> – 114000 <i>Trachellomonas</i> – 3010
20/7/72	<i>Chlorella</i> – 50750 <i>Closterium</i> – 17850	<i>Chlorella</i> – 43750 <i>Closterium</i> – 24850	<i>Chlorella</i> – 54250 <i>Closterium</i> – 14350
24/8/72	<i>Phacus</i> – 12580 <i>Closterium</i> – 8960	<i>Oscillatoria</i> – 14840 <i>Closterium</i> – 10850	<i>Oscillatoria</i> – 16170 <i>Closterium</i> – 14350
21/9/72	<i>Oscillatoria</i> – 6600 <i>Euglena</i> – 3300	<i>Closterium</i> – 1680 -	<i>Phacus</i> – 46970 <i>Oscillatoria</i> – 7020

Fonte: Silva (1977).

Durante o mês de julho do ano de 1972, foram encontrados gêneros e espécies de algas conforme relatado no Quadro 5.

QUADRO 5: ALGAS EM VÁRIOS NÍVEIS E EM DIFERENTES HORÁRIOS NA LAGOA DO GUARÁ – BRASÍLIA – 1972

Data: 20.07.72	SUPERFÍCIE			
	8 horas	11 horas	14 horas	17 horas
GÊNERO DE ALGAS				
OSCILLATORIA	8.750	10.850	12.250	15.750
CLOSTERIUM	23.450	35.350	43.750	38500
CHLORELLA	28.500	88.750	88.750	42.000

(Quadro 5 – Continua)

(Quadro 5 – continuação)

<i>SCENEDESMUS</i>	3.360	4.550	8.750	3.500
<i>EUGLENA</i>	175	-	350	-
<i>CHLAMYDOMONAS</i>	350	700	-	-
Data: 20.07.72	SUPERFÍCIE			
GÊNERO DE ALGAS	8 horas	11 horas	14 horas	17 horas
<i>OCCYSTIS</i>	140	350	-	-
Data: 20.07.72	45 cm da SUPERFÍCIE			
GÊNERO DE ALGAS	8 horas	11 horas	14 horas	17 horas
<i>OSCILLATORIA</i>	9.450	12.250	8.750	8.750
<i>CLOSTERIUM</i>	24.850	33.250	33.250	33.250
<i>CHLORELLA</i>	31.500	45.500	45.500	42.000
<i>CENEDESMUS</i>	3.150	2.280	1.750	5.250
<i>EUGLENA</i>	525	-	350	-
<i>TRACHELOMONAS</i>	700	700	-	-
<i>CHLAMYDOMONAS</i>	-	-	-	2.450
<i>OCCYSTIS</i>	-	1.400	-	700
<i>PHACUS</i>	-	-	1.750	1.750
Data: 20.07.72	20 cm do FUNDO			
GÊNERO DE ALGAS	8 horas	11 horas	14 horas	17 horas
<i>OSCILLATORIA</i>	11.200	7.000	5.250	8.750
<i>CLOSTERIUM</i>	17.640	22.750	33.250	31.500
<i>CHLORELLA</i>	87.360	47.250	70.000	36.750
<i>SCENEDESMUS</i>	10.360	3.500	5.250	5.250
<i>EUGLENA</i>	560	-	350	-
<i>TRACHELOMONAS</i>	-	-	350	-
<i>CHLAMYDOMONAS</i>	-	-	-	350
<i>OCCYSTIS</i>	-	1.050	1.750	350
<i>PHACUS</i>	-	700	5.250	

Fonte: Silva (1977).

Segundo Silva, Pearson e Mara, citados por Silva et al, (1979), os estudos algológicos investigaram os tipos de espécies, dinâmica da população e eficiência

fotossintética das algas existentes nas lagoas de estabilização facultativas e de maturação no Nordeste do Brasil, cujos resultados estão reproduzidos no Quadro 6.

QUADRO 6: GÊNEROS DE ALGAS PRESENTES NO FITOPLANCTON DE LAGOAS FACULTATIVAS (F) E DE MATURAÇÃO (M) NO PERÍODO DE 31.01.78 A 28.12.78.

Lagoas Gêneros	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	M ₁	M ₂	M ₃
EUGENOPHYTA								
<i>Euglena</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phacus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
CHLOROPHYTA								
<i>Chlorogonium</i>	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Chlamydomonas</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eudorina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pandorina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pyrobotrys</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ankistrodesmus</i>	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chlorella</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Micractinium</i>	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Scenedesmus</i>	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Selenastrum</i>	-	-	-	-	-	+	-	-
BACILLARIOPHYTA								
<i>Navícula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Synedra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
CYANOPHYTA								
<i>Oscillatoria I</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Oscillatoria II</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Spirulina</i>	+	+	-	-	-	+	+	+
Fonte: EXTRABES. Total de Gêneros Presentes = 16. + Presença. – Ausência.								

Fonte: Silva e Mara (1979),

2.2.3 LAGOAS DE ALTA TAXA (LAGOAS DE MATURAÇÃO)

Silva e Mara (1979) definem as lagoas de alta taxa como aquelas de estabilização pouco profunda, projetadas para o tratamento de águas residuárias decantadas, visando uma produção máxima de algas, sendo necessária a remoção das mesmas dos efluentes, para após secagem serem utilizadas como alimentação suplementar de animais como porcos e aves domésticas. Segundo os mesmos autores, em lagoas de alta taxa, a produção de proteína através de algas é superior a algumas culturas, conforme Tabela 7.

TABELA 7: PRODUÇÃO DE PROTEÍNAS DE CULTURAS AGRÍCOLAS E AQUACULTURAS.

Cultura	Produção de Proteínas (kg/ha.ano)
Soja	650
Milho	270
Trigo	150
Arroz	55
Algas	82.000+

Fonte: Silva e Mara (1979).

Silva e Mara (1979) citam que McGarry (1971), trabalhando em Bangkok, Tailândia, encontrou em lagoas de alta taxa, com profundidade de 0,45 m, uma redução de DBO superior a 70% depois da remoção das algas, sendo que a carga da DBO foi igual ao do crescimento delas, isto é, 450 kg/ha.dia.

Segundo Hammer (1975), as lagoas aeróbias, também denominadas como lagoas de maturação ou de polimento, servem como um terceiro estágio no processamento de efluente de tratamento secundários de lodo ativado ou de filtro biológico. A estabilização pela retenção e aeração superficial reduz os sólidos em suspensão, DBO, microorganismos fecais e amônia. A profundidade é, geralmente, limitada entre 0,5 m e 1,0 m para que haja misturação e penetração da luz solar. As cargas de DBO são inferiores a 1,5 g/m².dia (15 kg/ha.dia) e os períodos de retenção são relativamente curtos, de 10 a 15 dias.

2.2.4 SISTEMAS DE LAGOAS COMO RESERVATÓRIOS PROFUNDOS

Segundo Streit (1983), uma lagoa profunda com longo tempo de detenção é chamada em Israel de reservatório. Nele, o efluente é armazenado até o começo da estação de irrigação de algodão e, tendo em vista a boa qualidade do efluente, pode ser utilizado na irrigação de grãos comercializáveis. A profundidade desses reservatórios varia de 4,5 a 8m.

Souza (1992), Vazquez-Moniel et al. (1996) e Mota et al. (apud ATAYDE JUNIOR et al., 1999), já demonstraram que os nutrientes provenientes da matéria orgânica decomposta presente nos esgotos, traduzem-se em significativas economias de fertilizantes, aliadas a maiores produtividades.

Segundo Surval e al. (1986), a Organização Mundial da Saúde, baseada em estudos epidemiológicos, recomenda que os efluentes de ETEs que contenham 10^3 coliformes fecais (CF) por 100 mL, são adequados à irrigação de qualquer cultura, inclusive aquelas que potencialmente são ingeridas cruas.

Carvalho (1999) elaborou estudo sobre desempenho de sistema de lagoas de estabilização com cinco lagoas em série, composto por uma lagoa anaeróbia, uma facultativa e três de maturação, na cidade de Maracanaú, Região Metropolitana de Fortaleza, litoral do Ceará. Nesse sistema obteve concentrações de DBO_5 e DQO de 21 e 62 mg/L, com remoção de 93 e 85%, respectivamente; a contagem de coliformes totais foi de 27 células por 100 mL com remoção da ordem de 7 log (99,99999 %); a concentração final de sólidos suspensos de 26 mg/L (remoção de 80%), e a de sólidos dissolvidos (1193 mg/L) e pH elevado (9,11). Concluiu que seria necessária uma investigação mais aprofundada para ser efetuado um estudo sobre reuso em longo prazo.

Silva (1999) estudou o comportamento da matéria orgânica em termos da DBO_5 , com ênfase ao aspecto da cinética de remoção, e, também, de sólidos suspensos nas dependências da Estação Experimental de Tratamentos de Esgotos Sanitários - EXTRABES-UFPB, na cidade de Campina Grande, PB. Realizou dois experimentos, com características operacionais distintas, envolvendo enchimento, repouso e esvaziamento (regime de batelada), sendo obtido níveis de DBO_5 e SS compatíveis com a prática de irrigação e mesmo com padrão sanitário aquém do recomendado pela WHO (1989) para irrigação restrita. As características do reservatório (RE-3) foram: diâmetro interno - 10,76 m; profundidade total - 695 mm; profundidade de

trabalho - 6,20 m; área superficial - 90,94 m² e volume máximo de trabalho - 591,13 m³.

Nos experimentos I e II, operaram, respectivamente, com as vazões afluentes de (7,99 e 20,38 m³/dia), tempo de enchimento 74 e 29 dias, tempo de repouso 89 e 39 dias; carga orgânica superficial 210 e 538 (kg/ha.dia) e carga orgânica volumétrica 3,40 a 8,67 (g DBO₅/m³.dia)

Pelo método empírico de McGarry & Pescod (1970), segundo Silva e Mara (1979), determina-se a carga máxima de DBO₅, kg/ha.dia em função da temperatura em °F pela fórmula $\lambda S = 11,2 (1,054)^T$ e, adotando o valor da temperatura de 20° C, tal fórmula passaria a ser escrita como segue:

$$\lambda s = 11,2 (1,054)^{68} \text{ que corresponderia a uma carga de 400 kg DBO/ha.dia.}$$

2.3 TRATAMENTO QUÍMICO DE ESGOTOS

De acordo com Metcalf and Eddy (1991), a precipitação química foi descoberta em 1762 sendo utilizada para tratamento de esgoto desde 1870. O hidróxido de cal foi utilizado como precipitante, na maioria das vezes, tendo sido combinado com o cloreto de cálcio, cloreto de magnésio, sulfato de alumínio, sulfato férrico, carvão e outras substâncias. O tratamento químico foi utilizado extensivamente nos EUA entre os anos de 1890 a 1900; mas com o desenvolvimento do tratamento biológico, ele foi abandonado. No período entre 1930 a 1936, foram desenvolvidos vários processos de tratamento químico para promover tratamento completo ou intermediário, assim, eliminando a necessidade de tratamento biológico e dentre eles destacaram-se: Cabrera, Diamond Alkali, Guggenheim, Laughlin, Lewis, Miller-Koller, Putmen, Scott-Darcey, Stevenson, Travels-Marl, and Whight (Metcalf & Eddy, 1935). Public Works e Sd. Entre eles, os processos Guggenheim E Laughlim, recebendo atenção especial, são descritos a seguir:

2.3.1 PROCESSO GUGGENHEIM

Segundo Metcalf and Eddy (1991), neste processo, o esgoto é submetido a duas operações: 1º - remoção da matéria orgânica em suspensão e matéria não-básica

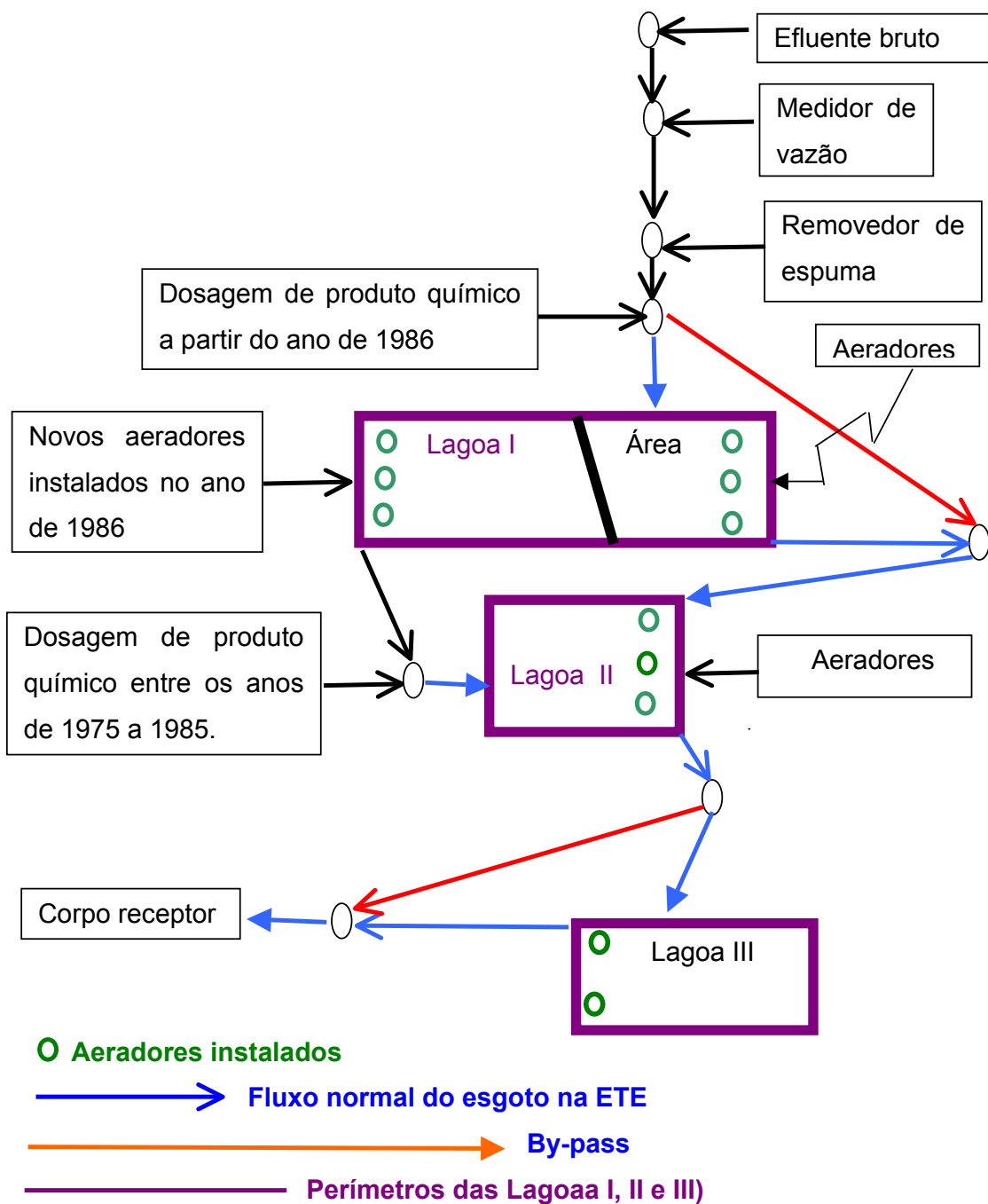
por coagulação e floculação com um sal de ferro e um álcali, tal como sulfeto férrico e cal; 2ª - remoção de compostos solúveis básicos passando o esgoto clarificado através de uma camada de zeolita trocada de base.

O lodo resultante foi incinerado e a cinza foi tratada para recuperação de ferro em forma de sulfato férrico. A zeolita foi regenerada por meio de uma solução de sal da qual a amônia foi subsequente recuperada (METCALF and EDDY, 1935).

2.3.2 PROCESSO LAUGHLIN

No ano de 1932, um dos processos de precipitação química para tratamento de esgotos foi desenvolvido por Laughlin e posto em operação na estação de tratamento de West Side, em Deaborn, Mich. As substâncias dosadas com o esgoto gradeado variaram de tempo em tempo, mas em geral consistiram de despejo de polpa de papel, cal e cloreto férrico. O esgoto, após receber a dosagem das substâncias químicas, foi submetido à mistura rápida, seguida de floculação e decantação por um período de 1 a 3 horas. O efluente dos dois tanques de precipitação passa por uma filtração rápida ascendente, através de uma delgada camada de areia magnetítica, periodicamente, limpa por um equipamento magnético móvel. O efluente foi clorado e o lodo desidratado por filtração a vácuo. Posteriormente, um incinerador foi instalado para descartar-se o lodo desidratado (METCALF and EDDY, 1935) e a partir de 1971 reiniciou-se o interesse pelo tratamento químico, tendo sido desenvolvidos vários processos.

Odegaard, H. (1989), por sua vez, apresenta resultados da ETE de Nordseter, na Noruega, que tem 8.000 m², quando, inicialmente, foi aplicado sulfato de alumínio ao tubo entre a 1ª e 2ª e a lagoa, a qual tem o lay-out a seguir (Figura 5).



○ Local de medição de vazão, remoção de espuma, dosagem de produtos químicos e/ou de reunião das águas residuárias brutas, em tratamento e tratadas.

FIGURA 5: LAY-OUT DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE NORDSETER (NORUEGA)

Fonte: Adaptado de ODEGAARD, 1989.

De acordo com Odegaard (1989), no 1º período de operação da ETE, foram obtidos muito bons resultados, mesmo tendo a qualidade do afluente variado bastante, em especial, com relação à matéria orgânica, sendo que ocasionalmente a redução de fosfato foi pequena e atribuída à falha no equipamento de dosagem.

A redução da DBO no verão foi elevada enquanto que no inverno ela foi pequena. No ano de 1979, com o intuito de melhorar a qualidade do efluente, foram instalados aeradores nas saídas das lagoas 2 e 3 para atender as demandas de oxigênio nos períodos mais críticos, isto é, no inverno, quando a carga orgânica é maior (estação turística) e a atividade fotossintética é baixa em face da cobertura do espelho da água residuária por gelo. Também foram instalados aeradores na saída da lagoa 3. A DBO influente variou entre 700 e 300 mg/L, a eficiência ficando entre 75 a 95% e a concentração do SS variou entre 150 e 350 mg/L em decorrência das algas contidas nos efluentes finais. Apresentam-se como desvantagens no processo *in pond* a necessidade de remover o lodo freqüentemente, a possibilidade de anaerobiose, a ocorrência de odor e, para se efetuar a remoção do lodo, a água deve ser drenada.

Na lagoa facultativa 1 da ETE de Balneário Camboriú, no ano de 1997, foi instalado um aerador em seu terço inicial, cuja operação provocou a formação de espumas em grande quantidade, devida principalmente aos detergentes contidos nos efluentes da (LA-1), sendo que a remoção do lodo foi realizada após a temporada de verão.

Uma das principais razões para a grande diferença em relação à quantidade de matéria orgânica (assim como outros poluentes) que está presente nas águas residuárias a tratar, é o fato de que processos biológicos e físico-químicos ocorrem na rede coletora, cujos coletores tem baixa declividade, antes das mesmas alcançarem a ETE (ODEGAARD, 1998). E, no caso do Sistema de Esgotos Sanitários de Balneário Camboriú, o mesmo acontece não só na rede coletora, mas, principalmente, na Estação de Recalque 1 (ER-1). Isso, tendo em vista o tempo de residência ser muito variável em face da intermitência de operação dos conjuntos de recalque, pois cada um deles opera com vazão de 140 L/s e as vazões dos esgotos afluentes têm variação significativa entre as horas de maior e menor contribuição na rede coletora.

Segundo Odegaard (1998) o lodo produzido durante a coagulação química consiste basicamente de sólidos suspensos removidos e matéria orgânica coagulada/precipitada, como descrito abaixo (ODEGAARD; KARLSSON, 1994):

$$SP = SS_{in} - SS_{out} + K_{prec} \cdot D \quad (1)$$

onde:

SP	=	produção de lodo (g SS/m ³)
SS _{in} , SS _{out}	=	concentração de sólidos suspenso, respectivamente, no afluente e efluente (g SS/m ³)
K _{prec}	=	coeficiente de produção de lodo (g SS/g Me), tipicamente 4 -5 para Fe e 6-7 para Al
D	=	dosagem do metal coagulante (g Me/m ³)

OBSERVAÇÃO: Me para o caso são o Fe (ferro) e Al (alumínio)

Pimentel, J. S. (2000) apresenta a tecnologia CEPT (Chemical Enhanced Primary Treatment), que foi aplicada à Lagoa Anaeróbia, experimentalmente, pela SABESP, na ETE Escola Jesus Netto, em Tatuí, São Paulo, SP, em 1966. Nos experimentos realizados, utilizaram-se *jar tests* com dosagem variada de combinações de cloreto férrico e polímeros, cuja principal característica foi o isolamento de parte da lagoa anaeróbia através de um dique. Nela, aplicava-se o tratamento físico-químico, prevendo que o lodo sedimentado acumularia em dois anos e, depois seria removido para disposição no solo em aterro sanitário ou aplicado na agricultura, como fertilizante organo-mineral, após desidratação e condicionamento. O autor ainda pondera que parece mais plausível considerar, ao invés, a configuração *inter pond* CEPT, qual seja, a utilização de tratamento primário avançado entre a lagoa anaeróbia e a facultativa. E concluiu que, após as aplicações práticas na SABESP, foi indicado que o referido processo, aplicado na fase primária de um sistema de lodos ativados permite duplicar a vazão do sistema, mantendo-se a qualidade do efluente final. A isso, acrescenta-se a vantagem adicional de significativa remoção de fósforo, com um acréscimo de custo da ordem de 9% a 18%, em relação ao custo médio operacional médio do m³ tratado convencionalmente, que é de R\$0,094/m³ (SABESP/AE, 1999).

Luduvic et al. (1994) descrevem a associação de tratamento químico e biológico na ETE Sobradinho de lodos ativados, Brasília, (DF), obtendo, para uma dosagem

média de sulfato de alumínio de 240 mg/L, resultados significativos nas remoções de DQO, SS, PT e NTK.

Segundo Fasanaro (1979), os testes iniciais realizados no Estado de Santa Catarina para o tratamento de esgotos de Balneário Camboriú começaram com os efluentes da lagoa de oxidação, utilizando-se sulfato de alumínio e outras substâncias químicas a partir do ano de 1979. Ainda, de acordo com Fasanaro et al. (2000), os testes foram refeitos e concluídos no ano de 1998, sendo que desta feita foram realizados com efluentes de lagoas anaeróbias, quando se utilizou como coagulantes o sulfato de alumínio, cal, cloreto férrico e policloreto de alumínio, dentre outros. Concluiu-se, então, com a opção de dosagem de cloreto férrico, o que proporcionou o tratamento de uma carga orgânica que não seria exequível apenas com o tratamento biológico, durante períodos críticos nas estações de verão dos anos 1998/1999, 1999/2000, 2000/2001 e previsão para 2001/2002.

Gonçalves et al. (2000) e Venturim et al. (2001) efetuaram estudos em uma unidade de tratamento químico para polimento de efluente final de um sistema de tratamento de esgotos sanitários na ETE Maringá, situada no município de Serra, (ES), constituída de uma lagoa anaeróbia, seguida por uma facultativa com capacidade de 4 L/s com áreas respectivamente de 1.469,4 m² e 3.812 m². No referido efluente, foram dosados: cloreto férrico, W8044, policloreto de alumínio, W8049, mistura de sais de ferro com a finalidade de reduzir as concentrações de DQO, SST, Nitrogênio e Fósforo solúvel assim como algas concluindo-se que o cloreto férrico proporcionou melhor eficiência.

Taveira et al. (2001) avaliou o comportamento da lagoa anaeróbia, como unidade responsável pelo adensamento e digestão do lodo, gerado em tratamento terciário físico-químicos do efluente de lagoas facultativas, na remoção de algas, SST, P_{total} e coliformes fecais, por meio da utilização de coagulantes comerciais. No referido trabalho, após 13 meses de operação, verificou que, em algumas regiões da lagoa, o acúmulo de lodo foi superior a 18 cm/ano e a taxa média em torno de 10,2 cm/ano, o que sugere uma remoção dos mesmos em cada 10 anos. Para o tratamento químico, utilizando cloreto férrico com concentração de 97% e sulfato de alumínio com concentração de 7,7%, as dosagens foram respectivamente 80 e 60 mg/L.

2.3.3 PRINCIPAIS REAÇÕES QUÍMICAS QUE OCORREM DURANTE O TRATAMENTO QUÍMICO DE ESGOTOS

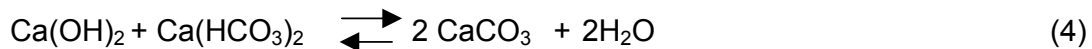
Segundo Metcalf and Eddy (1991), dependendo dos teores da alcalinidade de bicarbonatos de cálcio e magnésio, contidos na água residuária a tratar, neste caso, água residuária doméstica (esgoto sanitário), ao se adicionar na última sulfato de alumínio, cal e cloreto férrico ocorrem às reações:

a) Sulfato de alumínio:



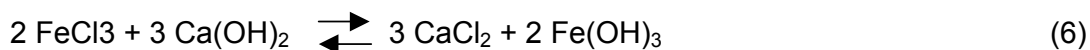
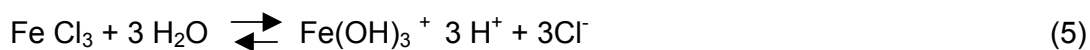
O hidróxido de alumínio formado é um floco gelatinoso que decanta lentamente, removendo o material em suspensão, produzindo outras cargas, e 1,0 mg/L de sulfato de alumínio consome cerca de 0,45 mg/L da alcalinidade natural, portanto, se a dosagem de sulfato de alumínio, para o tratamento do esgoto, requerer alcalinidade suplementar, geralmente, dosa-se a cal hidratada.

b) Cal

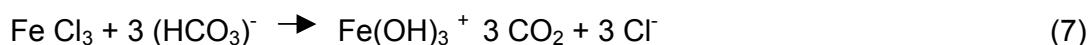


Quando o hidróxido de cal for usado como um precipitante, os princípios de clarificação são explanados através das reações anteriores (3) e (4). A quantidade de cal a ser dosada deve ser tal para combinar com todo o ácido carbônico livre e com o ácido carbônico de bicarbonatos, assim, produzindo carbonato de cálcio, o qual atua como coagulante, sendo a dosagem de cal superior a de sulfato de ferro.

c) Cloreto Férrico



Segundo Babbit et al., (1962), quando o cloreto férrico é adicionada à água, ocorre a seguinte reação:



O hidróxido férrico polimeriza para formar o floco hídrico de óxido de férrico, o qual é denso, mais pesado que o floco de óxido de alumínio, requer menor retenção e necessita menor controle mais cuidadoso do pH. A acidez que é encontrada em algumas águas bandas altamente coloridas, torna impossível uma coagulação com sulfato de alumínio, porém ser coagulada com êxito com os compostos férricos. O cloreto férrico tem sido também usado nas águas contendo sulfeto de hidrogênio porque, em contraste com o alúmen, o cloreto férrico é um oxidante, enquanto que o alúmen é um agente redutor.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

O sistema de tratamento de esgotos sanitários da sede do município de Balneário Camboriú é constituído de lagoas de estabilização distribuídas pelo Módulo I: a Lagoa Anaeróbia 1 (LA-1) secundada pela Lagoa Facultativa 1 (LF-1) e pelo Módulo II: a Lagoa Anaeróbia 2 (LA-2) secundada pela Lagoa Facultativa denominada Existente (LF-E), que desde janeiro do ano de 1999 recebeu a designação de Lagoa de Lodo (L-L) e, finalmente, pela Lagoa Facultativa (LF-2), sendo que todas as unidades operacionais estão plotadas na Figura 6 Anexo N° 61.

Os módulos I e II podem ser operados em série ou em paralelo, sem e com dosagem de solução de Cloreto Férrico (FeCl_3) nos efluentes das lagoas anaeróbias, sem ou com dosagem de antiespumante e de desinfetante nos efluentes das LF-1 e LF-2, sendo que os últimos são lançados na margem direita do corpo receptor, que é o rio Camboriú.

3.1.1 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM OU SEM EMPREGO DO TRATAMENTO QUÍMICO

Nos experimentos realizados no ano de 1998, utilizou-se *jar test* com dosagens independentes de cal, sulfato de alumínio, cloreto férrico e polímero nos efluentes das lagoas anaeróbias, havendo coagulação e início de floculação na canalização, situada entre a lagoa anaeróbia 2 e a lagoa facultativa existente (*inter pond*), que a partir desta oportunidade passou a denominar-se lagoa de lodo. Nessa última, desenvolvem-se os processos de floculação, decantação e clarificação, sendo os efluentes clarificados conduzidos para as lagoas facultativas 1 e 2. Vale salientar que nos testes operacionais iniciais o floculador instalado na parte interna da lagoa facultativa existente não produziu resultados previstos, sendo, portanto, retirado de operação.

Será apresentada a seguir a descrição operacional das partes constituintes do referido STE, com e sem emprego do tratamento químico, iniciando-se pela Estação de Recalque 1 (ER-1) situada sob a ponte da BR-101, na margem esquerda do rio

Camboriú, conforme Figura 7, Anexo N° 63, e concluindo-se no corpo receptor que é o citado rio. Na linha de recalque há um trecho subaquático interligando as duas margens do referido rio.

3.1.1.1 Estação de Recalque (ER-1)

Todos os esgotos sanitários da sede do referido município, na região atendida pela rede coletora, são transportados para a ER-1, de onde são recalcados para a Caixa de Passagem (CP) e desta escoam, por gravidade, até a Câmara de Tranqüilização (CT) que é interligada a Câmara de Equipartidora de Vazão (CEV).

3.1.1.2 Câmara de Tranqüilização (CT) e Câmara Equipartidora de Vazão (CEV)

Os efluentes brutos que chegam a CT escoam, por gravidade, para a CEV, sendo que a primeira é o local de coleta de amostras do esgoto bruto, denominado P-1.

A interligação da CT com a CEV foi projetada com três *stop-log*, de onde partem duas tubulações independentes para alimentarem, respectivamente, as LA-1 e LA-2.

Quando da construção, se for o caso, da Lagoa Anaeróbia 3 (LA-3) será necessário implantar-se uma terceira tubulação independente, interligando-a ao terceiro *stop-log* da CEV.

3.1.1.3 Lagoas de Estabilização

3.1.1.3.1 Lagoa Anaeróbia1 (LA-1)

A primeira metade da vazão dos esgotos brutos efluentes da CEV flui, por gravidade, através de uma tubulação, que a distribuí na LA-1 em um só local e, após ser submetida ao processo biológico anaeróbio, escoam para as CE-2 e CE-3, durante todo o ano, a partir de 1985 até hoje, a não ser nos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000.

Os efluentes da LA-1 fluem para a LF-1, por gravidade, por duas tubulações independentes; os que escoam a partir de CE-2 deságuam na LF-1 em um só local,

enquanto aqueles que escoam a partir de CE-3 deságuam também na LF-1 em dois locais distintos, durante todo o ano, a partir de 1985 até hoje, a não ser nos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000.

Nos últimos citados meses e anos, quando se efetuou o tratamento químico com emprego de solução de FeCl_3 , a partir de janeiro de 1999, as CE-2 e CE-3 ficam fora de operação, tendo em vista que os efluentes brutos eram distribuídos na LA-1 em outro local; após, submetidos ao tratamento biológico anaeróbio são conduzidos para as CE-TQ2 e CE-TQ3.

Nas CE-2 e CE-3, localizam-se respectivamente os pontos de coleta de amostras P-2 e P-3 dos efluentes da LA-1; contiguamente à estrutura da CE-2 existe o R-1, que possibilita a operação e manutenção da LA-1 e, entre as LA-1 e LA-2, existe o R-2, destinado à operação e manutenção das últimas.

3.1.1.3.2 Lagoa Anaeróbia 2 (LA-2)

A segunda metade da vazão dos esgotos brutos efluentes da CT flui, por gravidade, através de uma tubulação, que a distribui, na LA-2, em um só local, e, após ser submetida ao processo biológico anaeróbio, escoam para as CE-4 e CE-5, durante todo o ano, a partir de 1985 até hoje, a não ser nos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000.

Uma parcela dos efluentes da LA-2 flui, por gravidade, após ser submetida ao processo biológico anaeróbio, por uma única tubulação a partir de CE-4, desaguando em um só local na LF-2. Enquanto, a outra parcela dos efluentes da LA-2 flui por gravidade, após ser submetida ao processo biológico anaeróbio, por uma tubulação a partir da CE-5, desaguando em um só local na LF-E, durante todo o ano, a partir do ano de 1985 até hoje, a não ser nos meses de janeiro março dos anos de 1999 e 2000.

Nos meses e anos, quando se aplica o tratamento químico, as CE-4 e CE-5 ficam fora de operação, sendo que cada uma das duas parcelas dos efluentes da LA-2 escoam respectivamente, por gravidade, após ser submetida ao processo biológico anaeróbio, para a CE-TQ4 e para a CE-TQ5.

A CE-TQ4 recebe todos os efluentes da LA-1 assim como de uma parcela dos efluentes da LA-2. Dessa são conduzidos, por gravidade, para a Caixa de Passagem para Tratamento Químico (CP-TQ), e dela para a C-TQ, que também recebe a outra

parcela dos efluentes da LA-2, através da CE-TQ5, sendo que na C-TQ se situa o ponto de coleta de amostras (P-5.1)

Na C-TQ, portanto, são reunidos todos os efluentes das LA-1 e LA-2, e onde é dosada a solução de FeCl_3 . A solução de FeCl_3 é armazenada e estocada no T-CF, de onde sai uma tubulação que alimenta o T-DCF, e parte a tubulação, conduzindo a referida solução que é dosada na C-TQ.

Da C-TQ parte uma tubulação que conduz os efluentes coagulados até a Caixa de Passagem de Efluente Coagulado ou (CP-EC ou DCF), a qual pode ser utilizada também para dosagem da referida solução e da última tais efluentes fluem, por gravidade, através de outra tubulação para L-L, anteriormente denominada LF-E.

Desde o ano de 1985 até hoje, a não ser nos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, os (P-4) e (P-5) estão situados nas CE-4 e CE-5; contiguamente a estrutura da CE-4, existe o R-3, que possibilita a operação e manutenção da LA-2 e, entre as LA-1 e LA-2, o R-2 que é utilizado para a operação e manutenção das mesmas.

3.1.1.3.3 Lagoa Facultativa Existente (LF-E) também denominada Lagoa de Lodo (L-L)

A primeira lagoa de oxidação, isto é, lagoa intermediária, utilizada no tratamento dos esgotos de Balneário Camboriú, foi designada de LF-E, a partir da implantação das LA-1 e LA-2 e das LF-1 e LF-2, que fazem parte do sistema projetado e operado atualmente.

No período compreendido entre o ano de 1985 até janeiro do ano de 1999, ela operou recebendo uma parte dos esgotos efluentes da LA-2, através da CE-5, e, após tais efluentes serem submetidos ao processo biológico facultativo, foram conduzidos para a CE-8 e dessa, através de uma tubulação, escoavam para a LF-2, que desaguava em dois locais distintos.

Na CE-8, localiza-se o P-8 dos efluentes da LF-E, que é o mesmo de quando ela passou a ser denominada Lagoa de Lodo (L-L), isto é, na introdução do tratamento químico.

Quando ocorreu a operação com tratamento químico, foi necessário implantar-se a CE-8.1, da qual uma parcela dos efluentes clarificados na L-L escoava para a LF-1, desaguando em um só local. A outra parcela dos citados efluentes da L-L era

conduzida para a CE-8 e dessa, através de uma tubulação, escoava para a LF-2, que deságua em dois locais distintos; contíguo à estrutura da CE-8, existe o R-4, que possibilita a operação e manutenção da LF-E ou L-L.

Desde o ano de 1985 até hoje, a não ser nos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, o P-8 permanece e fica situado na CE-8, enquanto que a partir do tratamento químico tem-se o P-8.1, situado na Caixa Extravasora 8.1 (CE-8.1).

3.1.1.3.4 Lagoa Facultativa 1 (LF-1)

A LF-1 recebe os efluentes da LA-1, os quais são conduzidos desde o ano de 1985 para a CE-6 e dela para o PV-3, onde são reunidos também os efluentes da LF-2.

Quando do tratamento químico, a LF-1 recebe parcela dos efluentes clarificados na L-L, sendo que na primeira ocorre o processo biológico facultativo com os efluentes conduzidos para a CE-6 e dela para o PV-3, onde também são reunidos os efluentes da LF-2.

Na CE-6, localiza-se o P-6 dos efluentes da LF-1 e contiguamente à estrutura da CE-6 existe o R-6, que possibilita a operação e manutenção da LF-1.

Sob o coroamento do dique contíguo às LF-1 e LF2, existe o R-5, que é utilizado para operação e manutenção das mesmas.

3.1.1.3.5 Lagoa Facultativa 2 (LF-2)

A LF-2 recebe, a partir do ano de 1985 até janeiro do ano de 1999, os efluentes da LA-2 através da CE-4 e da LF-E por meio da CE-8, os quais são conduzidos para a CE-7, e dela para o PV-1.

Quando do tratamento químico, a LF-2 recebe a outra parcela dos efluentes clarificados em L-L, na primeira ocorrendo o processo biológico facultativo, sendo que os efluentes da mesma são conduzidos para a CE-7 e dela para o PV-1.

Do PV-1, os efluentes da LF-2 fluem, por gravidade, através de uma tubulação para o PV-2 e, finalmente, desse também através de tubulação escoavam, por gravidade, para o PV-3, onde são reunidos com os efluentes da LF-1. Ou seja, todos

os efluentes finais tratados apenas biologicamente (processos anaeróbio e facultativo), ou através de processos anaeróbio, químico e físico (processo de coagulação-floculação-decantação e clarificação), e biológico (processo facultativo), na ETE, sendo que no último inicia-se o emissário, por gravidade, que deságua na margem direita do rio Camboriú.

Na CE-7, localiza-se o P-7 dos efluentes da LF-2 e contigualmente à estrutura da CE-7 existe o R-7, que possibilita a operação e a manutenção da LF-2.

3.1.1.3.6 Sistema de Desinfecção do Efluente Final - Aplicação de ClO_2

Com ou sem dosagem de antiespumante, os efluentes tratados biologicamente (fora da temporada de verão) ou biologicamente → quimicamente → biologicamente (na temporada de verão) são conduzidos, através do primeiro trecho do emissário, iniciado no PV-3 para o PV-4, no qual existem duas derivações:

a) uma que permite o fluxo normal de tais efluentes, sem que sejam medidos nem desinfetados, para o PV-5, com os fechamentos e aberturas respectivamente de C-2 e C-3 e C-1 e C-4;

b) outra que possibilita a alimentação de tais efluentes para o C-BP em forma de “U”, sendo que são realizadas as medições de vazão e dosagens da solução de ClO_2 , no trecho de maior extensão, para em seguida fluírem para o PV-5, com os fechamentos e aberturas respectivamente de C-1 e C-4 e C-2 e C-3.

Na CQ, ficam armazenados HCl e NaOCl_2 e também onde é preparada uma solução de ClO_2 , a qual é dosada automaticamente em local pré-estabelecido no C-BP, a montante da área onde são medidas as vazões dos efluentes a desinfetar.

Todos os efluentes tratados e desinfetados na ETE, a partir de fevereiro do ano de 1999, são conduzidos para o PV-5, retornando assim ao emissário, até alcançar o PV-10, cuja extremidade final deságua em uma drenagem natural, daí, escoando por gravidade até o local de deságüe dos mesmos, situado na margem direita do rio Camboriú.

3.1.1.3.7 Dados de Projeto da ETE

As características dimensionais da ETE projetada estão contidas na Tabela 8.

TABELA 8: CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS DA ETE DA SEDE DA CIDADE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ, SC.

Denominação da Lagoa	Tempo de Detenção (d)	Área Superficial (ha)	Lâmina Líquida de Projeto (m)	Lâmina Mínima Operacional (m)
Anaeróbia 1	5	1,56	3,00	2,5
Anaeróbia 2	5	1,69	3,00	2,5
Facultativa 1	17	6,32	1,75	1,25
Facultativa 2	17	8,75	1,75	1,15
Intermediária (*)	**	1,60	1,40 a 1,85	**

FONTE: Memorial de Cálculo da Tecnosan Engenharia S/A (1980).

(*) A Intermediária nesta dissertação corresponde à LF-E até janeiro do ano de 1999, quando a mesma passou a receber a denominação L-L, tendo em vista operar como uma floco-decantador do sistema de tratamento químico com FeCl_3 , situando entre a LA-2 e a LF-2.

(**) Informações não disponibilizadas na FONTE.

A seguir encontra-se também a Tabela 9 que contem os dados de projeto referentes a ETE de Balneário Camboriú.

TABELA 9: PARÂMETROS E PROJETOS DA ETE BALNEÁRIO CAMBORIÚ.

	Fixa	Flutuante	Total
População Esgotável (hab)	33.162	99.484	132.646
Vazão (m ³ /d)	7.461	22.384	29.845
Carga Orgânica (Kg DBO/d)	1.790	5.372	7.162

FONTE: Memorial de Cálculo da Tecnosan Engenharia S/A (1980).

Quando da discussão dos resultados, serão confrontados os dados do projeto com os obtidos durante a operação da ETE nos meses de janeiro a março de 1999 e 2000.

3.2 METODOLOGIA EMPREGADA

A pesquisa dos coagulantes à serem adotados no sistema de tratamento foi dividida em duas etapas. Na primeira etapa foram testados vários coagulantes,

destacando-se apenas três, os quais foram utilizados nos ensaios de *Jar Test* com amostras de esgoto bruto do STE de Balneário Camboriú.

3.2.1 ENSAIOS PRELIMINARES: *JAR TEST*

Os experimentos foram realizados na ETE de Balneário Camboriú (Lagoas de Estabilização), com amostras coletadas, devidamente acondicionadas e transportadas para o laboratório da CASAN, também localizado no mesmo Município.

Os ensaios foram realizados no decorrer do ano de 1998 com o emprego do aparelho *Jar Test*, da marca MILAN, com variação de 0 a 120 rpm (rotações por minuto). E as amostras dos efluentes a pesquisar foram colocadas em seis *becker* de vidro com capacidade útil unitária de 1 (um) litro, contendo em cada um deles uma haste vertical, em cuja extremidade inferior se encontrava instalada uma paleta de aço, tendo no topo da haste uma polia com ranhura por onde passava uma correia de couro. O sistema de transmissão era feito através de polias que eram acionadas por um motor elétrico. Ligou-se o aparelho na máxima rotação e simultaneamente foram colocadas em cada uma delas uma certa quantidade de cada solução.

Em seguida, iniciou-se a mistura rápida em torno de 1 minuto, enquanto que a lenta, em função da solução dosada, variou de 4 a 25 minutos, sendo que as rotações variaram de 120 a 20 rpm, que correspondem aos valores máximos e mínimos das rotações adotadas nos ensaios.

Durante os períodos da mistura rápida e da mistura lenta, visualmente, foi verificada a formação dos coágulos e desenvolvimentos dos flocos.

Os tempos adequados para sedimentação e clarificação também foram variáveis em função do produto químico dosado.

Após os quinze minutos de duração dos ensaios, foram deixadas as amostras floculadas em cada um dos seis *beckers*, em repouso, durante mais quinze minutos, quando se verificou qual deles apresentava menor coloração, menor quantidade de flocos em suspensão, tanto no espelho de líquido como no próprio Becker, assim como a quantidade de flocos decantados.

Após a clarificação foram coletadas amostras para efetuar-se as análises físico-químicas e exames, valendo ressaltar que também foram analisados os esgotos brutos.

Em cada amostra, além da observação dos volumes de lodo acumulados no fundo dos *beckers*, foram analisados parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, antes e após os ensaios.

Foram determinados os seguintes parâmetros físico-químicos em amostras antes e após os testes, conforme metodologia do Standard Methods, 19th ed.

pH brutas e clarificadas

Cor brutas e clarificadas

Turbidez brutas e clarificadas

Sólidos sedimentáveis clarificadas

DBO clarificadas

DQO brutas e clarificadas

Coli. Totais brutas e clarificadas

C. coli – *Escherichia coli* brutas e clarificadas

As principais soluções empregadas nos experimentos foram de Sulfato de Alumínio com concentração de 10%, Cal com concentração de 2,5% e Cloreto Férrico com concentração de 40%.

De acordo com os resultados das análises físico-químicas e dos exames bacteriológicos, assim como das dosagens das soluções, determinou-se o coagulante que seria aplicado na ETE, levando-se em consideração as vantagens e desvantagens inerentes à aplicação de cada um deles. Os ensaios foram realizados nos meses de agosto e setembro do ano 1998 e o monitoramento foi efetuado nos meses de janeiro a março dos anos 1999 e 2000.

Os pontos monitorados (FIGURA 6) são apresentados a seguir:

P1 → CT: câmara de tranquilização aonde todos os esgotos brutos chegam na ETE e daí são conduzidos para a caixa equipartidora de vazão (CEV) e desta são conduzidos para as Lagoas Anaeróbias 1 e 2 (LA-1 e LA-2);

P5.1 → C-TQ: Caixa de Dosagem de cloreto férrico, onde todos os efluentes das lagoas anaeróbias 1 e 2 são reunidos e recebem a dosagem do coagulante

P8.1 → CE-8.1: Caixa Extravasora 8.1 de onde escoam uma metade dos efluentes clarificados na Lagoa de Lodo (L-L) para a Lagoa Facultativa1 (LF-1);

P6 → CE-6: Caixa Extravasora 6 de onde escoam todos os efluentes da Lagoa Facultativa 1 (LF-1) para o emissário;

P7 → CE-7: Caixa Extravasora 7 de onde escoam todos os efluentes da Lagoa Facultativa 2 (LF-2) para o emissário;

4 A PRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 ENSAIOS PRELIMINARES

4.1.1 CAL HIDRATADA

Durante os ensaios com Cal Hidratada Ca(OH)_2 , verificou-se de acordo com a Tabela 1, o valor médio final de sólidos sedimentáveis nos efluentes clarificados foi de 16,33 mL/L, enquanto que os valores médios de C. coli – *Escherichia coli*/100 mL nos efluentes brutos e clarificados foram respectivamente 28175 e 7930

Os ensaios foram realizados com dosagens crescentes de 50 mg/L a partir de 250 mg/L, em seis *beckers*, apresentando na Tabela 10 os resultados referentes aos ensaios com melhores respostas.

TABELA 10: ENSAIO COM CAL HIDRATADA NOS EFLUENTES DA LA-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ.

	26/08/98	26/08/98	28/08/98	02/09/98	15/09/98
Dosagem (mg/L)	300	400	250	400	500
pH (brutos)	-	-	7,69	7,2	
pH (clarificados)	8,53	8,74	6,38	11,3	
Cor (brutos)	300	300	200	350	
Cor (clarificados)	40	40	40	100	
Turbidez (brutos)	85,6	65,6	116	167	
Turbidez (clarificados)	62,5	35,6	12,8	44,9	
Sólidos sedimentáveis (mL/L) (clarificados)	10	9,5	40	5,8	
DBO (mg/L O ₂) (clarificados)	15		-	24,14	
DQO (mg/L O ₂)	134,4	268,8	-	-	
DQO (mg/L O ₂) (clarificados)	-	-	-	92,80	358,40
Coli. Totais/100mL (brutos)	-	-		51.720	248.000
C. coli - <i>Escherichia coli</i> /100mL (brutos)				27.550	28.800
Coli. Totais/100mL (clarificados)	5.200	Zerou	-	11.620	100
C. coli - <i>Escherichia coli</i> /100mL (clarificados)	1.610	Zerou	-	15.760	100

4.1.2 Sulfato de Alumínio

Ao dosar-se solução de Sulfato de Alumínio, verificou-se de acordo com a Tabela 11, o valor médio final de sólidos sedimentáveis nos efluentes clarificados foi de 48 mL/L, enquanto que os valores médios de C. coli – *Escherichia coli*/100 mL nos efluentes brutos e clarificados foram respectivamente 242420 e 181126.

Os ensaios foram realizados com dosagens crescentes de 50 mg/L a partir de 50 mg/L, em seis beakers, apresentando-se os melhores resultados obtidos na Tabela 11.

TABELA 11: ENSAIO COM SULFATO DE ALUMÍNIO NOS EFLUENTES DA LA-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ.

	26/08/98	27/08/98
Dosagem (mg/L)	200	250
pH (clarificados)	7,68	-
Cor (brutos)	300	380
Cor (clarificados)	70	100
Turbidez (brutos)	85,6	259
Turbidez (clarificados)	21,4	17,9
Sólidos sedimentáveis (mL/L) (clarificados)	48	-
DBO (mg/LO ₂) (clarificados)	25	42
DQO (mg/L O ₂) (clarificados)	403,20	492,80
Coli. Totais/100mL (clarificado)	241.920	241.920
C. coli – <i>Escherichia coli</i> /100mL (clarificado)	120.331	241.920

4.1.3 Cloreto Férrico

Quando dos ensaios solução de Sulfato de Alumínio, verificou-se de acordo com a Tabela 2, o valor médio final de sólidos sedimentáveis nos efluentes clarificados foi de 28,25 mL/L, enquanto que os valores médios de C. coli – *Escherichia coli*/100mL os efluentes brutos e clarificados foram respectivamente 1454000 e 11947.

Os ensaios foram realizados com dosagens de crescentes de 20 mg/L a partir de 110 mg/L, em seis beakers, apresentando-se os melhores resultados obtidos na Tabela 12.

TABELA 12. ENSAIO COM CLORETO FÉRRICO NOS EFLUENTES DA LA-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ.

	16/09/98	16/09/98	16/09/98	16/09/98
Dosagem (mg/L)	170	170	210	270
pH (brutos)	7,1	7,02	-	-
pH (clarificados)	6,36	6,36	-	
Cor (brutos)	200	250	-	-
Cor (clarificados)	70	70	30	25
Turbidez (brutos)	116	173	-	-
Turbidez (clarificados)	41,4	28,5	15,4	7,36
Sólidos sedimentáveis (mL/L) (clarificados)	25	23	30	35
DQO inicial (mg/L O ₂) (brutos)	153,6	204,8	179,2	230,4
DQO final (mg/L O ₂) (clarificados)	-	-	-	-
Coli. Totais/100mL (brutos)	1.203.310	1.203.310	1.203.310	1.203.310
C. coli – <i>Escherichia coli</i> /100mL (brutos)	727.000	727.000	727.000	727.000
Coli. Totais/100mL (clarificados)	19.862	14.136	17.328	14.136
C. coli – <i>Escherichia coli</i> /100mL (clarificado)	14.136	12.956	8.664	12.033

4.1.4 Policloreto de Alumínio

Durante os ensaios com o policloreto de alumínio verificou-se que o mesmo produziu um precipitado razoavelmente consistente e líquido bastante clarificado, assim como uma razoável redução dos índices de coliformes totais e fecais.

Os ensaios foram realizados com dosagens de crescentes de 10 mg/L a partir de 120 mg/L, em seis beakers, apresentando-se os melhores resultados obtidos na Tabela 13.

TABELA 13: ENSAIO COM POLICLORETO DE ALUMÍNIO NOS EFLUENTES DA LA-2 DA ETE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ.

	15/09/98	16/09/98
Dosagem (mg/L)	150	140
pH (brutos)	7,35	7,02
pH (clarificados)	-	6,71
Cor (brutos)	-	250
Cor (clarificados)	30	10
Turbidez (brutos)	-	173
Turbidez (clarificados)	9,59	14,3
Alc. Total (mg/L CaCO ₃) (brutos)	225	230
Alc. Total (mg/L CaCO ₃) (clarificados)	-	170
Sólidos sedimentáveis (mL/L) (clarificados)	40	25
DQO (mg/L O ₂) (clarificados)	563,2	204,8
Coli. Totais/100mL (brutos)	248.100	1.203.310
C. coli – <i>Escherichia coli</i> /100mL (brutos)	28.800	727.000
Coli. Totais/100mL (clarificados)	98.040	15.530
C. coli – <i>Escherichia coli</i> /100mL (clarificados)	38.730	11.198

De acordo com os resultados das análises físico-químicas e dos exames bacteriológicos dos testes realizados nos efluentes pré e pós-dosagens dos produtos químicos, determinou-se o coagulante que seria aplicado na ETE, levando em consideração as vantagens e desvantagens inerentes à aplicação de cada um deles.

Nas Tabelas 14 e 15, estão contempladas as vantagens e desvantagens respectivamente de cada produto químico testado em relação à:

Redução de *C. coli* – *Escherichia coli*

Quantidade de lodo

Foram considerados como Ótimos, Bons, Regulares e Insuficientes os valores médios finais, contidos nas Tabelas 10 a 13, dos parâmetros obtidos das nos exames bacteriológicos dos efluentes clarificados como segue:

- NMP/100 mL de *C. coli* - *Escherichia coli*: Bons – redução acima de 75%
- NMP/100 mL de *C. coli* - *Escherichia coli*: Regulares – redução entre 50 e 75%.

□ NMP/100 mL de C. Coli - *Escherichia coli*: Insuficientes – redução menor que 50%;

Com relação às quantidades de sólidos sedimentáveis nos efluentes clarificados considerou-se o que segue:

□ Quantidade média de lodo (sólidos sedimentáveis - mL/L): Mínima: menor do que 20;

□ Quantidade de lodo (sólidos sedimentáveis - mL/L): Pequena: 20 e 30

□ Quantidade de lodo (sólidos sedimentáveis - mL/L): Média: 30 a 40

□ Quantidade de lodo (sólidos sedimentáveis - mL/L): Grande: acima de 40

Tais considerações estão contidas na Tabela 14 abaixo.

TABELA 14: CORRELAÇÃO ENTRE PRODUTOS QUÍMICOS TESTADOS E AS RESPECTIVAS VANTAGENS OPERACIONAIS.

Produtos Químicos Vantagens	Cal (Hidróxido de Cálcio)	Sulfato de Alumínio	Plocloroeto de Alumínio	Cloreto Férrico
Reduções de NMP/100 mL C. coli. – <i>Escherichia coli</i> .	71,85% (regular)	25,28% (insuficiente)	98,46% (boa)	93,57 boa
Quantidade de sólidos sedimentáveis contida no efluente clarificado (mL/L)	16,33 (mínima)	32,50 (média)	48,00 (grande)	28,25 (pequena)

TABELA 15: CORRELAÇÃO ENTRE PRODUTOS QUÍMICOS TESTADOS E AS RESPECTIVAS VANTAGENS OPERACIONAIS COM RELAÇÃO AO PREPARO E DOSAGEM DE SOLUÇÃO

PRODUTOS QUÍMICOS	Cal (Hidróxido de Cálcio)	Sulfato de Alumínio	Policloreto de Alumínio	Cloreto Férrico
Preparo de solução	Complexa	Não é necessário	Não é necessário	Não é necessário
Dosagem de solução	Complexa	Simples	Simples	Simples

É necessário armazenagem e estocagem de cal em edificação e para o preparo da solução precisa-se dissolve-lo em tanque de misturador com fazer dosagem através de dosador de leite de cal. A dissolução de cal assim como a respectiva dosagem dependem de energia elétrica e ainda consome-se água (se a solução, por exemplo, tiver concentração de 10% para cada 100 kg de cal hidratada requeridos

900 litros de água para fazer a mistura, ainda dosagem do referido produto químico e operação e manutenção dos referidos equipamentos incluindo monta-carga que também é acionado por motor elétrico. A precipitação de parcelas dos sólidos em suspensão contidos na solução ocorre principalmente nas canalizações que interligam o tanque de dissolução ao dosador do leite de cal assim como entre a saída do referido dosador e o ponto de aplicação da mesma na água residuária a ser tratada.

Os custos de aquisição dos produtos químicos, em reais por kg, foram os seguintes: Cal Hidróxido de cálcio (ensacado e em pó) - 0,10; Sulfato de alumínio - 0,13; Policloreto de alumínio - 1,10 e Cloreto férrico 0,39, os três últimos em solução.

4.2 O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ: CONSIDERAÇÕES GERAIS

Durante os meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000 verificou-se:

4.2.1 ESTAÇÃO DE RECALQUE (ER-1)

Para atender, em ocasiões não freqüentes, a falta de suprimento de energia elétrica pela CELESC S/A, aos conjuntos elevatórios instalados na ER-1, foi adquirido e instalado um Gerador a óleo Diesel, no ano de 1998, para que a operação dos equipamentos não sofresse problemas de continuidade.

Sem a disponibilização do referido gerador, a falta de suprimento de energia elétrica causava paralisação dos conjuntos elevatórios, cuja consequência seria obviamente o extravasamento de todos os esgotos brutos afluentes ao poço de sucção da ER-1.

Tal extravasamento causaria impacto ambiental no rio Camboriú, que poderia ser absorvido ou não por ele, dependendo das características dos esgotos assim como das águas do citado rio, inclusive da vazão.

4.2.2 CÂMARA DE TRANQUILIZAÇÃO (CT) E CÂMARA EQUIPARTIDORA DE VAZÃO (CEV)

Percebe-se o odor característico do esgoto bruto ao aproximar-se da CT e da CEV, tendo em vista que ambas têm aberturas nas suas lajes de cobertura.

Ainda se verifica nas CT e CEV que a coloração dos afluentes é variável em função das contribuições dos esgotos domésticos, ligações clandestinas (águas pluviais e esgotos domésticos), águas de infiltração (lençol freático) e outras, como águas pluviais provenientes de escoamento em vias públicas e águas salgadas.

No início do segundo trimestre do ano de 2000, iniciaram-se as obras relativas ao tratamento preliminar, constituído do novo Poço de Tranqüilização, Gradeamento Eletro-Mecanizado e Manual, Caixa de Areia Eletro-Mecanizada e Medidor de Vazão, as quais foram concluídas no início de dezembro do ano de 2001.

Espera-se com a operação do tratamento preliminar uma melhoria significativa na qualidade dos afluentes a serem tratados nas LA-1 e LA-2. Os materiais grosseiros, em suspensão, principalmente, preservativos e sacos plásticos de várias origens, areia e silte, dentre outros, que não foram retidos nos poços de sucção das elevatórias e da ER-1, serão removidos antes de iniciar-se o processo de tratamento anaeróbio nas referidas lagoas.

4.2.3 LAGOA ANAERÓBIA 1 (LA-1)

Na LA-1, é tratada metade da vazão afluente a ETE. A água residuária doméstica (esgoto sanitário), contida na LA-1, apresenta cor predominantemente cinza claro e, às vezes, cinza escuro e odor característico.

No espelho da referida água é freqüente a presença de sólidos em suspensão, principalmente, sacos plásticos, preservativos e outros, tendo em vista que não existia e nem está em operação o tratamento preliminar (atualmente em obras) para remoção de areia, silte e sólidos grosseiros. É importante também destacar que os "cestos" instalados sob os terminais das tubulações, que alimentam todas as estações elevatórias e da ER-1, não são eficazes.

Na LA-1, foram construídas as CE-TQ2 e CE-TQ3, situadas no lado oposto às CE-2 e CE-3. Quando se realiza o tratamento biológico, as primeiras ficam em operação e as segundas fora de operação, quando do tratamento químico, ocorre o inverso.

.Em face de não ter sido implantado o sistema de tratamento preliminar, ocorreram e ocorrem sedimentações na LA-1 de areia e silte em suspensão, nas águas residuárias a tratar, o que acarretou manutenção (retirada posterior e disposição final de tais sedimentos), em intervalo de tempo inferior ao previsto pela CASAN, isto é 10 (dez anos).

4.2.4 LAGOA ANAERÓBIA 2 (LA-2)

Na LA-2, é tratada outra metade da vazão afluyente a ETE. Ainda, na LA-2, são lançados efluentes, conduzidos por caminhões limpa-fossas, depois de serem submetidos a tratamento preliminar e primário, da ordem de 50.000 l/d.

A água residuária doméstica (esgoto), contida na LA-2, apresenta cor predominante cinza-claro, às vezes, cinza-escuro e odor característico. No espelho da referida água é freqüente a presença de sólidos em suspensão principalmente sacos plásticos, preservativos e outros, tendo em vista não existir e por ainda não estar em operação o tratamento preliminar (atualmente em obras) para remoção de areia, silte e sólidos grosseiros. É importante destacar que os "cestos" instalados sob os terminais das tubulações, que alimentam todas as estações elevatórias e da ER-1, não são eficazes.

Na LA-2, foi construída a CE-TQ4, situada no extremo oposto da diagonal, que se inicia na CE-4, permanecendo a CE-5. Quando se realiza o tratamento químico, as CE-4 e CE-5 ficam fora de operação e, em consequência, as CE-TQ4 e CE –TQ5 ficam em operação.

Em razão de não estar em operação o sistema de tratamento preliminar, ocorreram e ocorrem sedimentações na LA-2 de areia e silte em suspensão, nas águas residuárias a tratar, o que acarretou manutenção (retirada posterior e disposição final de tais sedimentos), em intervalo de tempo inferior ao previsto pela CASAN, isto é, 10 anos de operação.

4.2.5 LAGOA FACULTATIVA EXISTENTE (LF-E) TAMBÉM DENOMINADA LAGOA DE LODO (L-L).

Todos os efluentes tratados biologicamente nas LA-1 e LA-2 são descarregados na C-TQ, onde é dosada a solução de FeCl_3 .

Quando do emprego do tratamento químico, os efluentes coagulados na C-TQ são conduzidos para a CP-EC ou DCF, através de uma tubulação, por gravidade, e dela inicia-se uma outra tubulação, cujo terminal descarrega os efluentes em processo de floculação na Lagoa de Lodo (L-L). A CP-EC ou DCF pode ser utilizada também para dosagem da solução de Cloreto Férrico.

A LF-E, iniciada a operação com dosagem de solução de FeCl_3 , é denominada de Lagoa de Lodo (L-L). Em vista dos flocos resultantes das reações entre a referida solução e os compostos químicos e orgânicos, contidos nos efluentes tratados biologicamente nas LA-1 e LA2, desenvolverem-se e decantarem os efluentes líquidos dessa lagoa, ficando clarificados.

Os flocos decantados e adensados foram removidos da L-L, após a operação da ETE, durante os meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, sendo o volume estimado da polpa (água mais floco) de 1.000 m^3 .

Na LF-E existia apenas a CE-8, de onde os efluentes eram conduzidos para a LF-2, quando passou a ser operada como Lagoa de Lodo (L-L) foi necessária a implantação da CE-8.1 tendo em vista que a primeira não tinha capacidade para conduzir todas as águas clarificadas na L-L para a LF-2, como também para alimentar independentemente com vazões iguais às LF-1 e LF-2.

Na L-L, verificou-se a ocorrência de flotação (espuma), decorrente das reações do coagulante com os efluentes em tratamento, sob ação de velocidades diferentes nos dois tramos de alimentação da Caixa de Dosagem de Produto Químico, sem muita expressão.

Ainda, na L-L, não foi sentida a exalação de maus odores nem a presença de algas no espelho do efluente clarificado.

4.2.6 LAGOA FACULTATIVA 1 (LF-1)

A metade dos efluentes clarificados na L-L flui para a CE-8 e daí são conduzidos para a LF-1. Os efluentes da LF-1 fluem para a CE-6 e daí para o PV-3 ou PV-AE, que recebe também os efluentes da LF-2. No PV-3, quando necessário é dosado o antiespumante e é onde se inicia o emissário final.

Verificou-se que o maior desenvolvimento de algas encontrava-se na lâmina de água residuária, em tratamento, sobre as bermas e que, em alguns dias dos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, acontece a presença de mosquitos, há

flotação de flocos de “lodo”, desenvolvimento de vegetação aquática na parte intermediária da LF-1, assim como, sentida exalação de maus odores. Durante todo ano, também, há presença constante de aves aquáticas e de jacarés.

Contiguamente à CE-6, existe o R-6, que é utilizado para operação e manutenção da LF- 1.

4.2.7 LAGOA FACULTATIVA 2 (LF-2)

A outra metade dos efluentes clarificados na L-L fluem para a CE-8 e daí conduzidos para a LF-2.

Os efluentes da LF-2 fluem para a CE-7 e daí conduzidos para o PV-1, deste para o aí para o PV-2 e finalmente para o PV-3 que recebe também os efluentes da Lagoa Facultativa 1 (LF-1).

No PV-3, quando necessário, é dosado o antiespumante e é onde se inicia o emissário final.

Verificou-se que o maior desenvolvimento de algas encontrava-se na lâmina de água residuária em tratamento sobre as bermas.

Em alguns dias dos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000 verificou-se a presença de mosquitos, há flotação de flocos de “lodo”, desenvolvimento de vegetação aquática na parte intermediária da LF-2 assim como sentida exalação de maus odores. Durante todo ano, há presença constante de aves aquáticas e de jacarés.

Contiguamente à CE-7, existe o R-7, que é utilizado para a operação e manutenção das LF-1 e LF2.

4.2.8 EMISSÁRIO

O emissário, que opera por gravidade, inicia-se no PV-3 e desenvolve-se até o local onde deságua, na montante do bueiro celular, sob a BR-101, ficando próximo à ponte, onde passa o rio Camboriú, no sentido Itapema – Balneário Camboriú, de onde é conduzido até a margem direita do mesmo rio.

No referido emissário, foi construído o Canal By-Pass (C.B.P) em forma de “U”, no qual é medida a vazão de todos os efluentes tratados biológica e quimicamente

na ETE para que se possa dosar a solução de Dióxido de Cloro (desinfetante) a partir de fevereiro do ano de 1999.

Depois das medições dos efluentes e dosagem do desinfetante, os efluentes desinfetados retornam ao emissário e, após percorrerem uma distância de aproximadamente 1.200 m, deságuam a cerca de 10 (dez) metros da montante do bueiro celular supracitado. A dosagem do desinfetante foi realizada a fim de atender-se a Legislação Ambiental vigente no que diz respeito aos índices colimétricos.

As figuras N^{os}. 7 a 40, (anexos N^{os}. 7 a 40) ilustram as várias unidades do sistema de tratamento de esgoto, a partir da ER-1 até o corpo receptor.

4.3 AVALIAÇÃO DO SISTEMA

4.3.1 CAPACIDADE DO SISTEMA: VAZÃO

Foi instalado, ainda, um macromedidor no trecho do emissário entre a ER-1 e a margem esquerda do rio Camboriú, que possibilita a medição de todos os esgotos brutos afluentes da ETE.

Salienta-se que, para a medição de cada um dos conjuntos elevatórios instalados na ER-1, existem também os respectivos horímetros que registram o número de horas de operação de cada um deles.

Nos períodos em que foram realizadas as dosagens da solução de cloreto férrico, janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, as vazões dos efluentes recalçados para a ETE variaram acentuadamente como era de se esperar, pois a ER-1 opera intermitentemente.

Em períodos de chuvas torrenciais opera-se com capacidade plena, isto é, com os 5 conjuntos elevatórios, com uma vazão unitária de 145 L/s, tendo em vista que parte das águas pluviais é introduzida na rede coletora através dos poços de visitas. Portanto, elas são conduzidas para a rede coletora, através de remoções de tampões dos poços de visita por algumas pessoas, a fim de evitar que as águas adentrem em suas residências.

As vazões utilizadas para dosar-se as soluções de FeCl_3 foram determinadas, através de medições das alturas das lâminas de esgotos, nos topos dos *stop-log*

instalados nas CE-TQ2 e CE-TQ3 e CE-TQ4 e CE-TQ5, que atuam como vertedores retangulares, logo com melhor precisão relativa.

A média das médias das vazões dos esgotos tratados quimicamente, no período compreendido entre janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, foi de 149,43 L/s.

Os valores referentes às vazões dos esgotos na ETE, assim como as dosagens de cloreto férrico, os volumes das lagoas com respectivos tempos de detenção hidráulica e o número de horas de monitoramento nos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, estão contidos nos Anexos Nos. 1 a 6, Tabelas 16 a 21.

4.3.2 PRINCIPAIS PARÂMETROS ESTUDADOS

4.3.2.1 Temperatura: ° C

Segundo Metcalf & Eddy (1991), a temperatura das águas residuárias domésticas é geralmente mais alta do que aquela do abastecimento de água, por causa da adição de água quente das atividades doméstica e industrial.

As médias das médias de Temperatura, em ° C, nos esgotos, em pontos de coleta de amostras na ETE, nos períodos compreendidos entre janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, P-1, P-6 e P-7 foram respectivamente 26,68; 26,04 e 26,38. Todos os valores determinados estão dentro dos limites estabelecidos em projeto e na Legislação Ambiental vigente, isto é, não superior a 40° C.

Os valores referentes às temperaturas médias dos esgotos nos pontos P-1, P-5.1, P-8, P-6 e P-7 da ETE, assim como os respectivos números de amostras monitoradas, estão contidos nos Anexos N^{os}. 7 a 12 nas Tabelas 22 a 27 em anexo.

4.3.2.2 O pH

Segundo Metcalf & Eddy (1991), a concentração do íon hidrogênio é um importante parâmetro qualitativo de ambas as águas, naturais e residuárias, ressaltando que é fundamental na escolha do coagulante, tendo em vista que cada um deles tem melhor eficácia em determinada faixa de pH.

É possível que as variações do pH dos esgotos brutos foram decorrentes principalmente dos aportes de águas pluviais e/ou salgadas que são adicionadas

clandestinamente aos esgotos sanitários na rede coletora como exposto anteriormente.

As médias das médias de pH nos esgotos, em pontos de coleta de amostras na ETE, nos períodos compreendidos entre janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, P-1, P-6 e P-7 foram respectivamente 7,50; 7,04 e 7,28.

Os valores referentes ao pH na ETE, assim como o número de amostras monitoradas, por mês, durante os referidos anos e meses, estão contidos nos Anexos N^{os}. 13 a 18, Tabelas 28 a 33.

Todas as determinações do pH foram realizadas entre 8:00 e 9:00 horas das manhãs dos respectivos dias de coleta das amostras.

Todos os valores determinados estão dentro dos limites estabelecidos em projeto e na legislação ambiental vigente, isto é, não superior a 9,00 nem inferior a 6,5 ou 6,0, dependendo se o corpo receptor for classificado como de Classe 2 ou 7, segundo a Resolução CONAMA N^o 20. Essa última classificação é a que se adequa ao rio Camboriú no ponto de lançamento dos esgotos tratado. As águas são salobras e no referido local há influência diuturna das marés, principalmente, durante a preamar, provocando intrusão salina, o que pode ser constatado principalmente pelas variações de parâmetros como: pH, alcalinidade total, cloretos e conseqüentemente salinidade, e ressalta-se o rio Camboriú está classificado como de Classe 2.

4.3.2.3 Alcalinidade Total: (mg/L CaCO₃)

Segundo Metcalf & Eddy (1991), a alcalinidade em esgotos domésticos é devida à presença dos hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos de elementos tais como cálcio, magnésio, sódio, potássio, ou de amônia, entre eles, os carbonatos de cálcio e magnésio são os mais comuns. O esgoto doméstico é normalmente alcalino, sendo a alcalinidade proveniente das águas de abastecimento, águas pluviais e subterrâneas assim como de água salgada e outras águas servidas que adentram direta ou indiretamente nas redes coletoras.

No caso do sistema de coleta e transporte dos esgotos domésticos da sede do município de Balneário Camboriú, a alcalinidade tem a mesma origem citada por Metcalf & Eddy (1991), tendo em vista ocorrerem às mesmas situações.

Vale salientar que as águas subterrâneas mencionadas pelo mesmo autor são as oriundas dos poços tubulares profundos e do lençol freático (poços escavados e/ou infiltradas na própria rede coletora através das paredes dos Poços de Visita /ou dos ramais prediais).

As médias das médias da alcalinidade total em mg/L CaCO₃, nos esgotos, em pontos de coleta de amostras na ETE, nos períodos compreendidos entre janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, P-1, P-6 e P-7 foram respectivamente 253,73; 161,88 e 169,18. Os valores referentes à alcalinidade total na ETE, assim como o número de amostras monitoradas, estão contidos nos Anexos 19 a 24, Tabelas 34 a 39.

Os valores determinados para a alcalinidade total dos esgotos brutos em média podem ser considerados como sendo de um esgoto forte, de acordo com Metcalf & Eddy (1991), cujos limites para a concentração forte, média e fraca são respectivamente de 200, 100 e 50 mg/L em CaCO₃.

4.3.2.4 Cloretos: (mg/L) Cl

Ainda conforme Metcalf & Eddy (1991), os cloretos em águas naturais resultam da lixiviação de rochas e solos, contendo cloretos com os quais a água entra em contato assim como da intrusão de água do mar nas regiões costeiras.

No caso do sistema de coleta e transporte dos esgotos domésticos da sede do município de Balneário Camboriú, os cloretos têm a mesma origem citada por Metcalf & Eddy (1991), tendo em vista ocorrerem nas mesmas situações.

Vale salientar que as águas subterrâneas mencionadas pelo mesmo autor são oriundas dos poços tubulares profundos e do lençol freático (poços escavados e/ou infiltradas na própria rede coletora através das paredes dos Poços de Visita /ou dos ramais prediais).

As médias das médias de cloretos em mg/L Cl, nos esgotos, em pontos de coleta de amostras na ETE, nos períodos compreendidos entre janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, P-1, P-6 e P-7 foram respectivamente 97,90; 131,76 e 139,42.

Os valores determinados para os cloretos dos esgotos brutos, em média, podem ser considerados como sendo de esgoto forte, segundo Metcalf & Eddy (1991), cujos limites para a concentração forte, média e fraca são respectivamente de 100, 50 e 30 mg/L em Cl.

Os valores referentes aos cloretos na ETE, assim como o número de amostras monitoradas, está contido nos Anexos N^{os} 25 a 30, Tabelas 40 a 45.

4.3.2.5 Oxigênio Dissolvido: (mg/L O₂)

Ainda de acordo com Metcalf & Eddy (1991), a quantidade de Oxigênio Dissolvido (também de outros gases), que pode estar presente em solução, é governada por (1) a solubilidade do gás, (2) a pressão parcial do gás na atmosfera, (3) temperatura, e (4) a pureza da água (salinidade, sólidos em suspensão, etc.).

Os teores de Oxigênio Dissolvido, determinados nos esgotos brutos afluentes à Câmara de Tranqüilização (CT) assim como nos efluentes das Lagoas Anaeróbias 1 e 2 (LA-1 e LA-2), na ETE de Balneário Camboriú, como era esperado, foram todos nulos, o que comprova que os mesmos estavam em estado anaeróbio e com exalação de maus odores.

As médias das médias de OD (oxigênio dissolvido) em mg/L O₂, nos esgotos, em pontos de coleta de amostras na ETE, nos períodos compreendidos entre Janeiro a Março dos anos de 1999 e 2000, P-1, P-6 e P-7 foram respectivamente 0,00; 1,69 e 2,77.

Os valores referentes ao oxigênio dissolvido na ETE, assim como ao número de amostras monitoradas, estão contidos nos Anexos N^{os} 31 a 36, Tabelas 46 a 51.

4.3.2.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio: DBO (mg/L O₂)

Segundo Metcalf & Eddy (1991), a DBO_{5d, 20° C} é o principal parâmetro indicador de poluição orgânica em águas residuárias e superficiais.

A medida da DBO_{5d, 20°C} é significativa para o controle da qualidade do tratamento de esgoto e da água, porque ela é usada para determinar a quantidade aproximada de oxigênio que será requerido para estabilizar a matéria orgânica presente.

Os dados da DBO são usados para dimensionamento das unidades de tratamento de esgotos (que para o caso de Balneário Camboriú foi de 54 g/hab.d) e para a medição da eficiência de alguns processos de tratamento, sendo também

utilizada para determinar-se não só a eficiência do processo de tratamento, mas, ainda, sua eficácia durante a operação do sistema.

Os valores determinados para a DBO dos esgotos brutos, em média, podem ser considerados como sendo os de um esgoto forte (METCALF & EDDY, 1991), cujos limites para a concentração forte, média e fraca são respectivamente de 300, 220 e 110 mg/L em O₂. Para Silva e Mara (1979), em análises típicas de várias águas residuárias de regiões temperadas e tropicais, as concentrações de DBO são consideradas: fraca, média, grande e muito grande, respectivamente, com os valores de 200, 350, 500 e 750 mg/L, portanto seriam enquadrados como de concentração fraca a média.

Na Noruega, segundo Odgaard (1989), os resultados da DBO são obtidos em 7 ao invés de 5 dias, como adotado no Brasil.

As médias das médias de DBO em mg/L O₂, nos esgotos, em pontos de coleta de amostras na ETE, nos períodos compreendidos entre Janeiro a Março dos anos de 1999 e 2000, P-1, P-6 e P-7 foram respectivamente 303,62; 53,15 e 64,66.

Os valores referentes a DBO na ETE, assim como ao número de amostras monitoradas, estão contidos nos Anexos N^{os}. 37 a 42, Tabelas 52 e 57.

4.3.2.7 Demanda Química de Oxigênio: DQO, (mg/L O₂)

De acordo com Metcalf & Eddy (1991), a análise da DQO é usada para medir o conteúdo de matéria orgânica de águas residuárias e naturais. O equivalente oxigênio da matéria orgânica que pode ser oxidado é medido por um agente químico oxidante forte em um meio ácido. O dicromato de potássio tem sido encontrado por ser excelente para este fim.

O teste de DQO é usado também para medir a matéria orgânica de águas residuárias municipais e industriais que contém compostos que são tóxicos à vida biológica. Tal medição de matéria orgânica é muito útil, tendo em vista que pode ser determinada em 3 horas, comparada com o prazo de 5 dias para a DBO.

Silva e Mara (1979) citam como desvantagem da determinação da DQO, não especificar a proporção de matéria orgânica existente na água residuária passível de ser oxidada por bactérias, nem a velocidade com que a bio-oxidação possa ocorrer.

Ainda conforme Metcalf & Eddy (1991), uma vez que a correlação tem sido estabelecida entre DBO e DQO, medições de DQO podem ser usadas com boa vantagem para obtenção de resultados que proporcionariam, se necessário, tomar uma medida corretiva em um intervalo de tempo relativamente pequeno para atenuar um impacto ambiental em um corpo receptor. Enquanto, a medida corretiva seria retardada ao adotar-se a DBO_{5d}, 20° C, tendo em vista que o processo de degradação já se encontraria em estágio avançado para operação de controle da estação de tratamento.

As médias das médias de DQO em mg/L O₂, nos esgotos, em pontos de coleta de amostras na ETE de Balneário Camboriú, nos períodos compreendidos entre janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, foram respectivamente nos pontos P-1, P-6 e P-7: 416,36; 171,38 e 178,35.

Os valores referentes a DQO na ETE, assim como ao número de amostras monitoradas estão contidos nos Anexos N^{os}. 43 a 48, nas Tabelas 58 a 63.

Os valores determinados para a DQO dos esgotos brutos, em média, podem ser considerados como sendo os de um esgoto médio a fraco (METCALF & Eddy, 1991), cujos limites para a concentração forte, média e fraca são respectivamente de 1.000, 500 e 250 mg/L em O₂. Para Silva e Mara (1979), em análises típicas de várias águas residuárias de regiões temperadas e tropicais, as concentrações de DQO são consideradas: fraca, média, grande e muito grande, respectivamente, com os valores de 400, 700, 1.000 e 1.500 mg/L, portanto seriam enquadrados como de concentração fraca.

4.3.2.8 Coliformes Totais: (NMP/100 mL)

De acordo com Metcalf & Eddy (1991), as bactérias patogênicas podem ser eliminadas por pessoas que estão infectados com doenças ou portadores de uma doença particular. Os organismos que podem ser excretados pelo homem causam doenças de trato intestinal, febre tifóide, diarreia, e em certas partes do mundo, cólera.

Por causa do número de organismos patogênicos presentes nos despejos, em águas poluídas são poucos e difíceis de isolar, sendo que os organismos coliformes, que são numerosos e mais facilmente testados, são utilizados como um organismo indicador.

A presença de organismos coliformes é tomada como um indicador daqueles organismos patogênicos que podem também estar presentes, e a ausência de organismos coliformes é tomada como um indicador que a água está livre de organismo que produzem doenças.

As médias das médias de Coliformes Totais em NMP/100mL, nos esgotos, em pontos de coleta de amostras na ETE de Balneário Camboriú, nos períodos compreendidos entre janeiro a março dos anos de 1999 e 2000m, foram respectivamente nos pontos P-1, P-6 e P-7: $1,89 \times 10^{11}$; $6,22 \times 10^5$ e $6,54 \times 10^9$.

Os resultados obtidos nos exames bacteriológicos dos efluentes finais, representados pelos pontos P-6 e P-7, do sistema de tratamento adotado na ETE, demonstram que o mesmo é eficiente com uma redução acima de 99%. Contudo não é eficaz a ponto de atender a legislação ambiental vigente, sendo necessária à desinfecção dos referidos efluentes, que foi implantada pela CASAN em fevereiro do ano 1999, optando pelo uso do Dióxido de Cloro.

Os valores referentes ao NMP/100mL de Coliformes Totais, assim como ao número de amostras monitoradas, estão contidos nos Anexos N^{os}. 49 a 54, Tabelas 64 a 69

4.3.2.9 C. coli – *Escherichia coli*. (NMP/100 mL)

Segundo Metcalf & Eddy (1991), as bactérias coliformes incluem os gêneros *Escherichia* e *Aerobacter*. O uso delas como um indicador de organismos é complicado pelo fato que a *Aerobacter* e certas *Escherichia* podem crescer no solo. Assim, a presença de coliformes nem sempre significa contaminação com despejo humano. Aparentemente, a *Escherichia coli* (E. coli) é totalmente de origem fecal, havendo dificuldade da sua determinação para a exclusão dos coliformes de solo; um resultado, o grupo de coliformes totais.

As médias das médias de C. coli – *Escherichia coli*. (NMP/100 mL), nos esgotos, em pontos de coleta de amostras na ETE de Balneário Camboriú, nos períodos compreendidos entre janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, P-1, P-6 e P-7 foram respectivamente $2,68 \times 10^{10}$; $1,32 \times 10^5$ e $8,71 \times 10^7$.

Os resultados obtidos nos exames bacteriológicos dos efluentes finais, representados pelos pontos P-6 e P-7 do sistema de tratamento adotado na ETE, no

período compreendido entre janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, demonstram que o mesmo é eficiente com uma redução acima de 99%. Contudo, não é eficaz a ponto de atender a legislação ambiental vigente, portanto, sendo necessária a desinfecção dos referidos efluentes com o emprego da solução de Dióxido de Cloro.

Os valores referentes ao C. Coli - *Escherichia coli*. (NMP/100mL) na ETE de Balneário Camboriú, assim como ao número de amostras examinadas, estão contidos nos Anexos N^{os}. 55 a 60, Tabelas 70 a 75.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

Este trabalho investigou a busca de alternativas para tratamento de esgotos sanitários mediante o uso de produtos químicos. Pesquisou e avaliou alternativas de tratamento de esgotos sanitários para o atendimento da população fixa e flutuante nos meses de janeiro, fevereiro e março da Sede do Município de Balneário Camboriú, Estado de Santa Catarina. Como produtos químicos foram utilizados a cal hidratada, o sulfato de alumínio, o cloreto férrico e o policloreto de alumínio aplicados ao efluente das lagoas anaeróbias.

Para as condições experimentais, durante os ensaios preliminares, os resultados obtidos permitem concluir que:

- Nos ensaios com a cal hidratada verificou-se que o mesmo produziu nos efluentes clarificados o menor teor médio de sólidos sedimentáveis (16,33 mL/L) assim como os menores índices médios de *C. coli*. – *Escherichia coli*/100 mL nos efluentes clarificados. As dosagens que conduziram aos melhores resultados encontram-se entre 400 a 500 mg/L;
- O uso de sulfato de alumínio proporcionou a maior deposição de sólidos sedimentáveis (48 mL/L) contidos nos efluentes clarificados o que acarretaria manutenção maior em relação aos usos de cal hidratada, do cloreto férrico e policloreto de alumínio. Ainda verificou-se que após 24 horas de ensaios de jar test houve flotação do flocos sedimentados o que inviabilizaria sua dosagem. Os melhores resultados quanto às dosagens foram entre 250 e 500 mg/L;
- Com os ensaios realizados com o cloreto férrico, em termos qualitativos foram semelhantes aos citados anteriormente, com dosagens entre 170 e 270 mg/L e os teores médios de sólidos sedimentáveis nos efluentes clarificados (28,25 mL/L) e não produziu maus odores após 24 h (vinte e quatro horas) dos ensaios de jarros.
- Com o policloreto de alumínio verificou-se uma produção média de sólidos sedimentáveis da ordem de 32,50 mL/L e os melhores resultados foram para as dosagens de 140 e 150 mg/L. O policloreto de alumínio foi o produto químico

utilizado com maior preço de aquisição se comparados aos demais mesmo sendo suas dosagens inferiores as do cloreto férrico, cal hidratada e sulfato de alumínio.

- Emprego de cloreto férrico (FeCl_3), solução a 40% foi escolhido devido ao custo de aquisição e operacional. A dosagem, realizada por gravidade, não sendo necessário equipamentos eletro-mecânicos para a sua aplicação. Esta alternativa é fatível de ser implantada em localidades que tenham populações flutuantes.
- Decorrente dessa modificação de tratamento, o sistema operou em melhores condições atendendo de forma satisfatória no período de maior população contribuinte. Com a utilização do processo químico mediante o uso de cloreto férrico, associado às lagoas de estabilização, atendeu-se uma população estimada em 250.000 habitantes nos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, o que não seria possível uma vez que o sistema de tratamento tem capacidade para tratar os esgotos de uma população de 132.646 habitantes. Outras alternativas, estudadas por técnicos da CASAN envolveriam recursos financeiros elevados em torno de R\$3.000.000,00 (três milhões de reais) e outra em forma de B.O.T. através da Empresa ASTRASAND do Brasil / PAVICON no valor de R\$6.287.613,00 (seis milhões duzentos e oitenta e sete mil reais sendo que o dólar americano correspondia a R\$1,80 (hum real e oitenta centavos) todas demandariam tempo não inferior a um (um) ano para execução das respectivas obras.
- Com o uso do cloreto férrico no sistema de tratamento de Balneário Camboriú, destacam-se os resultados médios nos vários pontos de coleta das amostras analisadas e examinadas, P-1 (esgoto bruto), P-6 (efluente da LF-1) e P-7 (efluente da LF-2), quais sejam:
 - Temperatura, em ° C (26,68; 26,04; 26,38);
 - Alcalinidade Total, em mg/L CaCO_3 (253,73; 161,88; 169,18);
 - Cloreto, em mg/L Cl (97,90; 139,42; 131,76);
 - Oxigênio Dissolvido, em mg/L O_2 (0,00; 1,69; 2,77);
 - DBO, em mg/L O_2 (303,62; 64,66; 53,15);
 - DQO, em mg/L O_2 (416,36; 178,35; 171,38);
 - Coliformes Totais, em NMP/100mL ($1,89 \times 10^{11}$; $6,45 \times 10^9$; $6,22 \times 10^5$);
 - C. Coli – *Escherichia coli*, em NMP/100mL ($2,68 \times 10^{10}$; $8,71 \times 10^7$; $1,32 \times 10^5$);
 - Média das Vazões do Efluente Tratado (149,42 L/s);

- Média das Dosagens do Coagulante (197,76 mg/L de FeCl_3);
 - Tempo de Detenção Hidráulico (1,23 dias)
- Em consequência dos estudos realizados, especificamente aqueles referentes ao sistema de tratamento de esgotos do município de Balneário Camboriú apresenta-se uma série de sugestões buscando-se desse modo, um melhor desempenho do sistema:
- Manter o gerador em perfeitas condições para que durante os períodos de falta de energia elétrica sejam evitadas paralizações dos conjuntos elevatórios da ER-1.
 - Tais paralizações podem causar impacto ambiental significativo com extravasamento dos esgotos no rio Camboriú;
- Melhorar as condições operacionais dos conjuntos elevatórios da ER-1, evitando-se tempos de permanência excessivos no poço da estação de recalque e, conseqüentemente, problemas de maus odores;
- Manter programa de operação de limpeza do “cesto” da ER-1 e destino adequado do material grosseiro removido, evitando-se a passagem desse material para as unidades de tratamento.
- Manter, quando necessária, a dosagem do antiespumante nos efluentes tratados para minimizar o impacto ambiental que ocorre, em certos dias do ano, no corpo receptor.

As alternativas estudadas com emprego de produtos químicos consistiram na realização de Jar Test em laboratório da CASAN, situado no referido município, com amostras de efluentes brutos das lagoas anaeróbias e das facultativas. Foram utilizadas dosagens de soluções de Cloreto férrico (FeCl_3), Sulfato de Alumínio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e outros, sendo que as amostras antes e após os referidos ensaios foram submetidas a análises físico-químicas e exames bacteriológicos.

Assim, das alternativas estudadas, concluiu-se que para o tratamento químico deveria ser dosada a solução de (FeCl_3) nos efluentes das lagoas anaeróbias, tendo em vista que a referida solução foi a que apresentou maiores vantagens operacionais, ambientais e econômicas. Outras soluções foram testadas das quais destacaram-se as de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ambas factíveis de serem adotadas.

Com a adoção de tal medida, foi possível a partir de janeiro de 1999 o atendimento das populações fixas e flutuantes nos meses de janeiro a março dos anos de 1999 e 2000, meses em que ocorreram grandes afluxos de turistas para a sede do município de Balneário Camboriú.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- Aprofundar os estudos referentes à utilização de processos químicos associados aos processos biológicos, especificamente, lagoas de estabilização. Tal solução pode apresentar-se vantajosa para solucionar problemas de tratamento de esgotos em áreas que apresentem populações flutuantes.
- Pesquisar organismos biológicos presentes no sistema de tratamento, correlacionando-os às condições operacionais, climáticas e outras. Comparar com dados de outras regiões brasileiras.
- Estudar o lodo decantado para melhor caracterizá-lo, determinando procedimentos para desidratação desse lodo, bem como a possibilidade de seu reuso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-RAZIK, M.H. **Dynamic modelling of facultative waste stabilization ponds**. PhD Thesis, Imperial College, 1991.

ALVAREZ DA SILVA, M. O. S., **Análises físico-químicas para controle das estações de tratamento de esgotos**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1977. 22p. il.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER** 19^a Edition. Washington - DC, 1995.

ANDEREGG, I.A, WALTERS, C. F. and MIERS, N. T., **Esquimó algae making lagoons work at the Artic Cycle**. Artic Health Research Center USPHS. Anchorage, Alaska, Waste Engineering, june 1960. pp.42.

ARTHUR, J. P. **Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries**. WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER 7 – WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER 7. 1983. pp. 106.

ARCEIVALA, S. J. **Wastewater treatment and disposal**. Marcel Dekker, New York. 1981. pp. 892.

AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Tratamento de Águas de Abastecimento**. São Paulo: USP, 1966. 329 p.

AZEVEDO NETTO, J. M. de e HESS, M.L. **Tratamento de Águas Residuárias. Separata da Revista DAE**. São Paulo: Escolas Profissionais Salesianas, 1970. 216 p.

BRINCK, C. W. " Raw Sewage Lagoons in Montana". In "**Waste Stabilization Lagoons**", Proceedings of a Symposium, Kansas City, Mo., Aug. 1-5, 1960, USPHS Publ. No. 872. 112. 1961

BUGAY, E. L. **Relatório Final de Obras. Sistema de Esgotos Sanitários. Balneário Camboriú.** SC, 1985. 46 p.

CALDWELL, D. H. **Sewage Oxidation Ponds Performance, Operations and Design.** Sew. Wks. Journ., Vol. 18, No.3. May, 1946. 433-458.

CONSULTORES ASSOCIADOS BRASILEIROS S.A. (CAB). 1982.

CARVALHO, MARIA ESTER DE. Tratamento de Águas Residuárias Combinadas (Despejos Domésticos e Efluentes Industriais) Utilizando Lagoas de Estabilização em Escala Real. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. I-063. p. (241 – 246).

COLLOM, C.C. **Some Feature of the Manuku (Auckland) Sewerage Scheme**, New Zeland Inst. of Eng., Auckland Branch (20 june 1965). Reprinted in the Surveyor (1 September, 1956).

CONAMA. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. Diário Oficial da União. Brasília, 30 de julho de 1986, Seção I, 1986. p. 11356-61.

DANA-HURLBUT. **Manual de Mineralogia.** Editorial Reverté, S.A. Barcelona. 2ª Edición. 1960. pp. 600

FASANARO R. et al. **Laboratórios Naturais como Realizadores de Materiais e Despoluidores da Água.** Fundação Instituto Técnico de Economia e Planejamento – Núcleo Energético Executivo de Economia e Planejamento – Fontes Alternativas de Energia. Governo do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 1980. p. 41-52.

FASANARO R et al., **Reuso de Água Efluente de Lagoas de Estabilização Cultivada com Aguapé**. Anais do Primeiro Encontro Brasileiro de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento, Porto Alegre, 1982. 374 p.

FASANARO R. et al. **Relatório de Viagem**: Informa redução de consumo de sulfato de alumínio quando dosado polímero e oxigênio em testes com amostras de efluentes de lagoas facultativas de Balneário Camboriú. Indaial, SC, 6 mar 1992. p. 1-2.

FASANARO R. et al. Tratamento Biológico e físico-químico dos esgotos domésticos no município de Balneário Camboriú/SC: Considerações Iniciais. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Porto Alegre, 2000. P. 1-8.

FAIR, G. M. and GEYER, J. C. **Elements of Water Supply and WasteWater Disposal**. John Wiley & Sons, Inc. Third Printing, 1963. pp. 615.

FRENCH. D. E. **Municipal sewage lagoons**. Water and Sew. Wks. (June, 1956, R. 261).

GLOYNA E. F. Estanques de Estabilizacion de Aguas Residuales Organization Mundial de la Salud – OMS – GENEBRA. 1973. Pp. 192.

GONÇALVES, R. F. et al **Polimento do Efluente de Lagoas de Estabilização Através de Processo Físico-Químico**. SIDISA International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering. Proceedings Trento, Italy, Sannta Chiara Conference Center. 18-23 September 2000. pp. 271-280.

HAMMER, M. J. **Water and Waste-Water Technology**. JOHN WILEY & SONS. Inc. 1975. 502p. New York. (1975).

HICKLING, C. F. **Fish Culture**, Londres, Faber and Faber. 1962. pp. 31.

HODGSON, H. J. N. **The use of Ponds in the Disposal of Liquid Wastes**. Good Health, quarterly Bull. Dep. of Pub. Health, South Australia. No. 105 (January 1958)

HOPKINS, G.L. and NELL. J. K. **Raw Sewage Lagoons. Water and Sew.** Vol . 103, No. 12 (December 1956). pp. 566.

HOPKINS, G. J. and NELL, J. K. **Raw Sewage Lagoons** – A boom to small municipality – Waste and Sewage Works – June, 30, 1957, pp.-R-269.

HORTEGAL FILHA, M. do S.R. et al. Viabilidade do uso de lagoas de maturação na piscicultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. 1999. p. 3434-3441.

IAWPRC (1990) – **Small Wastewater Treatment Plant** .Wat. Sci. Tech. Vol. 22, No. ¾. pp. 1-17, 1989

IMHOFF, KARL. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. Edgard Blucher Ltda. 1986. 301 p.

JORDÃO E.P. e PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. CETESB. São Paulo, 1975. 554 p. ilus.

JUNGLES, A. E. et al. **Memorial descritivo do Sistema de Esgotos Sanitários (Lagoa de estabilização)**. Conjunto Habitacional Popular. São Domingos, SC, 1983. 29 p.

LIN, S. H., et al., (1999). **Treatment of Wastewater Effluent from a Industrial Park for Agricultural Irrigation**. Ver em:

<http://www.elsevier/locate/desal> (Desalination 128, 2000). pp. 257-267.

LUDUVICE, MAURÍCIO et al. Utilização de Coagulante Metálico no Aumento da Capacidade de Tratamento de ETES de Pequeno Porte. In: SILUBESA: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 6. Vol. 1, Tomo I, Florianópolis. 1994. p. 372-379.

MARA D. D. **Design Manual for Sewage Lagoons in the Tropics**, East African Literature Bureau, Nairóbi, (1975).

MARA, D. D. Waste stabilization ponds: effluent quality requirements and implications for process designs. In: 3RD IAWQ SPECIALIST CONFERENCE. WASTE STABILIZATION PONDS TECHNOLOGY AND APPLICATION. João Pessoa, PB, 27-31 março, 1995.

MARA, D.D.; MILLS, S. W.; H. W. AND ALABASTER, G. P. **Waste stabilization ponds**: A viable alternative for small community treatment systems. Jour. IWEM., 6, 72-78. 1992.

MARA, D.D. **Faecal coliforms p everywhere (but not a cell to drink)**. Water Quality International, 3, 29-30. (1995)

MARRECOS DO MONTE, M. H. F. & SOUZA, M. S. **Effects on crop of Irrigation with Facultative Pond Effluent**. Water Science and Technology. V.26 (7-8), 1603-1613. 1992.

McGARRY, M. G. and PESCOD, M.B. In: Proceedings of the Second International Symposium on Waste Treatment Lagoons, Kansas City, Mo., 1970.

McGARRY, M.G. Water Reclamation and Protein Production through Sewage Treatment. In: Proceedings of a Seminar on the Water Supply and Wastewater Disposal in Developing Countries, Asian Institute of Technology, Bangkok. pp. 234-242, 1971.

MEIRING, P. G. et al. **CSIR Special Report. WAT. 34.** Council for Science and Industrial Research, Pretoria, 1968.

METCALF & EDDY Inc. **Wastewater Engineering:** Treatment, Disposal and Reuse. 3^a ed., New York. McGraw-Hill. pp. 1334.

MOTA, F. S. B, e SANTAELLA, S. T. Utilização de esgoto tratado em irrigação: propostas para o Ceará. In: SIMPOSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2, 1994. Fortaleza. 1994. p. 119-28.

MOTA, S.; BEZERRA, F. C. and TOMÉ, L. M. Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1997. Anais. p. I-003, p. 20-25, Foz do Iguaçu, 1997.

MORENO J. Modelagem, matemática da relação entre DBO total e DBO solúvel versus a taxa de aplicação superficial, em lagoas de estabilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. p. 326-332.

ODEGAARD HALLVARD. **Appropriated Technology for Wastewater Treatment in Coastal Tourist Areas.** Wat. Sci. Tech. Vol. 21, No. 1, pp. 1-17, 1989.

ODEGAARD HALLVARD. **Optmised Particle separation in the Primary Step of Wastewater Treatment**. Wat. Sci. Tech. Vol. 37, No. 10, pp. 43-53, 1998.

ODEGAARD, H. e KARLSSON, I. Chemical wastewater treatment – Value for money. In: Chemical Water and Wastewater Treatment III, Klute abd Hanh (eds). Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, pp. 191-209

OLIVEIRA, L. F. F. de. Eficiências de remoção de carga orgânica por lagoas de estabilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. p. 317-326.

OLIVEIRA, R. de. Velocidade de remoção de coliformes fecais em um reservatório de estabilização alimentado com esgoto doméstico bruto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. P. 860-868.

OSWALD W. J. **“Fundamental Factors in Stabilization Pond Design”**. Conference on Biological Waste Treatment, Manhattan College, N. York, 1960.

OSWALD, W. J. "Resaerch and Installation Experiences". In “Waste Stabilization Lagoons”, Proceedings of a Symposium, Kansas City, Mo., Aug. 1-5, 1960 Publ. No. 872, 33. 1961.

PARKER, C.D; JOHNS, H. L. and TAYLOR, W.S. **Purification of Sewage in Lagoons, Sew. and Ind. Wastes**. Vol. 22, No. 6 (June, 1950). pp. 760-775.

PARKER, C.D; JOHNS, H. L. and GREENS, N.C. **Performance of large sewage lagoons in Melbourne, Australia**. Sewage and Industrial Wstes, 31, nº 2, feb. 1959, pp. 133-152.

PIMENTEL, J. S. **Lagoas de Estabilização com Auxílio Físico-Químico**. Anais do XI Encontro Técnico AESABESP, DIAS 22, 23 e 24 de agosto de 2000. ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP – SP. 1[SL], [SD]. p.746

ROCHA, MARIA LETÍCIA de A.F, ect al (1999), – Polimento do Efluente de Lagoas Facultativa Através de Coagulação/Floculação/Decantação. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. 1999. p. 431 – 440.

SANDINO, JULIÁN. Selección de Procesos em la definición de Esquemas de Tratamiento de Aguas Residuales para Varias Ciudades Latinoamericanas. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1999. Pp. (4077-4084).

SENA, O.L.D de. **A lagoa de estabilização como um processo de tratamento de esgoto**. 1960. 1961.Tese. (apresentada para Concurso de Livre Docente da Cadeira de “Higiene Geral, Higiene Industrial e dos Edifícios, Saneamento e Traçados de Cidades”). Escola Politécnica da Universidade da Bahia, Setembro. 1960. 1961. Revista em agosto de 1962.

SILVA, FERNANDO J.A. DA et al. Lagoas de estabilização no Ceará: Prospecto e tendências. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. I-124. p. 633-639.

SILVA, S. A., et al., Remoção de DBO5 e Sólidos Suspensos em um Reservatório de Estabilização Alimentado com Esgoto Doméstico Bruto. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. p. 831-838.

SILVA, S. A., et al., 1999 – Custeamento do Sistema Integrado de a de Estabilização do Distrito Industrial de Fortaleza – SIDI versus Tratamento Convencional. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20,1999. p. 855-859.

SILVA JR e SASSON, S. **Biologia 2: Seres vivos, estrutura e função** (Cesar e Cezar). 2. ed. São Paulo: Atual. 1993. p. 382.

SILVA, S. A., PEARSON, H.W. e MARA, D.D., Produção de Oxigênio Através de Ação Fotossintética em Diferentes Sistemas de Lagoas de Estabilização no Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 10, 1979.

SILVA S. A. E MARA, D.D. **Tratamentos Biológicos de Águas Residuárias: Lagoas de Estabilização**. 1. ed. Rio de Janeiro, 1979. 139 p.

SILVA, V. V., e al. Polimento do efluente final de um sistema australiano de lagoas de estabilização através de processo compacto físico-químico do tipo coagulação/floculação/decantação. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001. II-175. p. 1-9.

SMALLHOST, D.F. WALTON B.N. and MYERS, J. The use of Oxidation Ponds in Sewage Treatment. Off. Bull. N. Dakota Water and Sew. Wks. Conference (October, 1956).

SMALLHOST, D.F. "History of Oxidation Ponds in Southwest". In "Waste Stabilization Lagoons", Proceedings of a Synposium, Kansas City, Mo., Aug. 1-5, 1960, USPHS Publ. No. 872, 7. 1961.

STREIT, S. Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries - The Israeli Experience 90 - 97,

Appendix 3. World Bank Technical Paper Number 7. Washington, D.C. U.S.A. 1983. pp. 106.

SURVAL H. I., ADIN, A., FATTAL., RAWITZ, E & YEKUTIEL, P. Wastewater Irrigation in Developing Countries: Health Effects and Technological Solutions. World Bank Technical Paper Number 51. The WorldBank, Washington. DC. 1986.

SVORE, J. H. "History of Raw Sewage Lagoons in Midwest". In "Waste Stabilization Lagoons", Proceedings of a Symposium, Kansas City, Mo., Aug. 1-5, 1960, USPHS, No. 871, 33 . 1961.

TECNOSAN ENGENHARIA S/A. 1980.

TECNOSAN ENGENHARIA S/A. 1981.

TOWNE, W.W. and HORNING, W.B. "Some Observations on the Growth, Application, and Operation of Raw Stabilization Ponds". In "Waste Stabilization Lagoons", Proceedings of a Symposium, Kansas City, Mo., Aug. 1-5, 1960, USPHS Publ. No. 872, 33 . 1961.

Van ECK, H and SIMPSON D.F. Journal of Proceedings of the Institute Sewage Purification (3) 251, (1966)

VASQUEZ-MONIEL, O; HORAN, N. J. and MARA, D.D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. Water Science and Technology. V. 33 (10-11), 355-362. 1996.

VERNICK, ARNOLD S. and WALKER, ELWOOD C. Handbook of Wastewater DEKKER, Inc. 1981. pp. 299.

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização**. Princípios de Tratamento

Biológico de Águas Residuárias. V.3. 1996. 134 p.

YÁNEZ, F. **Lagunas de estabilization**. Teoria, diseño y mantenimiento, ETPA, Cuenca, Ecuador, 1993.

WASTE STABILIZATION LAGOONS. A Review of Research and Experience in Design, Construction and Maintenance U.S DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION AND WELFARE, Washington, DC – 1961.

WATTS, Dr. JOHN, (1996) Industrial Biological Wastewater Treatment Plants. Ver em: <http://www.msluk.demon.co.uk/industry.html>. pp. 14.

WHO. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. World Health Organization Technical Report Series, No 778. World Health Organization, Geneva. (1989).

W. J. EILBECK and MATTOCK, G., (1987), - Chemical Process in WasteWater Treatment. Ellis Horwood limited, Chichester, West Sussex, PO19, England. 1987. pp 331.

WPCF MANUAL OF PRACTICE No. 8 (1959) – Sewage Treatment Plant Design. pp. 375.

WPCF MANUAL OF PRACTICE No. 11 (1970) – Operation of Wastewater Treatment Plants. pp. 195.

ANEXOS

Anexo N^o. 1

TABELA 16 – Dosagens de solução de Cloreto Férrico nos afluentes da (LF-E) assim como as respectivas vazões, volumes e tempos de retenção hidráulica para as vazões máximas, médias e mínimas, em cada uma das (LF-1), (LF-2), (LF-E), durante 623 h, no mês de Janeiro de 1999.

Parâmetro	Máximo	Média	Mínimo
Dosagem (mg/L)	979,15	207,02	57,84
Volume (LA-1) (m ³)	43590,00	43590,00	43590,00
Vazão (LA-1) (m ³ /d)	16460,00	6455,46	388,80
Vazão (LA-1) (m ³ /h)	684,00	268,98	16,20
Vazão (LA-1) (L/s)	190,00	74,72	4,50
Retenção Hid (d)	2,66	6,75	112,21
Volume (LA-2) (m ³)	50377,50	50377,50	50377,50
Vazão (LA-2) (m ³ /d)	16460,00	6455,46	388,80
Vazão (LA-2) (m ³ /h)	684,00	268,98	16,20
Vazão (LA-2) (L/s)	190,00	74,72	4,50
Retenção Hid (d)	3,06	7,80	129,57
Volume (LF-E) (m ³)	15869,00	15869,00	15869,00
Vazão (LF-E) (m ³ /d)	32832,00	12910,92	777,60
Vazão (LF-E) (m ³ /h)	1368,00	537,96	32,40
Vazão (LF-E) (L/s)	380,00	149,43	9,00
Retenção Hid (d)	0,48	1,23	20,41
Volume (LF-1) (m ³)	99222,00	99222,00	99222,00
Vazão (LF-1) (m ³ /d)	1646,00	6455,46	388,80
Vazão (LF-1) (m ³ /h)	684,00	268,98	16,20
Vazão (LF-1) (L/s)	190,00	74,72	4,50
Retenção Hid (d)	6,04	15,37	255,20
Volume (LF-2) (m ³)	114910,00	114910,00	114910,00
Vazão (LF-2) (m ³ /d)	16416,00	6455,46	388,80
Vazão (LF-2) (m ³ /h)	684,00	268,98	16,20
Vazão (LF-2) (L/s)	190,00	74,72	4,5
Retenção Hid (d)	7,00	17,80	295,55

Anexo N° 2

TABELA 17 – Dosagens de solução de Cloreto Férrico nos afluentes da (LF-E) assim como as respectivas Vazões, Volumes e Tempos de Retenção Hidráulica para as vazões máximas, médias e mínimas, em cada uma das (LF-1), (LF-2), (LF-E), durante 670 h, no mês de Fevereiro de 1999.

Parâmetro	Máximo	Média	Mínimo
Dosagem (mg/L)	218,01	174,44	143,55
Volume (LA-1) (m ³)	43590,00	43590,00	43590,00
Vazão (LA-1) (m ³ /d)	20563,20	6371,96	1814,40
Vazão (LA-1) (m ³ /h)	856,80	265,50	75,60
Vazão (LA-1) (L/s)	238,00	73,75	21,00
Retenção Hid (d)	2,12	6,84	24,02
Volume (LA-2) (m ³)	50377,50	50377,50	5,377,50
Vazão (LA-2) (m ³ /d)	20563,20	6371,96	1814,40
Vazão (LA-2) (m ³ /h)	856,80	265,60	75,60
Vazão (LA-2) (L/s)	238,00	73,75	21,00
Retenção Hid (d)	2,4	7,91	27,77
Volume (LF-E) (m ³)	15869,00	15869,00	15869,00
Vazão (LF-E) (m ³ /d)	41126,40	12743,91	3628,80
Vazão (LF-E) (m ³ /h)	1713,60	531,00	151,20
Vazão (LF-E) (L/s)	476,00	147,50	42,00
Retenção Hid (d)	0,39	1,25	4,37
Volume (LF-1) (m ³)	99222,00	99222,00	99222,00
Vazão (LF-1) (m ³ /d)	20563,20	6371,96	1814,40
Vazão (LF-1) (m ³ /h)	856,80	265,50	75,60
Vazão (LF-1) (L/s)	238,00	73,75	21,00
Retenção Hid (d)	4,83	15,57	54,69
Volume (LF-2) (m ³)	114910,00	114910,00	114910,00
Vazão (LF-2) (m ³ /d)	20563,20	6371,96	1814,40
Vazão (LF-2) (m ³ /h)	858,80	265,50	75,60
Vazão (LF-2) (L/s)	238,00	73,75	21,00
Retenção Hid (d)	5,59	18,03	63,33

Anexo N.º 3

TABELA 18 – Dosagens de solução de Cloreto Férrico nos afluentes da (LF-E) assim como as respectivas vazões, volumes e tempos de retenção hidráulica para as vazões máximas, médias e mínimas, em cada uma das (LF-1), (LF-2), (LF-E), durante 664 h, no mês de Março de 1999.

Parâmetro	Máximo	Média	Mínimo
Dosagem (mg/L)	462,72	187,18	142,90
Volume (LA-1) (m ³)	43590,00	43590,00	43590,00
Vazão (LA-1) (m ³ /d)	5875,20	2990,43	864,00
Vazão (LA-1) (m ³ /h)	244,80	124,60	36,00
Vazão (LA-1) (L/s)	68,00	34,61	10,00
Retenção Hid (d)	7,42	14,58	50,45
Volume (LA-2) (m ³)	50377,50	50377,50	5377,50
Vazão (LA-2) (m ³ /d)	5875,20	2990,43	864,00
Vazão (LA-2) (m ³ /h)	244,80	124,60	36,00
Vazão (LA-2) (L/s)	68,00	34,61	10,00
Retenção Hid (d)	8,57	16,85	58,31
Volume (LF-E) (m ³)	15869,00	15869,00	15869,00
Vazão (LF-E) (m ³ /d)	11750,40	5980,87	1728,00
Vazão (LF-E) (m ³ /h)	489,60	249,20	72,00
Vazão (LF-E) (L/s)	136,00	69,22	20,00
Retenção Hid (d)	1,35	2,65	9,18
Volume (LF-1) (m ³)	99222,00	99222,00	99222,00
Vazão (LF-1) (m ³ /d)	5875,20	2990,4	864,00
Vazão (LF-1) (m ³ /h)	244,80	124,60	36,00
Vazão (LF-1) (L/s)	68,00	34,61	10,00
Retenção Hid (d)	16,89	33,018	117,84
Volume (LF-2) (m ³)	114910,00	114910,00	114910,00
Vazão (LF-2) (m ³ /d)	5875,20	2990,43	864,00
Vazão (LF-2) (m ³ /h)	244,80	124,60	36,00
Vazão (LF-2) (L/s)	68,00	34,61	10,00
Retenção Hid (d)	19,56	8,43	133,00

Anexo Nº. 4

TABELA 19 – Dosagens de solução de Cloreto Férrico nos afluentes da (LF-E) assim como as respectivas vazões, volumes e tempos de retenção hidráulica para as vazões máximas, médias e mínimas, em cada uma das (LF-1), (LF-2), (LF-E), durante 585 h, no mês de Janeiro de 2000.

Parâmetro	Máximo	Média	Mínimo
Dosagem (mg/L)	478,80	191,607	25,20
Volume (LA-1) (m ³)	43590,00	43590,00	43590,00
Vazão (LA-1) (m ³ /d)	8726,40	5285,09	1728,00
Vazão (LA-1) (m ³ /h)	363,60	220,21	72,00
Vazão (LA-1) (L/s)	101,00	61,17	20,00
Retenção Hid (d)	5,00	8,25	25,23
Volume (LA-2) (m ³)	50377,50	50377,50	5,377,50
Vazão (LA-2) (m ³ /d)	8726,40	5285,09	1728,00
Vazão (LA-2) (m ³ /h)	363,60	220,21	72,00
Vazão (LA-2) (L/s)	101,00	61,17	20,00
Retenção Hid (d)	5,77	9,53	29,15
Volume (LF-E) (m ³)	15869,00	15869,00	15869,00
Vazão (LF-E) (m ³ /d)	17452,80	10570,8	3456,00
Vazão (LF-E) (m ³ /h)	727,20	440,42	144,00
Vazão (LF-E) (L/s)	202,00	122,34	40,00
Retenção Hid (d)	0,91	1,50	4,59
Volume (LF-1) (m ³)	99222,00	99222,00	99222,00
Vazão (LF-1) (m ³ /d)	8726,40	5285,09	1728,00
Vazão (LF-1) (m ³ /h)	363,60	220,21	72,00
Vazão (LF-1) (L/s)	101,00	61,17	20,00
Retenção Hid (d)	11,37	18,77	57,42
Volume (LF-2) (m ³)	114910,00	114910,00	114910,00
Vazão (LF-2) (m ³ /d)	8726,40	5285,09	1728,00
Vazão (LF-2) (m ³ /h)	363,60	220,21	72,00
Vazão (LF-2) (L/s)	101,00	61,17	20,00
Retenção Hid (d)	13,17	21,74	66,50

Anexo Nº. 5

TABELA 20 – Dosagens de solução de Cloreto Férrico nos afluentes da (LF-E) assim como as respectivas vazões, volumes e tempos de retenção hidráulica para as vazões máximas, médias e mínimas, em cada uma das (LF-1), (LF-2), (LF-E), durante 653 h, no mês de Fevereiro de 2000.

Parâmetro	Máximo	Média	Mínimo
Dosagem (mg/L)	314,65	181,11	56,07
Volume (LA-1) (m ³)	43590,00	43590,00	43590,00
Vazão (LA-1) (m ³ /d)	8726,40	5285,09	1728,00
Vazão (LA-1) (m ³ /h)	363,60	220,21	72,00
Vazão (LA-1) (L/s)	101,00	61,17	20,00
Retenção Hid (d)	5,00	8,25	25,23
Volume (LA-2) (m ³)	50377,50	50377,50	5,377,50
Vazão (LA-2) (m ³ /d)	8726,40	5285,09	1728,00
Vazão (LA-2) (m ³ /h)	363,60	220,21	72,00
Vazão (LA-2) (L/s)	101,00	61,17	20,00
Retenção Hid (d)	5,77	9,53	29,15
Volume (LF-E) (m ³)	15869,00	15869,00	15869,00
Vazão (LF-E) (m ³ /d)	17452,80	10570,8	3456,00
Vazão (LF-E) (m ³ /h)	727,20	440,42	144,00
Vazão (LF-E) (L/s)	202,00	122,34	40,00
Retenção Hid (d)	0,91	1,50	4,59
Volume (LF-1) (m ³)	99222,00	99222,00	99222,00
Vazão (LF-1) (m ³ /d)	8726,40	5285,09	1728,00
Vazão (LF-1) (m ³ /h)	363,60	220,21	72,00
Vazão (LF-1) (L/s)	101,00	61,17	20,00
Retenção Hid (d)	11,37	18,77	57,42
Volume (LF-2) (m ³)	114910,00	114910,00	114910,00
Vazão (LF-2) (m ³ /d)	8726,40	5285,09	1728,00
Vazão (LF-2) (m ³ /h)	363,60	220,21	72,00
Vazão (LF-2) (L/s)	101,00	61,17	20,00
Retenção Hid (d)	13,17	21,74	66,50

Anexo N° 6.

TABELA 21 – Dosagens de solução de Cloreto Férrico nos afluentes da (LF-E) assim como as respectivas vazões, volumes e tempos de retenção hidráulica para as vazões máximas, médias e mínimas, em cada uma das (LF-1), (LF-2), (LF-E), durante 722h, no mês de Março de 2000.

Parâmetro	Máximo	Média	Mínimo
Dosagem (mg/L)	301,31	245,18	60,00
Volume (LA-1) (m ³)	43590,00	43590,00	43590,00
Vazão (LA-1) (m ³ /d)	9676,80	3188,89	864,00
Vazão (LA-1) (m ³ /h)	403,20	132,87	36,00
Vazão (LA-1) (L/s)	112,00	36,91	10,00
Retenção Hid (d)	4,50	13,67	50,45
Volume (LA-2) (m ³)	50377,50	50377,50	5,377,50
Vazão (LA-2) (m ³ /d)	9676,80	3188,89	864,00
Vazão (LA-2) (m ³ /h)	403,20	132,87	36,00
Vazão (LA-2) (L/s)	112,00	36,91	10,00
Retenção Hid (d)	5,21	15,80	58,31
Volume (LF-E) (m ³)	15869,00	15869,00	15869,00
Vazão (LF-E) (m ³ /d)	19353,60	6377,79	1728,00
Vazão (LF-E) (m ³ /h)	806,40	265,74	72,00
Vazão (LF-E) (L/s)	224,00	73,82	20,00
Retenção Hid (d)	0,82	2,49	9,18
Volume (LF-1) (m ³)	99222,00	99222,00	99222,00
Vazão (LF-1) (m ³ /d)	9676,80	3188,89	864,00
Vazão (LF-1) (m ³ /h)	403,20	132,87	36,00
Vazão (LF-1) (L/s)	112,00	36,91	10,00
Retenção Hid (d)	10,25	31,11	114,84
Volume (LF-2) (m ³)	114910,00	114910,00	114910,00
Vazão (LF-2) (m ³ /d)	9676,80	3188,89	864,00
Vazão (LF-2) (m ³ /h)	403,20	132,87	36,00
Vazão (LF-2) (L/s)	112,00	36,91	10,00
Retenção Hid (d)	11,87	36,03	133,00

Anexo Nº. 7

TABELA 22 – Temperatura dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Temperatura	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	30,00	-	-	31,00	32,00
Média	25,10	-	-	25,10	25,20
Mínima	20,00	-	-	20,00	20,00
Amostras	16	-	-	15	15

Anexo Nº. 8

TABELA 23 – Temperatura dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Temperatura	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	30,00	-	-	32,00	32,00
Média	27,50	-	-	26,20	26,70
Mínima	22,00	-	-	22,00	22,00
Amostras	17	-	-	16	16

Anexo Nº. 9

TABELA 24 – Temperatura dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 1999 e número de amostras monitoradas.

Temperatura	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	29,00	-	-	33,00	33,00
Média	27,10	-	-	28,00	28,00
Mínima	25,00	-	-	25,00	25,00
Amostras	20	-	-	20	20

Anexo Nº. 10

TABELA 25 – Temperatura dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Temperatura	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	28,50	-	-	29,00	30,00
Média	27,15	-	-	27,82	27,90
Mínima	25,50	-	-	26,50	24,50
Amostras	20	-	-	19	20

Anexo Nº. 11

TABELA 26 – Temperatura dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Temperatura	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	27,50	-	-	29,00	29,00
Média	26,58	-	-	27,08	27,00
Mínima	25,50	-	-	25,00	25,00
Amostras	20	-	-	20	20

Anexo Nº. 12

TABELA 27 – Temperatura dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 2000 e número de amostras monitoradas.

Temperatura	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	28,00	-	-	28,00	28,50
Média	26,66	-	-	25,05	26,50
Mínima	25,50	-	-	24,50	24,50
Amostras	19	-	-	19	19

Anexo Nº. 13

TABELA 28 – pH dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

pH	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	7,95	-	-	7,22	7,56
Média	7,55	-	-	6,96	7,08
Mínima	6,72	-	-	6,67	6,88
Amostras	16	-	-	15	15

Anexo Nº. 14

TABELA 29 – pH dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

pH	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	7,79	6,81	6,77	7,84	7,86
Média	7,42	6,63	6,31	6,87	7,11
Mínima	6,72	6,03	5,90	6,56	6,59
Amostras	17	16	16	16	16

Anexo Nº. 15

TABELA 30 – pH dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 1999 e número de amostras monitoradas.

pH	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	7,83	6,83	6,75	8,12	8,21
Média	7,20	6,70	6,22	7,21	7,31
Mínima	6,90	6,10	6,03	6,75	6,92
Amostras	21	21	21	21	21

Anexo N°. 16

TABELA 31 – pH dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

pH	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	8,05	-	-	7,28	7,40
Média	7,64	-	-	6,98	7,07
Mínima	6,83	-	-	6,84	6,83
Amostras	20	-	-	19	20

Anexo N°. 17

TABELA 32 – pH dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

pH	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	7,67	-	-	7,19	7,91
Média	7,32	-	-	6,96	7,33
Mínima	6,87	-	-	6,49	6,96
Amostras	20	-	-	20	20

Anexo N°. 18

TABELA 33 – pH dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 2000 e número de amostras monitoradas.

pH	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	7,79	-	-	7,29	7,62
Média	7,46	-	-	7,03	7,33
Mínima	7,21	-	-	6,79	6,89
Amostras	19	-	-	19	19

Anexo N°. 19

TABELA 34 – Alcalinidade Total dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Alcalinidade	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
Total	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	360,00	-	-	260,00	255,00
Média	274,30	-	-	177,10	193,40
Mínima	148,00	-	-	88,00	127,00
Amostras	20	-	-	19	19

Anexo N°. 20

TABELA 35 - Alcalinidade Total dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Alcalinidade	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
Total	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	298,00	282,00	215,00	132,00	248,00
Média	230,60	220,10	170,80	121,30	140,70
Mínima	30,00	166,00	130,00	100,00	115,00
Amostras	13	12	12	12	12

Anexo N°. 21

TABELA 36 – Alcalinidade Total dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 1999 e número de amostras monitoradas.

Alcalinidade	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
Total	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	280,00	280,00	255,00	250,00	190,00
Média	221,90	225,90	178,20	153,60	158,90
Mínima	95,00	55,00	135,00	100,00	105,00
Amostras	21	21	21	21	21

Anexo N°. 22

TABELA 37 – Alcalinidade Total dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Alcalinidade	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
Total	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	390,00	-	-	260,00	255,00
Média	297,55	-	-	177,10	193,40
Mínima	192,00	-	-	88,00	127,00
Amostras	20	-	-	19	19

Anexo N°. 23

TABELA 38 – Alcalinidade Total dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Alcalinidade	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
Total	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	369,00	-	-	222,00	258,00
Média	248,70	-	-	178,00	169,95
Mínima	114,00	-	-	136,00	109,00
Amostras	20	-	-	20	20

Anexo N°. 24

TABELA 39 – Alcalinidade Total dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 2000 e número de amostras monitoradas.

Alcalinidade	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
Total	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	312,00	-	-	233,00	196,00
Média	249,32	-	-	164,37	159,21
Mínima	206,00	-	-	135,00	131,00
Amostras	19	-	-	19	19

Anexo N°. 25

TABELA 40 – Cloretos dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Cloretos	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	250,00	-	-	225,00	190,00
Média	114,40	-	-	148,30	140,30
Mínima	50,00	-	-	95,00	110,00
Amostras	16	-	-	15	15

Anexo N°. 26

TABELA 41– Cloretos dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número de análises amostras monitoradas.

Cloretos	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	475,00	200,00	260,00	200,00	220,00
Média	122,10	105,40	176,80	181,90	161,30
Mínima	50,00	55,00	90,00	160,00	125,00
Amostras	17	12	12	16	16

Anexo N°. 27

TABELA 42 – Cloretos dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 1999 e número de amostras monitoradas.

Cloretos	Esgoto Bruto	Afluente LF-E	Efluente LF-E	Efluente LF-1	Efluente LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	177,50	145,00	200,00	200,00	185,00
Média	90,60	92,20	158,20	149,70	138,70
Mínima	35,00	60,00	95,00	90,00	97,50
Amostras	21	21	21	21	21

Anexo N°. 28

TABELA 43 – Cloretos dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Cloretos	Esgoto Bruto	Afluentes LF-E	Efluentes LF-E	Efluentes LF-1	Efluentes LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	200,00	-	-	135,00	125,00
Média	94,55	-	-	112,76	111,50
Mínima	65,00	-	-	90,00	94,00
Amostras	19	-	-	18	19

Anexo N°. 29

TABELA 44 – Cloretos dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Cloretos	Esgoto Bruto	Afluentes LF-E	Efluentes LF-E	Efluentes LF-1	Efluentes LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	150,00	-	-	141,00	125,00
Média	76,85	-	-	115,65	110,05
Mínima	25,00	-	-	85,00	80,00
Amostras	19	-	-	19	19

Anexo N°. 30

TABELA 45 – Cloretos dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 2000 e número de amostras monitoradas.

Cloretos	Esgoto Bruto	Afluentes LF-E	Efluentes LF-E	Efluentes LF-1	Efluentes LF-2
	P – 1	P-5.1	P-8	P-6	P-7
Máxima	150,00	-	-	145,60	150,00
Média	88,89	-	-	128,24	128,74
Mínima	55,00	-	-	100,00	121,00
Amostras	19	-	-	19	19

Anexo N°. 31

TABELA 46 – Oxigênio Dissolvido dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número amostras monitoradas.

Oxigênio Dissolvido	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	0,00	-	8,40	7,00	8,00
Média	0,00	-	4,00	0,80	1,10
Mínima	0,00	-	0,20	0,00	0,00
Amostras	16	-	16	14	14

Anexo N°. 32

TABELA 47 – Oxigênio Dissolvido dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Oxigênio Dissolvido	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	0,00	0,00	0,00	8,00	9,00
Média	0,00	0,00	0,00	2,50	4,30
Mínima	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
Amostras	17	12	12	16	16

Anexo N°. 33

TABELA 48 – Oxigênio Dissolvido dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 1999 e número de amostras monitoradas.

Oxigênio Dissolvido	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00
Média	0,00	0,00	0,00	5,00	4,90
Mínima	0,00	0,00	0,00	2,80	3,00
Amostras	15	15	15	15	15

Anexo Nº. 34

TABELA 49 – Oxigênio Dissolvido dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Oxigênio Dissolvido	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	0,00	-	-	2,50	5,50
Média	0,00	-	-	0,31	1,01
Mínima	0,00	-	-	0,00	0,00
Amostras	20	-	-	19	20

Anexo Nº. 35

TABELA 50 – Oxigênio Dissolvido dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Oxigênio Dissolvido	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	0,00	-	-	2,00	6,20
Média	0,00	-	-	0,40	2,21
Mínima	0,00	-	-	0,00	0,50
Amostras	20	-	-	20	20

Anexo Nº. 36

TABELA 51 – Oxigênio Dissolvido dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 2000 e número de amostras monitoradas.

Oxigênio Dissolvido	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	0,00	-	-	3,50	5,30
Média	0,00	-	-	1,12	3,12
Mínima	0,00	-	-	0,00	0,50
Amostras	19	-	-	19	19

Anexo Nº. 37

TABELA 52 – Demanda Bioquímica de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Demanda Bioquímica de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	430,00	-	-	66,10	70,60
Média	242,00	-	-	62,00	66,60
Mínima	296,00	-	-	54,50	64,60
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo Nº. 38

TABELA 53 – Demanda Bioquímica de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 1999 e número de amostras monitorads..

Demanda Bioquímica de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	510,00	333,30	241,65	-	60,90
Média	337,15	249,90	168,65	-	46,65
Mínima	114,80	96,40	51,00	-	25,00
Amostras	3	3	3	-	3

Anexo Nº. 39

TABELA 54 – Demanda Bioquímica de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 1999 e número de amostras monitoradas..

Demanda Bioquímica de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	370,00	205,00	91,50	45,20	35,00
Média	370,00	136,67	66,01	40,53	30,47
Mínima	370,00	65,00	46,70	33,30	22,00
Amostras	1	3	3	3	3

Anexo Nº. 40

TABELA 55 – Demanda Bioquímica de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1 (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Demanda Bioquímica de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	338,00	-	-	73,50	69,60
Média	266,63	-	-	80,33	67,66
Mínima	278,60	-	-	73,50	65,00
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo Nº. 41

TABELA 56 – Demanda Bioquímica de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Demanda Bioquímica de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	375,10	-	-	69,50	55,50
Média	300,40	-	-	60,47	44,50
Mínima	246,20	-	-	51,10	49,83
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo Nº. 42

TABELA 57 – Demanda Bioquímica de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 2000 e número de amostras monitoradas.

Demanda Bioquímica de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	389,00	-	-	91,00	66,50
Média	305,53	-	-	79,97	63,00
Mínima	208,60	-	-	74,10	58,00
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo Nº. 43

TABELA 58 – Demanda Química de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Demanda Química de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	1146,00	-	-	368,00	563,00
Média	414,10	-	-	184,10	247,20
Mínima	130,00	-	-	95,00	97,00
Amostras	14	-	-	13	13

Anexo Nº. 44

TABELA 59 – Demanda Química de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Demanda Química de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	484,00	234,00	195,00	197,00	348,00
Média	312,30	172,80	138,90	110,70	154,90
Mínima	136,00	111,00	92,00	66,00	92,00
Amostras	11	8	8	9	10

Anexo Nº. 45

TABELA 60 – Demanda Química de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 1999 e número de amostras monitoradas.

Demanda Química de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	720,00	520,00	440,00	320,00	320,00
Média	520,70	309,20	228,30	228,30	196,20
Mínima	259,20	120,00	105,60	124,80	114,80
Amostras	7	8	6	7	8

Anexo Nº. 46

TABELA 61 – Demanda Química de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Demanda Química de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluyente LF-E P-5.1	Efluyente LF-E P-8	Efluyente LF-1 P-6	Efluyente LF-2 P-7
Máxima	469,00	-	-	256,00	181,00
Média	417,06	-	-	211,33	161,00
Mínima	379,00	-	-	170,00	142,00
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo Nº. 47

TABELA 62 – Demanda Química de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 2000 e número de amostras monitoradas..

Demanda Química de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluyente LF-E P-5.1	Efluyente LF-E P-8	Efluyente LF-1 P-6	Efluyente LF-2 P-7
Máxima	407,00	-	-	174,00	158,00
Média	363,67	-	-	165,67	141,33
Mínima	299,00	-	-	161,00	132,00
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo Nº. 48

TABELA 63 – Demanda Química de Oxigênio dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 2000 e número de análises realizadas.

Demanda Química de Oxigênio	Esgoto Bruto P – 1	Afluyente LF-E P-5.1	Efluyente LF-E P-8	Efluyente LF-1 P-6	Efluyente LF-2 P-7
Máxima	595,00	-	-	182,00	137,00
Média	470,33	-	-	170,00	127,67
Mínima	375,00	-	-	151,00	122,00
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo N°. 49

TABELA 64 – Coliformes Totais (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número de amostras monitorads.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	2,40x108	2,40x108	9,20x106	8,60x105	1,70x106
Média	2,40x108	1,20x108	5,8x106	5,93x105	1,00x106
Mínima	2,40x108	3,10x105	2,40x106	6,00x104	1,10x105
Amostras	3	2	2	3	3

Anexo N°. 50

TABELA 65 – Coliformes Totais (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	2,40x108	1,70x107	6,50x105	1,00x105	1,50x105
Média	2,40x108	1,53x107	6,33x105	5,49x104	1,23x105
Mínima	2,40x108	1,20x107	6,20x105	9,80x103	9,50x104
Amostras	3	3	3	2	2

Anexo N°. 51

TABELA 66 – Coliformes Totais (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 1999 e número de amostras monitoradas.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	1,60x1011	1,40x107	7,70x105	1,70x105	9,80x105
Média	6,93x1010	7,60x106	5,87x105	9,85x104	4,92x105
Mínima	2,40x1010	3,10x106	3,40x105	2,70x104	4,10x103
Amostras	3	3	3	2	3

Anexo N°. 52

TABELA 67 – Coliformes Totais (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	1,10x10 ¹¹	-	-	2,40x10 ⁶	2,40x10 ⁶
Média	7,73x10 ¹⁰	-	-	1,19x10 ⁵	1,07x10 ⁶
Mínima	1,20x10 ¹⁰	-	-	5,10x10 ⁵	3,20x10 ⁵
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo N°. 53

TABELA 68 – Coliformes Totais (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	2,40x10 ¹¹	-	-	9,80x10 ¹⁰	2,40x10 ⁶
Média	1,25x10 ¹¹	-	-	3,27x10 ¹⁰	1,42x10 ⁶
Mínima	2,60x10 ¹⁰	-	-	1,40x10 ⁶	6,50x10 ⁶
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo N°. 54

TABELA 69 – Coliformes Totais (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês Março de 2000 e número de amostras monitoradas.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	2,40x10 ¹²	-	-	-	3,00x10 ⁴
Média	8,63x10 ¹¹	-	-	-	2,75x10 ⁴
Mínima	7,90x10 ¹⁰	-	-	-	2,50x10 ⁴
Amostras	3	-	-	-	2

Anexo N°. 55

TABELA 70 – *C. coli - Escherichia coli*. (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	2,40x108	2,40x108	3,40x108	3,60x105	3,80x105
Média	2,00x108	1,20x108	1,71x108	1,76x105	2,55x105
Mínima	1,20x108	6,3x104	2,40x106	1,80x104	4,40x104
Amostras	3	2	2	3	3

Anexo N°. 56

TABELA 71 – *C. coli - Escherichia coli*. (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 1999 e número de amostras monitoradas.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	9,20x107	8,60x106	4,20x105	6,00x104	3,60x104
Média	6,77x107	6,30x106	2,30x105	3,16x104	1,85x104
Mínima	1,90x107	4,60x106	1,30x105	3,10x103	1,00x103
Amostras	3	3	3	2	2

Anexo N°. 57

TABELA 72 – *C. coli - Escherichia coli*. (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Março de 1999 e número de amostras monitoradas.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	7,50x1010	9,20x106	3,00x105	2,00x104	2,40x104
Média	3,16x1010	4,33x106	2,21x105	1,90x104	1,36x104
Mínima	5,70x109	1,80x106	9,30x104	1,80x104	3,10x103
Amostras	3	3	3	2	2

Anexo N°. 58

TABELA 73 – *C. coli - Escherichia coli*. (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1 e LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Janeiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	3,60x10 ¹⁰	-	-	2,40x10 ⁶	7,30x10 ⁵
Média	1,80x10 ¹⁰	-	-	9,07x10 ⁵	3,50x10 ⁵
Mínima	1,10x10 ⁹	-	-	1,30x10 ⁵	1,30x10 ⁵
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo N°. 59

TABELA 74 – *C. coli - Escherichia coli*. (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês de Fevereiro de 2000 e número de amostras monitoradas.

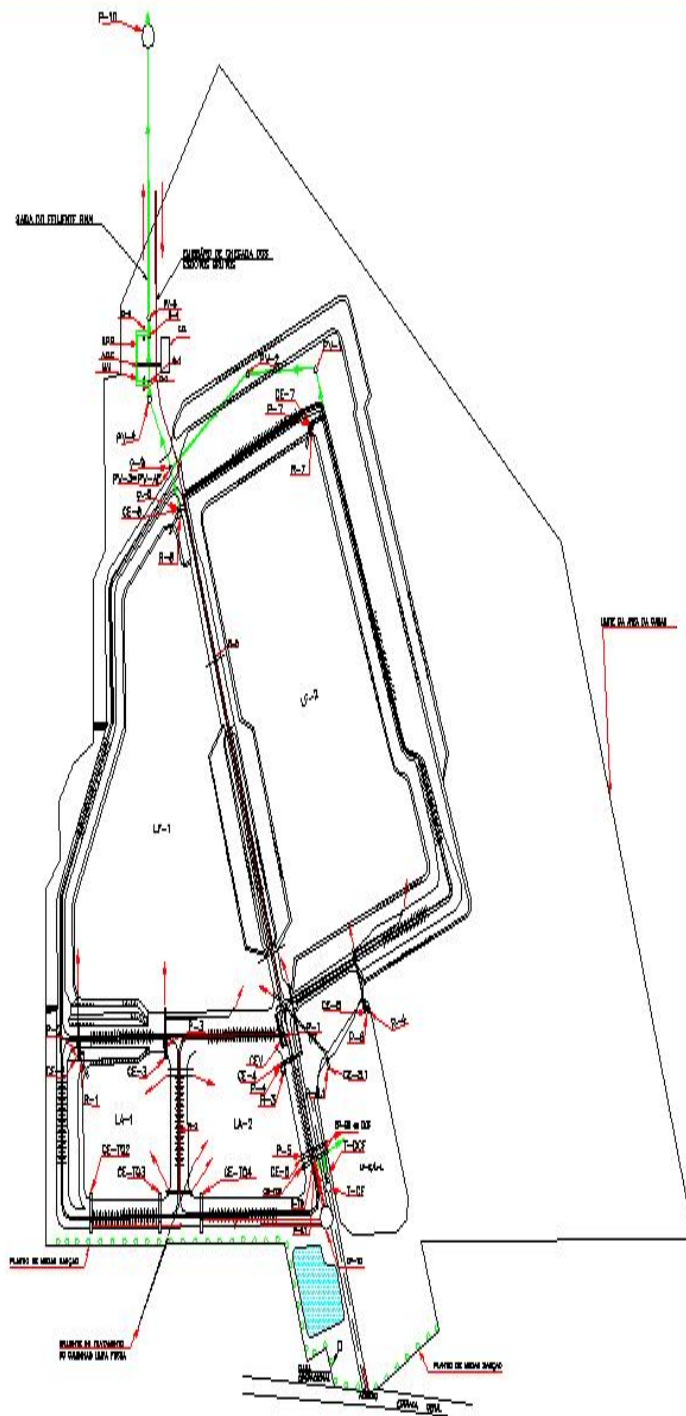
Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	9,80x10 ¹⁰	-	-	1,30x10 ⁹	2,00x10 ⁵
Média	4,47x10 ¹⁰	-	-	4,34x10 ⁸	1,47x10 ⁵
Mínima	1,20x10 ¹⁰	-	-	3,10x10 ⁵	1,20x10 ⁵
Amostras	3	-	-	3	3

Anexo N°. 60

TABELA 75 – *C. coli - Escherichia coli*. (NMP/100mL) dos esgotos brutos e nas (LF-E), (LF-1) e (LF-2) da ETE de Balneário Camboriú, SC, no mês Março de 2000 e número de amostras monitoradas.


Coliformes Totais	Esgoto Bruto P – 1	Afluente LF-E P-5.1	Efluente LF-E P-8	Efluente LF-1 P-6	Efluente LF-2 P-7
Máxima	1,40x10 ¹¹	-	-	-	6,30x10 ³
Média	6,63x10 ¹⁰	-	-	-	3,65x10 ³
Mínima	2,10x10 ¹⁰	-	-	-	1,00x10 ³
Amostras	3	-	-	-	2

FIGURAS



- LEGENDA**
- P - PAVES DE CORTA
 - UF - UNIDADES DE FILTRACAO POR UNIDADES DE FILTRACAO
 - CE - CILINDROS DE CEFALIZACAO
 - RE - REATOR
 - PI - PAVES DE FILTRO
 - PL - PAVES DE FILTRO
 - AD - ADICAO DE ALGAS DE BIODIGESTOR
 - SA - SANGRIA DE FILTRO
 - CA - CILINDRO DE CEFALIZACAO
 - SE - SANGRIA DE FILTRO
 - D - DISTRIBUIDOR
 - TS - TUBO DE SANGRIA PARA TRATAMENTO BIOLÓGICO
 - TS-101, TS-102, TS-103, TS-104
 - MS - BARRIL DE SANGRIA PARA TRATAMENTO BIOLÓGICO
 - T - TANQUE
 - T-101 - TANQUE DE AQUECIMENTO E CEFALIZACAO DE CLOROFORMO
 - T-102 - TANQUE DE CEFALIZACAO DE CLOROFORMO
 - Q-101, Q-102 - QUILÓMETRO DE SANGRIA DE CLOROFORMO
 - Q-103, Q-104 - QUILÓMETRO DE SANGRIA DE CLOROFORMO
 - Q-105, Q-106 - QUILÓMETRO DE SANGRIA DE CLOROFORMO
 - Q-107 - BARRIL DE SANGRIA DE CLOROFORMO

Para maiores informações:
fasanaro@matrix.com.br

 COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO			
SISTEMA DE ESENTOS SANITÁRIOS DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ			
PLANTA GERAL DA ETE			
FLUXOGRAMA DO TRATAMENTO BIOLÓGICO E QUÍMICO			
DOS ESENTOS SANITÁRIOS COM DOSEAMENTO DE CLOROFORMO,			
ANTI-ESPUMANTE E DOSEADO DE CLORO			
ESCALA: 1:1000	DATA: 10/10/2011	PROJ: 11111	FOLHA: 11

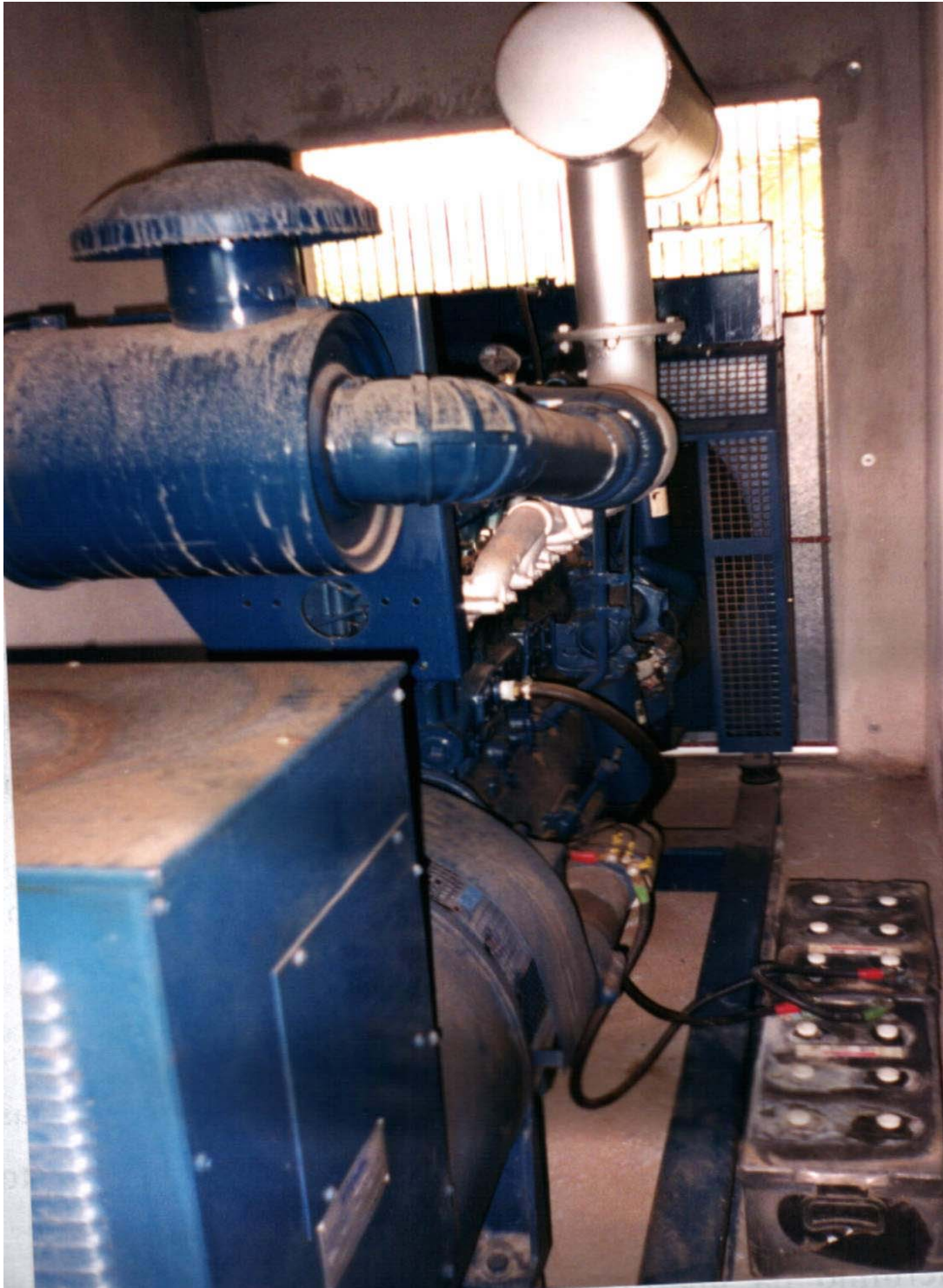


FIGURA 07- GRUPO GERADOR INSTALADO NA (ER-1).



FIGURA 08. ESTAÇÃO DE RECALQUE 1 (ER-1).



FIGURA 09 – MEDIDOR, REGISTRADOR DA VAZÃO DE ESGOTO BRUTO.



FIGURA 10 – BARRILETE SITUADO NA LINHA DE RECALQUE DA (ER-1).



FIGURA 11 – MACROMEDIDOR ELETROMAGNÉTICO.



FIGURA 12 – CÂMARA DE TRANQUILIZAÇÃO (CT) E CÂMARA EQUIPARTIDORA DE VAZÃO (CEV).



FIGURA 13 – LAGOA ANAERÓBIA 1 (LA-1): PASSARELAS DE ACESSO AS , (CE-2 E CE-3) E SOBRENADANTES.



FIGURA 14 – LAGOA ANAERÓBIA 2 (LA-2) PASSARELAS DE ACESSO AS (CE-4 E CE-5) E CONTIGUAMENTE A (CE-4) A CAIXA DO (R-3).



FIGURA 15 – LAGOA ANAERÓBIA 2 (LA-2) PASSARELA DE ACESSO A (CE-4) E A CAIXA DO (R-3), AO FUNDO A LAGOA ANERÓBIA 1 (LA-1) E AS (CE-TQ2, CE-TQ3 E CE-TQ4).



FIGURA 16 – LAGOA ANAERÓBIA 2 (LA-2): CAIXA EXTRAVASORA PARA TRATAMENTO QUÍMICO 5 (CE-TQ5).

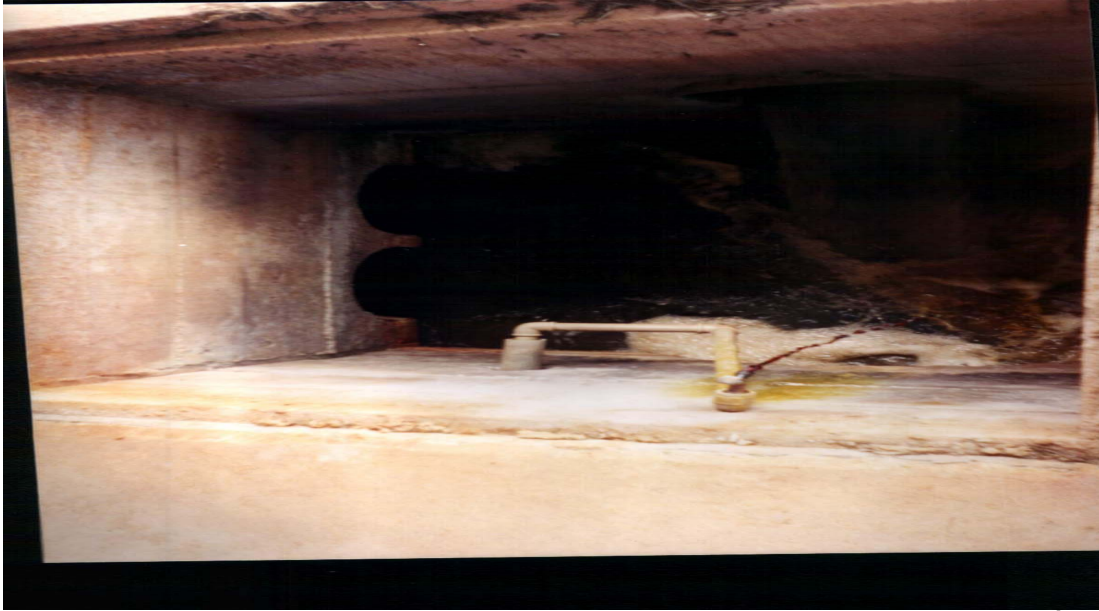


FIGURA 17 – CAIXA DE DOSAGEM DA SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO (C-TQ) NOS EFLUENTES DAS (LA-1 E LA-2).



FIGURA 18 – NO CÔNE IMHOFF, A ESQUERDA, NA PARTE SUPERIOR ENCONTRA-SE UMA PENEIRA QUE RETEM ALGAS E SOB A MESMA VERIFICA-SE O LÍQUIDO CLARIFICADO ENQUANTO QUE NO CONE DA DIREITA VERIFICA-SE NO FUNDO “LODO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTRO DA ETA” E ACIMA DO MESMO O LÍQUIDO CLARIFICADO.



FIGURA 19 – VISTA DE UM CÔNE IMHOFF NO QUAL NA PARTE SUPERIOR ENCONTRA-SE UMA PENEIRA QUE RETEM ALGAS E SOB A MESMA O LÍQUIDO CLARIFICADO).



FIGURA 20 – GALPÃO DA CAIXA DE DOSAGEM DA SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO ONDE REALIZA-SE “JAR TEST”, TANQUE DE ARMAZENAMENTO E ESTOCAGEM E TANQUE DE DOSAGEM DA SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO.



FIGURA 21 – “JAR TEST” REALIZADO EM CAMPO COM DOSAGEM DE CLORETO FÉRRICO COM DOSAGEM DE SOLUÇÃO DE CLORETO FÉRRICO NOS EFLUENTES DAS (LA-1 E LA-2).



FIGURA 22 – (LF-E) OU (L-L), SOBRENADANTES, (CE-8) E PASSARELA DE ACESSO A MESMA, E LÍQUIDO CLARIFICADO QUE É CONDUZIDO PARA A (LF-2).



FIGURA 23 –EFLUENTE CLARIFICADO NA (LF-E) OU (L-L), COLETADO NA (CE-8.1) E SOBRENADANTES.



FIGURA 24 – EFLUENTE CLARIFICADO NA (LF-E) OU (L-L), SENDO CONDUZIDO ATRAVÉS DA (CE-1) PARA A (LF-1) E SOBRENADANTES.



FIGURA 25 – EFLUENTE DA (LA-1) LANÇADO NA (LF-1), VEGETAÇÃO AQUÁTICA E ESPUMA.



FIGURA 26 – (LF-2), (CE-7) E PASSARELA DE ACESSO A MESMA E A CAIXA DO (R-7).



FIGURA 27 – (PV-1) RECEBE OS EFLUENTES DA (LF-2).



FIGURA 28 – (PV-2) INTERLIGA O (PV-1) AO (PV-3).



FIGURA 29 – (PV-3) RECEBE OS EFLUENTES DAS (LF-1 E LF-2) E ONDE, QUANDO NECESSÁRIO É DOSADO O ANTI-ESPUMANTE.



FIGURA 30 – CANAL BY-PASS, ONDE É MEDIDO A VAZÃO E DOSADO O DIOXIDO DE CLORO, GRADE DE ACESSO AO MESMO.



FIGURA 31 – CANAL BY-PASS: (C.B.P)



FIGURA 32 – CASA DE QUIMICA (C.Q) ONDE É ARMAZENADO E ESTOCADO O ÁCIDO CLORÍDRICO, O CLORITO DE SÓDIO E OS EQUIPAMENTOS DESTINADOS A FABRICAÇÃO E DOSAGEM DE DIÓXIDO DE CLORO PARA SER APLICADO NO CANAL BY-PASS: (C.B.P).



FIGURA 33 – (CE-TQ2) NA LAGOA ANAEROBIA (LA-1).



FIGURA 34 – (CE-TQ3) NA LAGOA ANAEROBIA (LA-1).



FIGURA 35 – À ESQUERDA DA ENTRADA DA ETE CERCA VIVA (SANSÃO DO CAMPO).



FIGURA 36 – PATEO DE ACESSO A ETE.



FIGURA 37 – TRATAMENTO PRELIMINAR: CAMARA DE TRANQUILIZAÇÃO (CT) E EXTRAZOR.

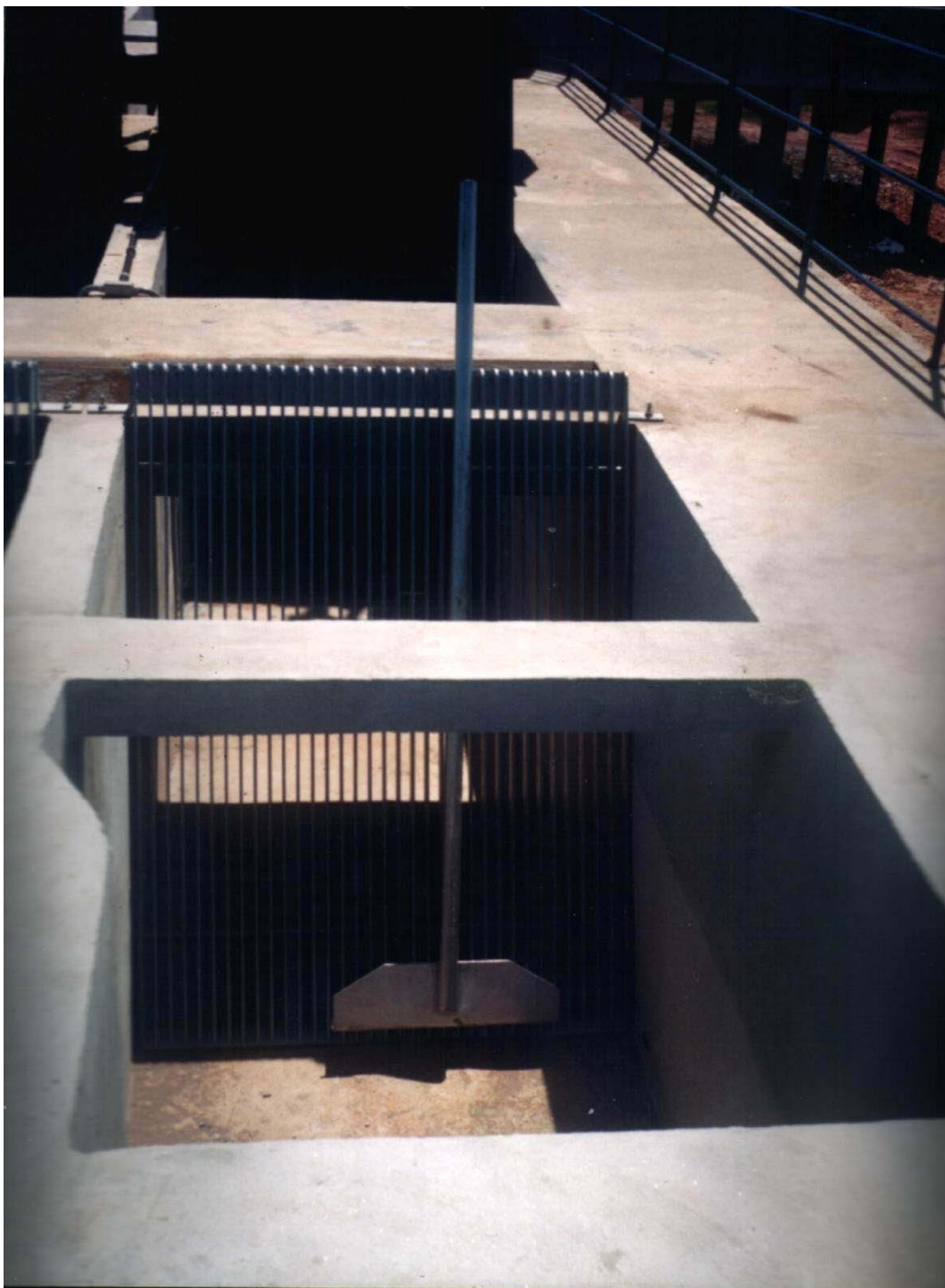


FIGURA 38 – TRATAMENTO PRELIMINAR: GRADE COM OPERAÇÃO MANUAL (RASTELO).



FIGURA 39 – TRATAMENTO PRELIMINAR: CAIXA DE AREIA ELETROMECHANIZADA.



FIGURA 40 – CANAL DE DISTRIBUIÇÃO DOS ESGOTOS NA (LA-1) E CANAL CONDUTOR DOS EFLUENTES PARA A CAIXA EXTRAVAZORA QUE ALIMENTA EM SÉRIE A (LF-1) DO S.T.E QUE ATENDE PARTE DOS MUNICIPIOS DE FLORIANÓPOLIS (CONTINENTAL) E SÃO JOSÉ, SITUADO NO ÚLTIMO E É DENOMINADO FORQUILHINHAS.