UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS

Considerações sobre o monitoramento e
controle dos parâmetros físicos, químicos e
biológicos de estações de tratamento de
esgotos e proposta para sistema integrado de
gestão com enfoque ambiental, controle de
qualidade, segurança e saúde

Mauricio Tardivo

*Tese de doutorado apresentada ao Instituto
de Química de São Carlos como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Doutor em Ciências – Área de
Concentração: Química Analítica*

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Olímpia de Oliveira Rezende

São Carlos, 2009

Folha de aprovação

Dedicatória

A Deus

A minha família

Agradecimentos

- ◆ A meus pais Marcus José Tardivo e Maria Inês Batocchio Tardivo.
- ◆ A meus irmãos Marcus José Tardivo Júnior e Márcio Augusto Tardivo.
- ◆ A minha namorada Mônica Regina Piovani.
- ◆ A Dr^a. Maria Olímpia de Oliveira Rezende pela orientação.
- ◆ A Dr^a. Maria Diva Landgraf pela colaboração.
- ◆ A todos os colegas do Laboratório de Química Ambiental IQSC-USP.
- ◆ A todos os funcionários do Instituto de Química de São Carlos.
- ◆ Ao pessoal da república Ambev.
- ◆ Ao amigos do curso de Química USP São Carlos.
- ◆ Todos os demais que ajudaram de forma direta ou indireta.

Resumo

O bem-estar das populações é mais bem evidenciado pela abrangência dos serviços de água e de esgotamento sanitário. Porém, no Brasil, há muito que se fazer com relação à coleta, afastamento e tratamento de esgoto. Tal conjuntura agrava os problemas de saúde pública e ambiental, e sua melhoria depende, em grande parte, do desenvolvimento de sistemas de tratamento eficientes para a melhoria da qualidade de vida das comunidades.

Neste trabalho realizou-se acompanhamento operacional do processo de tratamento de esgotos de 10 ETEs de pequeno e médio porte verificando deficiências e aspectos positivos da gestão atualmente utilizada e possíveis impactos ambientais nos corpos hídricos receptores. Ao mesmo tempo, por meio dessa experiência, propôs-se um método para implementação de um sistema de gestão integrado aplicado ao processo de tratamento de esgotos com foco na gestão ambiental, segurança e saúde no trabalho e controle de qualidade – que são fatores fortemente ligados neste processo.

O acompanhamento mostrou que parte considerável das ETEs estudadas não apresentou bom desempenho ambiental – com relação à remoção de DBO e nitrogênio amoniacal, há poucos recursos humanos e o controle de qualidade não atende à demanda de unidades, sendo necessário maior investimento em todo o processo.

A adoção de sistema de gestão integrada para o processo de tratamento de esgotos, juntamente com o aumento nos investimentos, pode tornar o saneamento básico mais eficiente, com ganhos ambientais consideráveis e melhor preservação dos recursos hídricos.

Abstract

Populations' life quality is better evidenced by the inclusion of water and wastewater services and treatment. Even so, in Brazil is necessary to improve the collection, removal and sewer treatment. Such conjuncture worsens the problems of public and environmental health, and its improvement depends strongly of the development of efficient treatment systems for the improvement of the quality of the communities' life.

In this work it has been realized operational monitoring of sewer treatment process of 10 small-and-medium sewer treatment plants and it has been verified deficiencies and positive aspects of current management of these systems, and possible environmental impacts in natural waters. Through that experience, it has been proposed a method of integrated management system applied to sewer treatment process focused on environment, quality control, safe and health – strongly related to each other in sewer treatment process.

The operational monitoring has shown considerable number of studied sewer treatment plants has not present satisfactory environmental data, specially to the removal of BOD and nitrogen ammonia, there are insufficient human resources and the quality control doesn't assist the demand of the plants, and it's necessary high investments in whole process.

The adoption of an integrated management system applied to sewer treatment process, with the investment increasing, can turn sanitation systems more efficient, with considerable environmental improvements and preservation of water resources.

Lista de figuras

FIGURA 1. COMPOSIÇÃO QUALITATIVA DO ESGOTO DOMÉSTICO.	4
FIGURA 2. FLUXOGRAMAS DOS SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO MAIS COMUNS.	10
FIGURA 3. PROCESSOS QUE OCORREM NAS ZONAS DIFERENCIADAS DE UMA LAGOA FACULTATIVA.	11
FIGURA 4. AERADOR MECÂNICO SUPERFICIAL FLUTUANTE.	12
FIGURA 5. EXEMPLO DE DISPOSIÇÃO DE LAGOAS DE MATURAÇÃO APÓS TRATAMENTO SECUNDÁRIO.	13
FIGURA 6. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA ETE POR LODOS ATIVADOS.	14
FIGURA 7. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM SISTEMA FOSSA SÉPTICA – FILTRO ANAERÓBIO.	15
FIGURA 8. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA ETE POR UASB OU RAFA.	16
FIGURA 9. PORCENTAGEM DE CAUSAS DE ACIDENTES DE TRABALHO EM INDÚSTRIAS AMERICANAS.	25
FIGURA 10. ABRANGÊNCIA DO CONJUNTO DE EXIGÊNCIAS DOS DIFERENTES ÓRGÃOS DO GOVERNO BRASILEIRO QUANTO AO SISTEMA DE QUALIDADE NECESSÁRIO PARA O CREDENCIAMENTO DE LABORATÓRIOS.	32
FIGURA 11. ETAPAS PARA A REALIZAÇÃO DE UM ENSAIO EM LABORATÓRIOS.	33
FIGURA 12. AMOSTRAGEM PARA CADA ETE NO PERÍODO DE PESQUISA.	40
FIGURA 13. UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO.	41
FIGURA 14. MAPA DETALHADO DA UGRHI-05, SUB-BACIAS E MUNICÍPIOS.	42
FIGURA 15. MAPA DA UGRHI-10 E SUA RESPECTIVA LOCALIZAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO.	45
FIGURA 16. QUALIDADE DA ÁGUA DE ALGUNS RIOS NA REGIÃO DA UGRHI-10.	45
FIGURA 17. FOTO DA ETE B (LAGOA FACULTATIVA ÚNICA).	47
FIGURA 18. FOTO DA ETE C (LAGOA AERADA ÚNICA).	48
FIGURA 19. FOTO DE SATÉLITE DA ETE C (VISÃO A APROXIMADAMENTE 900 KM DE ALTURA).	49
FIGURA 20. FOTO DA ETE D (LAGOAS ANAERÓBIA, FACULTATIVA E DE MATURAÇÃO).	50
FIGURA 21. FOTO DE SATÉLITE DA ETE E (VISÃO A 1300 M DE ALTURA APROXIMADAMENTE).	51
FIGURA 22. FOTO DE SATÉLITE DA ETE F (LAGOA ANAERÓBIA SEGUIDA DE LAGOA FACULTATIVA) VISÃO A APROXIMADAMENTE 1.000 M.	52
FIGURA 23. FOTO DE SATÉLITE DA ETE H (LODOS ATIVADOS) COM VISÃO A 800 M DE ALTURA APROXIMADAMENTE.	53
FIGURA 24. FOTO DA ETE I (LAGOA FACULTATIVA EM PRIMEIRO PLANO).	54
FIGURA 25. FOTO DE SATÉLITE DA ETE J (DOIS MÓDULOS – EM CONSTRUÇÃO – DE LAGOA DE AERAÇÃO E DECANTAÇÃO EM PARALELO) COM VISÃO A APROXIMADAMENTE 1.300 M DE ALTITUDE.	55
FIGURA 26. SISTEMA "OXITOP" PARA A DETERMINAÇÃO DE DBO.	57
FIGURA 27. RESUMO SIMPLIFICADO DOS MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DOS SÓLIDOS.	67
FIGURA 28. PORCENTAGENS MÉDIAS DE REMOÇÃO DE DBO DAS ETES ESTUDADAS EM COMPARAÇÃO DE FAIXAS DE VALORES ACEITAS PARA CADA CONCEPÇÃO DE TRATAMENTO.	82
FIGURA 29. PORCENTAGENS MÉDIAS DE REMOÇÃO DE DQO DAS ETES ESTUDADAS EM COMPARAÇÃO DE FAIXAS DE VALORES ACEITAS PARA CADA CONCEPÇÃO DE TRATAMENTO.	83
FIGURA 30. PORCENTAGENS MÉDIAS DE REMOÇÃO DE SST DAS ETES ESTUDADAS EM COMPARAÇÃO DE FAIXAS DE VALORES ACEITAS PARA CADA CONCEPÇÃO DE TRATAMENTO.	83

FIGURA 31. QUADRO COMPARATIVO DAS ETES ESTUDADAS COM RELAÇÃO AO ATENDIMENTO OU NÃO DE DIVERSOS PARÂMETROS, DADOS OPERACIONAIS, GESTÃO DE SEGURANÇA E MEDIÇÃO DE VAZÃO.	84
FIGURA 32. ESQUEMA DO PERFIL DAS CONCENTRAÇÕES DE MO, BACTÉRIAS E OD AO LONGO DO PERCURSO DO CORPO HÍDRICO RECEPTOR E DELIMITAÇÃO DAS ZONAS DE AUTODEPURAÇÃO.	88
FIGURA 33. ESTRUTURAÇÃO PRELIMINAR PARA O SGI.	90
FIGURA 34. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS PROCESSOS E RESPECTIVAS RELAÇÕES EM EMPRESAS.	92
FIGURA 35. PROCESSOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO (CONTEXTO HISTÓRICO).	92
FIGURA 36. PROCESSOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO (CONTEXTO ATUAL). EM CINZA FATORES QUE GANHARAM EM IMPORTÂNCIA.	93
FIGURA 37. ESQUEMA PARA O SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO.	94
FIGURA 38. EXEMPLO DE PROCESSO DO SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO PARA O PROCESSO TRATAMENTO DE ESGOTOS.	110
FIGURA 39. INSTRUÇÃO DE TRABALHO OU PROCEDIMENTO OPERACIONAL PARA PADRÃO PARA UM LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE.	111

Lista de tabelas

TABELA 1. PARÂMETROS COMUMENTE AVALIADOS EM AMBIENTES AQUÁTICOS E EM EFLUENTES BRUTOS E TRATADOS DE ETES, ALÉM DO PADRÃO (VALOR) PARA CADA CLASSE DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA Nº. 357 DE 2005.....	5
TABELA 2. NÍVEIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.	7
TABELA 3. RESUMO DAS PRINCIPAIS REAÇÕES BIOLÓGICAS EM UMA LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS, COM RELAÇÃO AO TIPO, ORGANISMOS PARTICIPANTES, ALIMENTOS BÁSICOS, PRODUTOS, TEMPO E ODORES PRODUZIDOS.	8
TABELA 4. NÍVEL DE TRATAMENTO E REMOÇÃO DE CONTAMINANTES POR TIPO DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO.	9
TABELA 5. DESENVOLVIMENTO DE NORMAS REALIZADO POR CADA SUBCOMITÊ INTEGRANTE DA SÉRIE 14.000... 18	
TABELA 6. RISCOS AMBIENTAIS NAS ETAPAS PRELIMINARES E NOS DIFERENTES TIPOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS.	21
TABELA 7. RISCOS AMBIENTAIS DOS PRODUTOS QUÍMICOS MAIS COMUNS USADOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO.	22
TABELA 8. AGENTES DO AMBIENTE DE TRABALHO E RESPECTIVA DESCRIÇÃO.	26
TABELA 9. LISTA DE REQUISITOS DA ISO/IEC 17.025.	34
TABELA 10. ETES ESTUDADAS E RESPECTIVOS TIPOS DE TRATAMENTO.	38
TABELA 11. FATORES PARA VOLUME DE AMOSTRA NA DETERMINAÇÃO DE DBO.	58
TABELA 12. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE A NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	70
TABELA 13. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE B NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	72
TABELA 14. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE C NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	73
TABELA 15. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE D NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	74
TABELA 16. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE E NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	75
TABELA 17. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE F NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	76
TABELA 18. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE G NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	77
TABELA 19. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE H NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	79
TABELA 20. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE I NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	80
TABELA 21. VALORES MÉDIOS DAS ANÁLISES PARA A ETE J NO PERÍODO DE ESTUDO DE TRÊS ANOS.	81
TABELA 22. PARÂMETROS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS QUE DEVEM SER INCLUÍDOS PARA MELHOR ESTUDO OPERACIONAL- AMBIENTAL E IMPORTÂNCIA E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DOS MESMOS.	86
TABELA 23. SUGESTÃO DE FREQUÊNCIA PARA A DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS NECESSÁRIOS AO MONITORAMENTO DAS ETES E CORPOS HÍDRICOS RECEPTORES.	87
TABELA 24. OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS COM A POLÍTICA DE GESTÃO INTEGRADA.	96
TABELA 25. ELABORAÇÃO DE REAGENTES NA DETERMINAÇÃO DE OD.	108
TABELA 26. ELABORAÇÃO DE REAGENTES NA DETERMINAÇÃO DE DQO.	109
TABELA 27. ELABORAÇÃO DE REAGENTES PARA A DETERMINAÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIAICAL.	109
TABELA 28. QUESTIONÁRIO PARA A EXECUÇÃO DE UMA AUDITORIA EM UMA EMPRESA DE SANEAMENTO E RESPECTIVA(S) ETE(S), PARA UM SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO COM ENFOQUE NA PARTE AMBIENTAL.	111
TABELA 29. QUESTIONÁRIO PARA AUDITORIA EM UMA UNIDADE DE DECANTAÇÃO PRIMÁRIA.	117
TABELA 30. QUESTIONÁRIO PARA AUDITORIA EM UMA UNIDADE DE LEITO DE SECAGEM.	118

TABELA 31. QUESTIONÁRIO PARA AUDITORIA EM UMA UNIDADE DE LODOS ATIVADOS E DECANTADOR	
SECUNDÁRIO.....	118
TABELA 32. QUESTIONÁRIO PARA AUDITORIA EM UMA UNIDADE DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO.....	119

Lista de abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	American Public Health Association
BPL	Boas Práticas de Laboratório
BSI	British Standards Institution
CBH	Comitê de Bacias Hidrográficas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CF	Coliformes Fecais
CH ₄	Gás Metano
Cl ₂	Cloro
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT	Coliformes Totais
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DRT	Diretório Regional do Trabalho
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
GEAF	Grupo Especial de Apoio à Fiscalização no Setor de Saneamento e Urbanismo
H ₂ S	Gás Sulfídrico
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
HCl	Ácido Clorídrico
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	International Organization for Standardization
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MO	Matéria Orgânica
MPAS	Ministério da Previdência Social
NaOH	Hidróxido de Sódio
NC	Não Conformidade
NH ₃	Amônia
NR	Norma regulamentadora
OD	Oxigênio Dissolvido
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
OIT	Organização Internacional do Trabalho

PCJ	Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari, Jundiaí
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNVT	Plano Nacional de Valorização do Trabalhador
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RAFA	Reator Ascendente de Fluxo Anaeróbio
RMC	Região Metropolitana de Campinas
SESMT	Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho
SF	Sólidos Fixos
SGI	Sistema de gestão integrado
SQL	Sistema de Qualidade do Laboratório
S_{sed}	Sólidos Sedimentáveis
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
SST	Sólidos Suspensos Totais
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
ST	Sólidos Totais
SV	Sólidos Voláteis
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	1
1.2. ESGOTOS	2
1.3. TRATAMENTO DE ESGOTOS	5
1.3.1. Níveis do tratamento de esgoto	6
1.4. CONCEPÇÕES DE UNIDADES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	7
1.4.1. Lagoas de estabilização	8
1.4.1.1. Lagoas facultativas	10
1.4.1.2. Sistemas de lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas	11
1.4.1.3. Lagoas aeradas facultativas	11
1.4.1.4. Sistemas de lagoas aeradas de mistura completa seguidas de lagoas de sedimentação	12
1.4.1.5. Lagoas de maturação	12
1.4.2. Lodos ativados	13
1.4.3. Tratamento anaeróbio	14
1.4.3.1. Sistema fossa séptica – filtro anaeróbio	14
1.4.3.2. RAFA ou UASB	15
1.5. GESTÃO AMBIENTAL E DE QUALIDADE APLICADA A ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	16
1.5.1. Norma ISO 14.000	18
1.5.2. Impacto e riscos ambientais de uma ETE	19
1.6. SEGURANÇA E HIGIENE NA OPERAÇÃO DE UMA ETE	22
1.6.1. Acidente de trabalho	24
1.6.2. Riscos no ambiente de trabalho	25
1.6.3. Riscos na área de saneamento	26
1.6.4. OHSAS 18.001	30
1.7. GESTÃO DO CONTROLE DE QUALIDADE DE UMA ETE	31
1.7.1. A ISO/IEC 17.025	33
1.8. SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO (SGI)	35
2. OBJETIVOS	37
3. MÉTODOS E EXPERIMENTAL	38
3.1. ACOMPANHAMENTO OPERACIONAL DAS ETES ESTUDADAS	38
3.2. BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS LOCAIS ESTUDADOS	40
3.2.1. Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – UGRHI-05	41
3.2.1.1. Cobrança pelo uso dos recursos hídricos	43
3.2.2. Bacia do Médio-Tietê e Sorocaba – UGRHI-10	44
3.3. DESCRIÇÃO DE CADA SISTEMA ESTUDADO	46
3.3.1. ETE A	46
3.3.2. ETE B	47

3.3.3. ETE C.....	48
3.3.4. ETE D	49
3.3.5. ETE E.....	50
3.3.6. ETE F.....	51
3.3.7. ETE G	52
3.3.8. ETE H	52
3.3.9. ETE I.....	53
3.3.10. ETE J	54
3.4. DETERMINAÇÕES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS.....	55
3.4.1. Determinação da temperatura e pH	55
3.4.2. Determinação de oxigênio dissolvido (OD).....	55
3.4.2.1. Coleta para determinação de OD	56
3.4.2.2. Procedimento analítico para OD	56
3.4.3. Determinação de demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	57
3.4.3.1. Princípio do método para a determinação de DBO (respirométrico ou manométrico).....	57
3.4.3.2. Coleta para a determinação de DBO	57
3.4.3.3. Execução da determinação de DBO.....	57
3.4.3.4. Padrão 200 mg L ⁻¹ para a determinação de DBO.....	58
3.4.3.5. Branco da semente para a determinação de DBO	58
3.4.3.6. Resultados para a determinação de DBO	59
3.4.4. Determinação de demanda química de oxigênio (DQO).....	59
3.4.4.1. Coleta para determinação de DQO	59
3.4.4.2. Método utilizado para determinação de DQO em amostras de efluentes	59
3.4.5. Determinação de número e tipo de microorganismos	60
3.4.5.1. Coleta e preservação de amostras	60
3.4.5.2. Assepsia do ambiente e equipamentos	61
3.4.5.3. Princípio do método.....	61
3.4.5.4. Procedimento analítico para quantificação de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	61
3.4.5.5. Presença ou ausência de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	62
3.4.5.6. Avaliação de nível de contaminação ambiental	63
3.4.6. Determinação de sólidos.....	63
3.4.6.1. Coleta e preservação para determinação de sólidos	63
3.4.6.2. Limpeza de materiais para determinação de sólidos	63
3.4.6.3. Procedimento para determinação de sólidos totais, fixos e voláteis	63
3.4.6.4. Procedimento para sólidos em suspensão total, fixos e voláteis	64
3.4.6.5. Procedimentos para sólidos dissolvidos totais	65
3.4.6.6. Sólidos sedimentáveis.....	66
3.4.7. Determinação de nitrogênio amoniacal.....	67
3.4.7.1. Princípio do método para a determinação de nitrogênio amoniacal.....	67
3.4.7.2. Limpeza e preparo de materiais para a determinação de nitrogênio amoniacal	68
3.4.7.3. Destilação para a determinação de nitrogênio amoniacal	68
3.4.7.4. Nesslerização para a determinação de nitrogênio amoniacal	68

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4.1. ACOMPANHAMENTO OPERACIONAL DAS ETES	70
4.1.1. Resultados operacionais de monitoramento das ETES no período de estudo.....	70
4.1.1.1. Médias operacionais - ETE A	70
4.1.1.2. Médias operacionais - ETE B	72
4.1.1.3. Médias operacionais - ETE C	73
4.1.1.4. Médias operacionais - ETE D	74
4.1.1.5. Médias operacionais - ETE E.....	75
4.1.1.6. Médias operacionais - ETE F.....	76
4.1.1.7. Médias operacionais - ETE G	77
4.1.1.8. Médias operacionais - ETE H	79
4.1.1.9. Médias operacionais - ETE I.....	80
4.1.1.10. Médias operacionais - ETE J	81
4.1.1.11. Desempenho geral.....	82
4.1.2. Considerações sobre o monitoramento das ETES no período estudado.....	85
4.2. ESTABELECIMENTO DE SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO PARA ETES	89
4.2.1. Definição de coordenadores e responsáveis.....	90
4.2.2. Identificação dos processos da empresa.....	91
4.2.3. Identificação da legislação pertinente e o nível de atendimento	93
4.2.4. Análise das práticas versus requisitos das normas.....	93
4.2.5. Esquematização do sistema de gestão integrado.....	94
4.2.6. Definição de metas e indicadores e divulgação da política de gestão aos colaboradores..	95
4.2.7. Elaboração do conjunto de documentos	96
4.2.8. Processos e documentação	97
4.2.9. Estabelecimento de documentos e processos.....	98
4.2.10. Realização de auditoria interna e ações corretivas.....	98
4.2.11. Levantamento dos indicadores.....	99
4.2.12. Ações corretivas e preventivas.....	99
4.2.13. Auditoria integrada de certificação	99
5. CONCLUSÕES	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXO I: ELABORAÇÃO DE REAGENTES PARA AS DETERMINAÇÕES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS.....	108
ANEXO II: DOCUMENTOS PARA O SISTEMA INTEGRADO.....	110

1. Introdução

1.1. Saneamento básico no Brasil

O Brasil é um país de reconhecida disponibilidade hídrica, quando comparado a inúmeros países do mundo (Clarke & King, 2005). Porém, o bem-estar das populações (quantificado pelos indicadores sociais e de saúde) é mais bem retratado pela abrangência dos serviços de água e de esgotamento sanitário. Libânio et al (2005) mostraram que as péssimas condições sanitárias verificadas em muitas bacias hidrográficas desordenadamente ocupadas resultam na degradação dos recursos hídricos e que é uma realidade o lançamento de esgotos sanitários não tratados nos cursos d'água. Dentro desse contexto, Libânio et al (2005) e Miranda & Teixeira (2004) mostraram que os estados brasileiros com os piores indicadores de saúde apresentam menores índices de cobertura por rede de esgotamento sanitário e, por sua vez, os estados com os melhores indicadores de saúde, apresentam as menores taxas de mortalidade. Tal constatação evidencia a importância da discussão a respeito da interface entre os setores responsáveis pela gestão dos recursos hídricos e os setores dependentes de água de boa qualidade. Para se ter uma idéia da situação no Brasil, o IBGE (2002) estima que, do total, de distritos brasileiros, 84% lançam os esgotos diretamente nos corpos hídricos e 58% não possuem qualquer tipo de rede coletora. Outro dado demonstra que 73% dessas localidades têm população inferior a 20 mil habitantes, distribuídos pela zona rural e pequenos núcleos urbanos, fator que dificulta – e encarece – a implantação de métodos convencionais de tratamento de esgotos.

Como já foi observado, essa conjuntura agrava os problemas de saúde pública e ambiental, e sua melhoria depende, em grande parte, do desenvolvimento de sistemas de tratamento simples, eficientes e adaptáveis às condições econômicas e estruturais destas cidades – sistemas esses que se utilizam de métodos naturais menos mecanizados e com baixo custo de construção e operação, além de viáveis e sustentáveis¹.

¹ Chernicharo & von Sperling (1996) apud Tonetti et al (2005).

No atual contexto brasileiro, segundo Souza et al (2008), os objetivos de um estabelecimento do saneamento básico em quantidade (e qualidade) ficam comprometidos pela não sustentabilidade das ações, por conta dos interesses políticos, do descuido dos gestores, dos erros de projeto e instalação, dos altos custos operacionais e pela carência de investimentos.

Além da questão da necessidade de aumento nos índices de coleta de esgotos (IBGE, 2002; Teixeira & Guilhermino, 2006), fica evidente, também, a necessidade de se aumentar a quantidade de sistemas de tratamento de esgotos, não só pela sua questão de saúde pública (Souza & Freitas, 2008), mas, também, pela questão ambiental de lançamento de matéria orgânica, MO, nos recursos hídricos (Baird, 2002; Rocha et al, 2004). Adiante, deve-se inserir um conjunto de procedimentos operacionais na gestão do saneamento básico para garantir o desempenho e a confiabilidade dessas unidades de tratamento (Oliveira & Von Sperling, 2007), dada a suma importância de se garantir que não haja impactos no lançamento de efluentes, mesmo tratados, nos mananciais.

Alguns autores² publicaram estudos sobre o atendimento aos padrões de lançamento e sobre o desempenho do tratamento de esgoto, considerando a qualidade dos efluentes. Estes trabalhos objetivaram dar subsídios às respectivas agências ambientais para uma definição adequada dos padrões de lançamento e padrões dos corpos d'água. No Brasil, apesar de estudos³ e avaliações em escala piloto ou em ETEs individuais, o conhecimento sobre o desempenho das tecnologias de tratamento de esgotos em operação no país é relativamente esparsa, havendo poucas consolidações estruturadas em termos de uma avaliação global (Oliveira & Von Sperling, 2005).

1.2. Esgotos

O termo esgoto é usado para caracterizar os efluentes gerados a partir dos diversos tipos de uso das águas, tais como o uso doméstico, industrial, hospitalar, agrícola, entre outros

² Dean & Forsythe, 1976a, 1976b; Niku et al, 1981; Berthouex e Hunter, 1983; Vaughan e Russel, 1983; Smith et al, 2001 apud Oliveira & von Sperling, 2005.

³ Andrade Neto, 1997; von Sperling, 1998; Campos, 1999; Chernicharo, 2001; von Sperling e Chernicharo, 2000, 2002 apud Oliveira & Von Sperling, 2005.

(Jordão & Pessoa, 1995). O termo é usado, também, para definir as tubulações condutoras do líquido.

O esgoto pode ser classificado em (Gasi et al, 1988):

- ◆ Doméstico, sanitário ou comum: provenientes, principalmente, de residências, edifícios comerciais e quaisquer instalações que tenham banheiros, lavanderias, cozinhas, ou qualquer outro dispositivo de uso da água para fins domésticos. É constituído de água de banho, urina, fezes, surfactantes (sabões e detergentes), materiais gordurosos (óleos e graxas) e restos de comida.
- ◆ Industrial, proveniente de processos industriais. O efluente de cada indústria deve ser considerado em separado, já que diferem até mesmo em processos similares.
- ◆ Pluvial, decorrente da precipitação atmosférica.

A composição do esgoto é altamente variável, apresentando maior teor de impurezas durante o dia, em horários mais utilizados para o banho e trabalhos domésticos. A matéria orgânica, especialmente fezes humanas, confere, ao esgoto sanitário, suas principais características, que se modificam com o tempo, sofrendo diversas alterações até completa mineralização e estabilização (Gasi et al, 1988).

A quantidade de esgoto produzido diariamente pode variar não apenas de uma comunidade para a outra, mas, também, dentro de uma mesma comunidade em função de (Gasi et al, 1988):

- ◆ Hábitos e condições sócio-econômicas da comunidade.
- ◆ Construção, estado de conservação e manutenção de redes de esgoto.
- ◆ Custo, medição e qualidade da água distribuída.

Estima-se que a contribuição de esgoto por habitante nas cidades do interior do Estado de São Paulo varia de 90 a 210 L dia⁻¹, com predominância de valores médios entre 130 a 170 L dia⁻¹. Durante o dia, tem-se, geralmente, dois picos na vazão, o maior entre 10 e 11 h e outro pico por volta das 18 h. As mínimas vazões registram-se no período entre 23 e 5 h (Gasi et al, 1988).

O esgoto varia qualitativamente em função da composição da água de abastecimento e dos diversos usos que são dados a essas águas. Pode-se dizer que, não havendo contribuição significativa de lançamentos industriais, os esgotos sanitários constituem, aproximadamente,

de 99,9% de água e 0,1% de material sólido, em peso seco (Gasi et al, 1988). A Figura 1 apresenta um esquema da composição qualitativa do esgoto doméstico⁴.

Figura 1. Composição qualitativa do esgoto doméstico.

A fração líquida nada mais é que um meio de transporte de inúmeras substâncias orgânicas (gorduras, hidrocarbonetos, proteínas), inorgânicas (metais pesados, nitrogênio, fósforo, cloretos) e microrganismos eliminados pelas pessoas diariamente. A fração sólida é a responsável pelo impacto ao ambiente e pela deterioração da qualidade do corpo hídrico que recebe o esgoto (Gasi et al, 1988).

Para caracterizar o esgoto, utiliza-se de determinações físicas, químicas e biológicas, cujos valores permitem conhecer o grau de poluição e, conseqüentemente, dimensionar e medir a eficiência das ETEs.

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros comumente avaliados em ambientes aquáticos e em ETEs, tanto na entrada como na saída desses locais (o monitoramento dos parâmetros pode variar de um tipo de estação para o outro).

⁴ Adaptado de Metcalf & Eddy, 1979 apud Gasi et al, 1988.

Tabela 1. Parâmetros comumente avaliados em ambientes aquáticos e em efluentes brutos e tratados de ETES, além do padrão (valor) para cada classe de acordo com a Resolução CONAMA n°. 357 de 2005.

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpo hídrico				Padrão de lançamento
		Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	
Cor	uH	30	75	75	-	-
Turbidez	uT	40	100	100	-	-
Sabor e odor	-	VA	VA	VA	-	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	40
Materiais flutuantes	-	VA	VA	VA	VA	Ausente
Óleos e graxas	-	VA	VA	VA	-	-
Corantes artificiais	-	VA	VA	VA	-	-
Sólidos dissolvidos	mg L ⁻¹	500	500	500	-	-
Cloretos	mg L ⁻¹	250	250	250	-	-
pH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	5 a 9
DBO	mg L ⁻¹	3	5	10 (1)	-	60 (2)
OD	mg L ⁻¹	6	5	4	2	-
Amônia	mg L ⁻¹	0,02	0,02	-	-	5,0
Coliformes totais	Nº. org. 100 mL ⁻¹	1000	5000	20000	-	-
Coliformes fecais	Nº. org. 100 mL ⁻¹	200	1000	4000	-	-

Barros et al., 1995 (modificado) apud Guimarães & Nour, 2001. (1) Estes valores podem ser ultrapassados quando na existência de casos de estudo de autodepuração do corpo d'água indiquem que a OD deverá estar dentro dos padrões estabelecidos quando da ocorrência de condições críticas de vazão. (2) Pode ser ultrapassado caso a eficiência do tratamento seja superior a 85%. VA = virtualmente ausentes.

1.3. Tratamento de esgotos

Quando o esgoto é lançado diretamente em um corpo receptor que tem condições de receber a carga orgânica contida nele e, por meio de sua capacidade de autodepuração, elimina-se parcialmente o impacto ambiental decorrente, mas não houve, porém, a ação do homem, isto é, não houve uma unidade de tratamento construída com esse propósito.

Para acelerar esse processo de autodepuração (ou estabilização) o homem constrói e opera unidades chamadas estações de tratamento de esgoto (ETE), que podem ser definidas⁵ como “conjunto de instalações, dispositivos e equipamentos destinados ao tratamento de esgotos domésticos”.

⁵ FEEMA, 1991 apud La Rovere et al, 2002.

Tal definição não inclui um conjunto fossa séptica / filtro anaeróbio como uma ETE, embora seja comumente tratado como tal.

La Rovere et al (2002) propôs a seguinte definição para ETE:

Unidade ou estrutura projetada com o objetivo de tratar esgotos, no qual o homem, por meio de processos físicos, químicos e / ou biológicos, simula ou intensifica as condições de autodepuração que ocorrem na natureza, dentro de uma área delimitada, onde supervisiona e exerce algum controle sobre os processos de autodepuração, antes de devolver o esgoto tratado ao ambiente.

Por essa definição, uma lagoa natural que recebe lançamento de esgoto e consegue-se depurá-lo em função de suas características naturais, não é uma ETE. Por outro lado, uma lagoa projetada (lagoa de estabilização) e operada de forma a obter certo nível de tratamento é considerada uma ETE, embora a diferença visual não seja significativa para as pessoas leigas. O produto final, o esgoto tratado, é obtido em ambas.

De forma mais abrangente encontra-se a seguinte definição (Wikipedia: estação de tratamento de efluentes, 2008):

(...) são estações que tratam as águas residuais de origem doméstica e/ou industrial, comumente chamadas de esgotos sanitários ou despejos industriais, para depois serem escoadas para o mar ou rio com um nível de poluição aceitável (ou, então, serem "reutilizadas" para usos domésticos), por meio de um emissário, conforme a legislação vigente para o meio ambiente receptor. Numa ETE as águas residuais passam por vários processos de tratamento com o objetivo de separar ou diminuir a quantidade da matéria poluente da água.

Tais processos citados na definição são denominados, no Brasil, de níveis de tratamento.

1.3.1. Níveis do tratamento de esgoto

O esgoto é tratado em diferentes níveis em etapas físicas, químicas e biológicas em uma unidade de tratamento, antes de serem lançados no corpo receptor.

A etapa física é responsável pela remoção de parte dos sólidos sedimentáveis; a etapa biológica remove a matéria orgânica e, quando assim projetada, os nutrientes também. Nessa unidade ocorre, ainda, a separação sólido-líquido por meio da decantação.

Dependendo de como será utilizada a água do corpo receptor onde os efluentes serão lançados, pode-se acrescentar, após a etapa biológica, uma unidade de processamento químico

para desinfecção, visando à eliminação de organismos patogênicos e possibilitando, assim, o reuso por parte das pessoas.

De maneira mais sucinta, o tratamento de esgoto é dividido nos níveis preliminar, primário, secundário e terciário⁶ (usado eventualmente), dependendo dos fatores: poluentes removidos, eficiência na remoção e do tipo do tratamento empregado (Guimarães & Nour, 2001). A Tabela 2 apresenta os níveis de tratamento de esgoto e os poluentes removidos em cada um.

Tabela 2. Níveis de tratamento de esgoto.

Fatores	Preliminar	Primário	Secundário	Terciário
Poluentes removidos	Sólidos grosseiros	Sólidos sedimentáveis Matéria orgânica (MO) sedimentável	Sólidos não sedimentáveis MO não sedimentável Nutrientes (eventualmente)	MO suspensa e dissolvida Compostos inorgânicos dissolvidos Nutrientes
Eficiência na remoção	-	Sólidos suspensos: 60 a 70% MO: 30 a 40% Patogênicos: 30 a 40%	MO: 60 a 99% Patogênicos: 60 a 99%	Patogênicos: próximo de 100% Nutrientes: 10 a 95% Metais pesados: próximo de 100%
Tipo de tratamento predominante	Físico	Físico	Biológico	Físico, químico e biológico
Cumprimento ao padrão de lançamento	Não	Não	Usualmente sim	Sim
Aplicação	Montante de elevatória Etapa inicial de tratamento	Etapa intermediária de tratamentos mais completos	Tratamentos mais completos (para MO)	Tratamento mais refinado e eficiente (efluente de melhor qualidade)

Barros et. al., 1995 (modificado) apud Guimarães & Nour, 2001.

1.4. Concepções de unidades de tratamento de esgotos

A tecnologia de tratamento de esgotos possui vários processos e variantes. Aqui serão citadas algumas concepções mais frequentes em países de clima quente como o Brasil.

⁶ Existem, atualmente, concepções compactas nas quais os níveis primário, secundário e terciário são realizados em uma única etapa. Zaiat (2009) – comunicação pessoal.

1.4.1. Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização constituem um processo biológico de tratamento de águas residuárias que se caracterizam pela simplicidade e baixo custo. Constituem-se na forma mais simples para o processo de tratamento de esgotos. Podem ser definidas como um corpo de água lântico, construído pelo homem e destinado a armazenar resíduos líquidos de matéria orgânica, tais como o esgoto sanitário bruto e sedimentado e despejos industriais orgânicos e oxidáveis (Kellner & Pires, 1998; Silva et al, 1979; Von Sperling, 1986; Uehara & Vidal, 1989).

O tratamento é feito por meio de processos naturais físicos, bioquímicos e biológicos, denominados autodepuração ou estabilização. Tais processos, em condições parcialmente controladas, são responsáveis pela transformação de compostos orgânicos presentes no esgoto em material mais estável, devido à ação de vários tipos de organismos vivos presentes, como algas, bactérias, macroinvertebrados e protozoários, que coexistem da interação entre eles e o próprio ambiente (Uehara & Vidal, 1989). A Tabela 3 apresenta um resumo das principais reações biológicas e o papel de cada organismo.

De maneira geral, as lagoas de estabilização são bastante indicadas para regiões de clima quente e em desenvolvimento, devido aos seguintes aspectos (Kellner & Pires, 1998; Silva et al, 1979; Von Sperling, 1986; Uehara & Vidal, 1989): suficiente disponibilidade de área, clima favorável e operação relativamente simples (necessidade de pouco ou nenhum equipamento).

Tabela 3. Resumo das principais reações biológicas em uma lagoa de estabilização de esgotos sanitários, com relação ao tipo, organismos participantes, alimentos básicos, produtos, tempo e odores produzidos.

Reação biológica	Organismos	Alimentos básicos	Principais produtos	Tempo requerido (dias)*	Odores produzidos
Oxidação aeróbia	Bactérias aeróbias	Carboidratos e proteínas	CO ₂ e NH ₃	5 – 10	Nenhum
Ação fotossintética	Algas	CO ₂ e NH ₃	Oxigênio das algas	10 – 20	Nenhum
Fermentação ácida	Bactérias facultativas heterotróficas	Carboidratos, proteínas e gorduras	Ácidos orgânicos e H ₂	10 – 20	H ₂ S e ácidos orgânicos
Fermentação metanogênica	Arquéias	Ácidos orgânicos	CH ₄ , CO ₂ e H ₂	40 – 50	

Adaptado de Uehara & Vidal, 1989. (*) Tempo requerido em dias para desenvolver uma população de organismos estável.

Quanto à atividade biológica predominante, as lagoas de estabilização podem ser classificadas em (Kellner & Pires, 1998):

- ◆ Anaeróbias.
- ◆ Facultativas.
- ◆ Lagoas de maturação.

Cada tipo de lagoa possui diferentes características quanto ao tipo e nível de tratamento e remoção de contaminantes. A Tabela 4 apresenta o nível de tratamento e remoção de contaminante de cada tipo de lagoa.

Tabela 4. Nível de tratamento e remoção de contaminantes por tipo de lagoa de estabilização.

Tipo de lagoa	Remoção	Nível de tratamento
Aeróbia	Matéria orgânica e organismos patogênicos	Secundário
Anaeróbia	Matéria orgânica e organismos patogênicos	Primário e a secundário
Facultativa	Matéria orgânica e organismos patogênicos	Secundário
Maturação	Organismos patogênicos e nutrientes	Terciário

Gasi et al, 1988.

A Figura 2 apresenta fluxogramas de sistemas de lagoas de estabilização mais comuns para a remoção de matéria orgânica (Von Sperling, 1986).

Figura 2. Fluxogramas dos sistemas de lagoas de estabilização mais comuns.

1.4.1.1. Lagoas facultativas

As lagoas facultativas apresentam profundidade que pode variar de 1,0 a 2,5 m e tempo de detenção hidráulica de 10, 20 e até 35 dias (Uehara & Vidal, 1989). Essas lagoas têm seu mecanismo de depuração de esgoto ocorrendo em três zonas: anaeróbia, aeróbia e facultativa, como pode ser observado na Figura 3 (Von Sperling, 1996).

Esgoto
bruto

Figura 3. Processos que ocorrem nas zonas diferenciadas de uma lagoa facultativa.

1.4.1.2. Sistemas de lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas

As lagoas anaeróbias são dimensionadas para receber altas cargas orgânicas, o que praticamente impede a existência de OD no meio líquido. Não havendo OD, a MO é digerida de modo anaeróbio. A profundidade pode variar de 2,5 a 5,0 m e o tempo de detenção hidráulica mínimo é de três dias (Von Sperling, 1996). Predominam, nessas lagoas, os processos de fermentação ácida e metanogênica (produção de metano) na camada de lodo e no líquido sobrenadante, respectivamente (Uehara & Vidal, 1989).

As lagoas anaeróbias não requerem qualquer equipamento e têm um consumo de energia praticamente desprezível, sendo que a eficiência de remoção de DBO é da ordem de 50 a 60% (Von Sperling, 1986). Embora haja redução considerável da carga de DBO, para atender a legislação com relação ao lançamento em corpos de água, há necessidade de tratamento complementar (Uehara & Vidal, 1989), colocando-se uma lagoa facultativa em série.

Nas lagoas anaeróbias existe a preocupação da geração de maus odores. Se o sistema estiver em equilíbrio, isto é recebendo carga ou vazão pelo qual foi projetado, e se não houver problemas operacionais, essa possibilidade é reduzida (Von Sperling, 1986).

1.4.1.3. Lagoas aeradas facultativas

Nas lagoas aeradas, o O_2 a ser utilizado no processo biológico é introduzido mecanicamente, não sendo fornecido por algas. Essa introdução é realizada por meio de aeradores uniformemente distribuídos pela lagoa, que têm a função de manter a essa

oxigenação e dispersar a biomassa no meio líquido (Oliveira, 2004). A Figura 4 apresenta um exemplo de um aerador.

Figura 4. Aerador mecânico superficial flutuante.

1.4.1.4. Sistemas de lagoas aeradas de mistura completa seguidas de lagoas de sedimentação

Os sistemas de lagoas aeradas de mistura completa seguidas de lagoas de sedimentação são arranjos onde a aeração da primeira lagoa serve, além da oxigenação, para manter os sólidos em suspensão no meio líquido. A qualidade do efluente da lagoa aerada não é suficiente para lançamento direto, devido à grande quantidade de sólidos. Por essa razão, há lagoas à jusante para que haja a sedimentação e estabilização da biomassa suspensa. O efluente dessa lagoa tem menor quantidade de sólidos, podendo ser lançado diretamente no corpo receptor. As lagoas aeradas são comumente projetadas com tempo de detenção hidráulica de dois a quatro dias e com profundidades entre 2,5 a 4,0 m. As lagoas de decantação, menor ou igual a um dia e 1,5 m, respectivamente (Von Sperling, 1986).

1.4.1.5. Lagoas de maturação

As lagoas de maturação são lagoas usadas após o tratamento secundário dos esgotos (Figura 5) com o propósito de melhorar a qualidade do efluente (Gasi et al, 1988). O objetivo principal é a remoção de organismos patogênicos e não remoção adicional de DBO (Von

Sperling, 1986). Constituem em uma alternativa bastante econômica com relação à desinfecção do efluente por métodos convencionais, como a cloração, por exemplo.

A desinfecção natural do efluente na lagoa de maturação ocorre por meio de fatores naturais, como pH, temperatura e incidência de luz solar. Por esse último motivo, adota-se profundidades relativamente rasas para esse tipo de lagoa, que podem variar de 0,8 a 1,5 m e o tempo de detenção hidráulica pode variar de três a sete dias (Von Sperling, 1986).

Figura 5. Exemplo de disposição de lagoas de maturação após tratamento secundário.

1.4.2. Lodos ativados

O sistema de lodos ativados é bastante utilizado em nível mundial, principalmente em situações em que se objetiva um efluente de relativa qualidade com pouco requisito de área. No entanto, ao se comparar esse sistema com as lagoas de estabilização (como exemplo), a complexidade operacional, o consumo energético e o nível de mecanização são mais elevados (Von Sperling, 2005).

Em sistemas aerados verificou-se uma redução no volume pode ser alcançada por meio do aumento da concentração de biomassa em suspensão no meio líquido. Dessa forma, quanto mais bactérias houver em suspensão, maior será o consumo de alimento, isto é, maior será a assimilação da MO presente no esgoto bruto. Comparando-se com o sistema de lagoas aeradas e lagoas de decantação, verifica-se que ainda há um reservatório de bactérias ainda ativas nas unidades de decantação. Caso parte dessas bactérias voltasse à unidade de aeração, a concentração total de bactérias seria aumentada consideravelmente. Esse é o princípio dos sistemas de lodos ativados, onde os sólidos são recirculados do fundo da unidade de decantação de volta para a unidade de aeração por meio de bombeamento (Von Sperling, 2002; 2005). A Figura 6 apresenta uma representação esquemática de uma ETE por lodos ativados (Von Sperling, 2002).

Grade
Caixa de areia

Figura 6. Representação esquemática de uma ETE por lodos ativados.

1.4.3. Tratamento anaeróbico

Há diversas concepções de reatores anaeróbios, sendo que os tipos mais comuns são filtros anaeróbios (que usualmente tratam efluentes de tanques sépticos) e os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (RAFA).

1.4.3.1. Sistema fossa séptica – filtro anaeróbico

Os sistemas de fossa séptica e filtro anaeróbico – também chamados de sistemas fossa-filtro – têm sido muito usados no meio rural e pequenas comunidades ou bairros. O tanque séptico remove grande parte dos sólidos em suspensão, que sedimentam e passam pela digestão anaeróbia no fundo do tanque. O filtro anaeróbico realiza remoção complementar da DBO. A Figura 7 apresenta uma representação esquemática de um sistema fossa séptica e filtro anaeróbico (Von Sperling, 2005).

Esgoto

bruto

Gradeamento

Adensadores de
gravidade

Figura 7. Representação esquemática de um sistema fossa séptica – filtro anaeróbio.

1.4.3.2. RAFA ou UASB

Os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e de manta de lodo (RAFA) ou UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) – a sigla original é mais usada – constituem-se em uma tendência mais atual no tratamento de esgotos no Brasil (Von Sperling, 2005). Diferentemente dos filtros anaeróbios, não há necessidade da decantação primária e a biomassa cresce no meio líquido. A biomassa forma grânulos que tendem a ser suportes às bactérias e a concentração da mesma é bastante elevada (daí manta de lodo). Devido a isso, os requisitos de área são baixos. Sendo o processo anaeróbio, há formação de gases como o CH_4 e CO_2 .

A parte superior do reator apresenta uma estrutura que possibilita a separação e acúmulo de gás e retorno dos sólidos. Tal estrutura é chamada de separador trifásico. Como há alta retenção de sólidos, a idade do lodo é relativamente elevada e o tempo de detenção hidráulica é reduzido (dentre seis a dez horas). Pelo fato de as bolhas não penetrarem na zona de sedimentação, a separação sólido – líquido não é comprometida. O efluente sai do compartimento relativamente clarificado e a quantidade de biomassa é mantida elevada. A Figura 8 apresenta uma representação esquemática de uma ETE por UASB ou RAFA (Von Sperling, 2005; Chernicharo, 1997).

Fonte: Chernicharo (1997)

Figura 8. Representação esquemática de uma ETE por UASB ou RAFA.

1.5. Gestão ambiental e de qualidade aplicada a estações de tratamento de esgotos

Uma unidade de tratamento de esgotos transforma o esgoto bruto em esgoto tratado, por meio de processos que se interligam de maneira semelhante aos processos produtivos em uma indústria. Porém, como o objetivo básico de uma ETE é transformar a água proveniente de diversos usos humanos em água compatível com a qualidade do corpo receptor que vai recebê-la, pouco se questiona, atualmente, quanto à necessidade da inserção da gestão ambiental no corpo das suas funções político-administrativas (La Rovere et al, 2002).

É indiscutível que, ao tratar o esgoto bruto, a ETE traz benefícios ambientais, mas, como toda indústria de transformação, os processos utilizados podem causar impactos ao ambiente, mesmo quando a missão é a conservação da qualidade dos recursos hídricos da localidade atendida.

Ao considerar a variável ambiental, uma ETE não só pode reduzir eventuais impactos ambientais decorrentes de suas atividades, como, também, aumentar a eficiência de seus processos, melhorar sua relação com a comunidade atendida e com a comunidade vizinha, prevenir acidentes e otimizar o consumo de energia.

É importante ressaltar que, no Brasil, uma ETE não é normalmente uma empresa em si, mas uma unidade funcional em um organograma de atividades e responsabilidades, como é o caso das ETEs de grandes companhias de saneamento. Nessas companhias, a missão empresarial abrange captação, tratamento e distribuição de água potável, bem como coleta, transporte, tratamento e disposição em corpos receptores do esgoto tratado, fechando, assim, o ciclo da utilização do recurso natural água.

Quando se discute o tratamento de esgoto, é necessário lembrar que essa atividade inclui, também, o tratamento e a destinação final do resíduo sólido gerado a partir dos processos utilizados. A opção pelo sistema de lodos ativados, como exemplo, implica uma produção média de $17,5 \text{ kg ano}^{-1}$ de lodo em base seca por habitante. Aplicando-se esse valor a uma comunidade de um milhão de habitantes por um sistema de coleta e tratamento de esgotos, estima-se uma produção de 48 toneladas por dia de lodo seco a ser armazenado e disposto (La Rovere et al, 2002).

Deve-se considerar, também, o transporte e a disposição final dos resíduos, que podem ser realizados, na maioria das vezes, por outras empresas. Apesar disso, essas atividades fazem parte da gestão de uma ETE.

O serviço de análises de laboratoriais (controle de qualidade e operacional), por ser potencialmente de impacto, deve ser considerado, também, como parte das funções gerenciais relativas à gestão ambiental.

A gestão ambiental é o sistema que inclui a estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, analisar e manter a política ambiental (Tinoco & Kraemer, 2006).

O desenvolvimento de normas de sistemas de gestão ambiental para processos (além de serviços e produtos) associou, em meados dos anos 1990, dois movimentos de grande importância: as gestões da qualidade e a ambiental, que, apesar de terem abordagens diferentes, compartilham dos mesmos princípios, facilitando-se, assim, a introdução de um sistema de gestão ambiental, quando já existe um sistema de qualidade implantado. As normas ISO 9.000 e 14.000 têm estruturas relativamente similares (Silva, 2003).

1.5.1. Norma ISO 14.000

Resumidamente, a ISO 14.000 é uma série de normas desenvolvidas pela International Organization for Standardization (ISO) e que estabelecem diretrizes sobre a área de gestão ambiental dentro de empresas (Wikipedia: ISO 14.000, 2008).

No início da década de 90, a ISO viu a necessidade de se desenvolver normas que falassem da questão ambiental e tivessem, como intuito, a padronização dos processos de empresas que utilizassem recursos tirados da natureza e / ou causassem algum dano ambiental decorrente de suas atividades.

Em 1993, a ISO reuniu diversos profissionais e criou um comitê, intitulado “Comitê Técnico 207” que tinha, como objetivo, desenvolver normas (da série 14.000) nas áreas envolvidas com o meio ambiente. O comitê foi dividido em vários subcomitês, conforme visto na Tabela 5.

Tabela 5. Desenvolvimento de normas realizado por cada subcomitê integrante da Série 14.000.

Subcomitê	Respectivo desenvolvimento de norma(s) relativa(s) à
1	Sistemas de gestão ambiental.
2	Auditorias na área de meio ambiente.
3	Rotulagem ambiental.
4	Avaliação do desempenho (performance) ambiental.
5	Análise durante a existência (análise de ciclo de vida).
6	Definições e conceitos.
7	Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos.
8	Comunicação ambiental.
9	Mudanças climáticas.

Adaptado de Moura (2002) e Wikipedia: ISO 14.000 (2008).

Na parte introdutória da norma são apresentados alguns pontos fundamentais da ISO 14.000 (Johnson, 2008; Valle, 2008):

- ◆ O sistema de gestão ambiental deve interagir com outros sistemas de gestão da empresa (isto é, possibilitar a integração dos mesmos).
- ◆ A norma se aplica a qualquer tipo de empresa, independente de suas características, cultura, local, entre outros.
- ◆ A norma tem, como foco, a proteção ao ambiente e a prevenção da poluição equilibrada com as necessidades socioeconômicas do mundo atual.

Como já citado, a norma tem vários princípios do sistema de gestão em comum com os princípios estabelecidos na série de normas ISO 9.000.

Dentre os objetivos gerais da norma, estão (Johnson, 2008; Valle, 2008):

- ◆ Estabelecer a criação, manutenção e melhoria do sistema de gestão ambiental.
- ◆ Verificar se a empresa está em conformidade com sua própria política ambiental e outras determinações legais.
- ◆ Permitir que a empresa demonstre isso para a sociedade.
- ◆ Permitir que a empresa possa solicitar uma certificação / registro do sistema de gestão ambiental, por um organismo certificador (empresa que dá o certificado) externo.

A norma apresenta, também, definições para os termos encontrados em seu texto, tais como:

- ◆ Melhoria contínua.
- ◆ Ambiente.
- ◆ Aspecto ambiental.
- ◆ Impacto ambiental.
- ◆ Sistema de gestão ambiental.
- ◆ Sistema de auditoria da gestão ambiental.
- ◆ Objetivo ambiental.
- ◆ Desempenho ambiental.
- ◆ Política ambiental.
- ◆ Meta ambiental.
- ◆ Parte interessada.
- ◆ Organização.

1.5.2. Impacto e riscos ambientais de uma ETE

É evidente que, na operação de uma ETE, uma gestão falha e ineficiente traz impactos negativos ao ambiente.

De acordo com a definição da NBR ISO 14.001 (2004), Impacto Ambiental é “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”.

Para o CONAMA (BRASIL, 2006) impacto ambiental é:

(...) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança, e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

O risco ambiental é a junção do risco tecnológico (probabilidade de falha de algum equipamento) e do impacto ambiental, isto é, a probabilidade de ocorrência do impacto ambiental (LA ROVERE et al, 2002).

A Tabela 6 apresenta os riscos ambientais de cada etapa do tratamento preliminar (costumeiramente comum em toda unidade de tratamento) e dos tipos mais comuns de tratamento de esgoto, enquanto a Tabela 7 apresenta os respectivos riscos para os produtos químicos mais comuns, também usados no processo.

Tabela 6. Riscos ambientais nas etapas preliminares e nos diferentes tipos de tratamento de esgotos.

Etapas do tratamento	Riscos ambientais
Grade ou gradeamento	Disposição inadequada do material removido nos dispositivos de retenção (material seco ou úmido) e falta de tratamento desse material antes da disposição. Probabilidade de geração de odores e proliferação de insetos nos locais ou recipientes usados para armazenar o material removido.
Remoção de areia	Localização inadequada do dispositivo de remoção, que deve ser, preferencialmente, em áreas externas e descobertas, devido à presença de gases*.
Decantador	Descarte inadequado do lodo sedimentado e geração de odores. A não remoção de materiais que, por ventura, possam ficar retidos nos anteparos e vertedores dos dispositivos de saída. A geração de odores pode indicar septicidade do esgoto, podendo causar incômodo a residentes próximos da área.
Leito de secagem	Liberação de gases dissolvidos no lodo, causando a geração de odores. É uma consequência da digestão incompleta do lodo.
Lodos ativados	Formação de aerossóis na etapa da agitação mecânica do meio líquido, quando são utilizados aeradores convencionais de superfície, provocando a disseminação de doenças como a tuberculose.
Filtro biológico	Proliferação de insetos, tais como moscas, que fazem parte dos organismos que se alimentam da matéria orgânica do limo e contribuem para sua decomposição.
Lagoa de estabilização	Proliferação de insetos, principalmente quando não há vegetação ou quando a profundidade é demasiadamente rasa, isto é, menor que 90 cm. Outro motivo é a presença de vegetação aquática junto aos taludes.
RAFA	Monitoramento inadequado da produção de gás – a variação do processo pode indicar perturbações no processo. O mau dimensionamento pode acarretar na geração de maus odores.

Adaptado de La Rovere et al, 2002. (*) Gases provenientes da decomposição da matéria orgânica retida junto à areia, tais como H₂S e CH₄.

Tabela 7. Riscos ambientais dos produtos químicos mais comuns usados no tratamento de esgoto.

Produto químico	Riscos ambientais
Cal	Na água, a cal solubiliza-se facilmente, sendo carregada e podendo alterar, de forma drástica, o pH de ambientes aquáticos. Vazamentos de grande quantidade desse produto podem representar impactos consideráveis.
Cloro	O cloro é altamente tóxico e irritante. Em solução aquosa, tende a formar compostos corrosivos, como o HCl e cloraminas, além de atacar, diretamente, fauna e flora que estiver em seu caminho. Entretanto, o cloro gasoso difunde-se rapidamente na atmosfera, tendo, relativamente, baixo raio de abrangência.
Sulfato de alumínio	A umidade do ambiente reage com esse sal produzindo ácido sulfúrico, que é altamente corrosivo, atacando os sacos do produto e, assim, provocando vazamento. O produto líquido (solução) é transportado por caminhões-tanque e as transferências podem apresentar risco de vazamento.
Sulfato ferroso	Apresenta agressividade análoga ao sulfato de alumínio.
Sulfato ferroso clorado	A mistura tende a liberar cloro na forma gasosa, implicando na necessidade de vedação e controle de emissão desses gases, para não liberação na atmosfera.
Cloreto férrico	A decomposição pode ser extremamente prejudicial ao ambiente pela liberação de HCl.
Polieletrólitos	Apresenta baixa toxicidade, são pouco reativos e de fácil biodegradabilidade, fazendo com que apresentem baixo risco ambiental, em relação aos outros produtos.

Adaptado de La Rovere et al, 2002.

Como pode ser verificado, nas várias etapas do processo de tratamento de esgoto, além dos riscos ao ambiente ocasionados por uma operação falha e ineficiente, há inúmeros outros riscos, também, para o recurso humano que opera o sistema, devendo-se discutir um sistema de gestão que garanta a segurança do mesmo.

1.6. Segurança e higiene na operação de uma ETE

Giannasi (1999)⁷ relata que a Engenharia de Segurança no Trabalho foi, oficialmente, criada no Brasil a partir da portaria 3.237 de 1972 pelo do Ministério do Trabalho para dar suporte ao PNVN - Plano Nacional de Valorização do Trabalhador, que tinha como objetivo eliminar a má imagem que o Brasil tinha como recordista mundial em acidentes. Ainda segundo a autora, as empresas que possuíssem mais de cem funcionários deveriam contar com profissionais de medicina no trabalho, atualmente conhecido como SESMT (Serviço

⁷ Giannasi, F. Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho. Anotações de aula do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 1999. 18 p. apud Buda (2004).

Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho). As diretrizes para esse trabalho tinham, como base, uma regulamentação do Serviço de Saúde Ocupacional instituído pela OIT - Organização Internacional do Trabalho, por meio da “Recomendação nº. 112”, aprovada na 43ª Conferência Internacional do Trabalho, realizada em 1959 em Genebra, com os seguintes objetivos:

- ◆ Promover e manter o mais alto grau de bem-estar físico, mental e social dos trabalhadores em todas as ocupações.
- ◆ Prevenir, entre os trabalhadores, todo prejuízo causado à sua saúde pelas condições de trabalho.
- ◆ Proteger os trabalhadores em suas atividades, contra os riscos resultantes da presença de fatores adversos e agentes nocivos à sua saúde.
- ◆ Colocar e conservar os trabalhadores em ambientes ocupacionais adaptados às suas aptidões fisiológicas e psicológicas.
- ◆ Adaptar o trabalho ao homem e cada homem ao seu próprio trabalho.

Finalmente, em 1977, o texto da CLT sofre alteração pela Lei 6.514 de 22/12/1977 (Brasil, 1977) e regulamentado pela Portaria 3.214 de 08/06/1978 (Brasil, 1978) mais posteriores alterações, que instituíram na época de sua criação as vinte e nove Normas Regulamentadoras (NR) entre as quais, nesse contexto, podem se destacar:

NR4 - Serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho: estabelece a obrigatoriedade das empresas públicas e privadas, que possuam empregados regidos pela CLT, de organizarem e manterem em funcionamento, Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho – SESMT, com a finalidade de promover a saúde e proteger a integridade do trabalhador no local de trabalho.

NR5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA: estabelece a obrigatoriedade das empresas públicas e privadas organizarem e manterem em funcionamento, por estabelecimento, uma comissão constituída exclusivamente por empregados com o objetivo de prevenir infortúnios laborais, por meio da apresentação de sugestões e recomendações ao empregador para que melhore as condições de trabalho, eliminando as possíveis causas de acidentes do trabalho e doenças ocupacionais.

NR6 - Equipamentos de Proteção Individual (EPI): estabelece e define os tipos de EPIs a que as empresas estão obrigadas a fornecer a seus empregados, sempre que as condições de trabalho o exigir, a fim de resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores.

NR9 - Programas de prevenção de riscos ambientais: estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, visando à preservação da saúde e da integridade física dos trabalhadores, por meio da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

NR15 - Atividades e operações insalubres: descreve as atividades, operações e agentes insalubres, inclusive seus limites de tolerância, definindo, assim, as situações que, quando vivenciadas nos ambientes de trabalho pelos trabalhadores, ensejam a caracterização do exercício insalubre e, também, os meios de proteger os trabalhadores de tais exposições nocivas à sua saúde.

NR21 - Trabalho a céu aberto: tipifica as medidas preventivas relacionadas com a prevenção de acidentes nas atividades desenvolvidas a céu aberto.

NR24 - Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho: disciplina os preceitos de higiene e de conforto a serem observados nos locais de trabalho, especialmente banheiros, vestiários, refeitórios, cozinhas, alojamentos e água potável, visando à higiene dos locais de trabalho e a proteção à saúde dos trabalhadores.

NR25 - Resíduos industriais: estabelece as medidas preventivas a serem observadas, pelas empresas, no destino final a ser dado aos resíduos industriais resultantes dos ambientes de trabalho de modo a proteger a saúde e a integridade física dos trabalhadores.

1.6.1. Acidente de trabalho

O acidente de trabalho é considerado como qualquer ocorrência que interfere no andamento normal do trabalho, causando perda de tempo e/ou danos materiais e/ou lesões funcionais nos trabalhadores (MPAS, 2002). O Plano para Valorização Nacional do

Trabalhador (1972)⁸ mostra que estes eventos podem ser divididos em suas causas conforme indicado na Figura 9.

Figura 9. Porcentagem de causas de acidentes de trabalho em indústrias americanas.

Assim, de uma forma geral, praticamente todo acidente tem como causa uma falha humana, salvo os causados por fatores ambientais (forças da natureza, como exemplo). A falta de manutenção de um equipamento, desconhecimento ou negligência das normas e métodos de segurança, a não utilização de EPI, Equipamentos de Proteção Individual ou uso de EPC, Equipamento de Proteção Coletiva, são práticas (incidentes) que podem causar acidentes. Logo, estes podem ser ocasionados por atitudes, procedimentos e equipamentos inadequados⁹.

1.6.2. Riscos no ambiente de trabalho

Entende-se o risco como uma ocorrência que expõe o operador a condições que possam causar danos a sua saúde física ou mental. Os riscos no ambiente de trabalho são ocorrências que devem ser controladas e / ou evitadas, de forma que o operador tenha um ambiente em que possa desenvolver suas atividades normalmente.

Compreende risco no ambiente de trabalho os agentes físicos, ergonômicos, mecânicos, químicos e biológicos existentes no meio de trabalho que, em função de sua

2% causas
imprevisíveis

⁸ Giannasi, F. Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho. Anotações de aula do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 1999. 18 p. apud Buda (2004).

⁹ Giannasi, F. Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho. Anotações de aula do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 1999. 18 p. apud Buda (2004).

natureza, concentração, intensidade e tempo de exposição são capazes de causar danos à saúde do trabalhador (MTE, 2008).

Os riscos no ambiente de trabalho são ferramentas importantes para a elaboração de programas de controle das condições insalubres que possam afetar ao trabalhador. As causas geradoras destes riscos apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8. Agentes do ambiente de trabalho e respectiva descrição.

Tipos de agentes	Descrição do agente
Físicos	Formas de energia a que o trabalhador está exposto, tais como ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não-ionizantes, bem como o infra-som e ultra-som.
Químicos	Substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo por meio da pele ou por ingestão.
Biológicos	Bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros.
Ergonômicos	Relacionados à postura inadequada, a trabalhos repetitivos, a equipamentos mal adaptados ao trabalhador, ao peso excessivo.
Mecânicos	Relacionados a arranjos de máquinas, equipamentos e ferramentas inadequadas ou defeituosas e iluminação ineficiente.

Buda, 2004.

1.6.3. Riscos na área de saneamento

A área de saneamento, em particular as ETEs, há muito tempo tem despertado interesse para composição de vários trabalhos e pesquisas, com relação à higiene e saúde dos trabalhadores, e por possuir um processo produtivo que pode gerar vários acidentes em sua planta industrial.

Cruz et al (1969)¹⁰ manifestaram a preocupação com os trabalhadores da Unidade de Esgotos Sanitários do antigo Departamento de Águas e Esgoto da Cidade de São Paulo. Desenvolveram estudo que constatou a incidência de contaminação por leptospirose nos operários que tinham contato com águas contaminadas.

¹⁰ CRUZ, J. et al. Leptospiroses em Trabalhadores da Rede de Esgotos da Cidade de São Paulo. In: VIII CONGRESSO NACIONAL DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES DO TRABALHO, DEPARTAMENTO NACIONAL DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO. 1969, Salvador Anais... , Salvador, Bahia, 1969 apud Buda (2004).

Estes autores recomendam, em seu trabalho, certos cuidados que deveriam ser tomados pelos trabalhadores e empregadores para se evitar a contaminação:

- ◆ Tratamento da água.
- ◆ Eliminação dos ratos.
- ◆ Proteção imunológica ao trabalhador (conhecidos, mas não eficazes na época).
- ◆ Proteção ao trabalhador, que tenha contato com esgotos, com a utilização de equipamentos de proteção como roupas, luvas e botas à prova d'água.
- ◆ Limpeza e desinfecção de ferimentos.
- ◆ Proibição de trabalho sem o uso de calçados.
- ◆ Uso profilático de fenitralina potássica para todos servidores que se acidentassem em serviço e tivesse sido contaminado com água.

Loureiro (1982)¹¹, levantou os riscos em 11 ETEs distribuídas nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília. Constatou que os trabalhadores estavam sujeitos a condições de falta de higiene, riscos de acidentes e contaminação. A maior preocupação foi a falta de higiene encontrada, além do pouco treinamento que os trabalhadores tinham para lidar com situações de acidentes. Algumas de suas conclusões foram:

- ◆ Os trabalhadores não mantinham condições de higiene apropriadas durante e após os trabalhos por falta de instalações e material para tal fim.
- ◆ Os trabalhadores tinham consciência dos procedimentos de higiene.
- ◆ Não utilização ou o uso inadequado dos equipamentos de proteção individual.
- ◆ Os trabalhadores estavam expostos a riscos que poderiam levar a acidentes graves e riscos de explosão colocando em perigo as estações de tratamento.
- ◆ Falta de projeto e sistemas de proteção contra incêndio.

¹¹ LOUREIRO, R. V. Higiene e Segurança em Estações de Tratamento de Esgoto. 1982. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Departamento de Saúde Ambiental, FSP, USP, São Paulo, 1982 apud Buda, 2004.

- ◆ A não eliminação dos riscos existentes pelos SESMT por desconhecimento ou por falta de providências.
- ◆ Falta de um programa de treinamento, vacinação, caixas de primeiros socorros e a não assistência do SESMT aos trabalhadores.
- ◆ Falta de treinamento nos setores de segurança patrimonial, pois estes permitiam acesso de pessoas a áreas restritas, por desconhecerem os riscos lá existentes.

O GEAF - Grupo Especial de Apoio à Fiscalização no Setor de Saneamento e Urbanismo (Ministério do Trabalho e Emprego, 2008), em novembro de 2002, publicou trabalho apresentando um diagnóstico das condições de riscos dos trabalhadores nas estações de tratamento de água, tratamento de esgoto e de resíduos sólidos. Tiveram, como base, consultas nas RAIS (Relação Anual de Informações Sociais), levantando o número de acidentes do setor, as Normas Regulamentadoras, informações das atas de reunião das CIPAs, documentos de entrega de EPI, ordens de serviço, planos de emergência, Atestados de Saúde Ocupacional (ASO), além de outros relatórios.

A conclusão final desse trabalho gerou o "Manual de Procedimentos para Auditoria no Setor de Saneamento Básico", onde constam os riscos levantados e as recomendações para cada setor (Ministério do Trabalho e Emprego, 2008).

O grupo de estudo desse manual foi composto por empresas do setor privado e público, entidades de classe e DRT (Diretório Regional do Trabalho), que mediou as discussões (Ministério do Trabalho e Emprego, 2008).

O GEAF lançou bases para a elaboração de uma norma regulamentadora para o setor de água, esgoto e coleta de lixo com a publicação deste manual. Um dos motivos que despertou essa pesquisa foram as informações desencontradas dos acidentes ocorridos no setor, segundo informações do engenheiro de segurança de uma das empresas que participou da pesquisa.

A seguir, um resumo dos riscos levantados nas ETEs e suas descrições (BUDA, 2004).

Riscos físicos:

- ◆ Radiação não-ionizante pela exposição do trabalhador ao sol nos trabalhos a céu aberto durante manutenção e fiscalização.
- ◆ Ruídos de máquinas e equipamentos.
- ◆ Umidade.

- ◆ Riscos de acidentes ou mecânicos:
- ◆ Explosões em locais que apresentam concentrações de gás sulfídrico (H_2S) e metano (CH_4), como nos reatores anaeróbios, tanques de sedimentação e espaços confinados. O perigo de explosão foi observado, também, nas oficinas de manutenção, durante a utilização de soldas nos equipamentos sem a manutenção adequada.
- ◆ Operação de máquinas.
- ◆ Contusões e quedas.
- ◆ Quedas de equipamentos e ou materiais sobre operadores.
- ◆ Soterramento dos operários que trabalham na escavação de valas.
- ◆ Atropelamento em vias públicas e demais acidentes de trânsito com o veículo da empresa.
- ◆ Choques elétricos nos trabalhos em vias públicas e máquinas sem aterramento.
- ◆ Picadas de animais peçonhentos.
- ◆ Afogamento por queda no tanque de tratamento.

Riscos biológicos: decorrentes da exposição a microrganismos nos resíduos. Quando há tratamentos aeróbios, esses podem estar dispersos no ar, representando riscos de contaminação. Esses agentes podem ser vírus, bactérias e fungos, que podem causar doenças infecciosas diarreicas, hepáticas e respiratórias.

Riscos químicos:

- ◆ Uso de cloro líquido ou gasoso no processo de coagulação, condensação, desinfecção e tratamento de lodos. O cloro gasoso pode ocasionar alterações em vias aéreas em decorrência da formação do ácido clorídrico. A exposição a este tipo de cloro pode ser fatal se for superior a uma hora a concentrações de 50 a 100 PPM. Vapores provenientes do cloro líquido podem causar lesões oculares, conjuntivite, queimaduras cáusticas e necrosantes, alterações digestivas, anemia, vertigens e cefaléias. O uso do ozônio nos processos de tratamento de lodos pode provocar irritações oculares, nasais e de pulmões.

- ◆ Exposição ao gás sulfídrico (H₂S), e metano (CH₄) – o H₂S pode causar irritações oculares, conjuntivite, perda do olfato e em concentrações muito altas (acima de 900 PPM) pode levar à morte; o CH₄ compete com o oxigênio provocando asfixia, bem como o perigo de explosão.
- ◆ Reagentes químicos dos laboratórios presentes nas ETEs.
- ◆ Contato com óleos, graxas e solventes presentes nas atividades de manutenção.
- ◆ Exposição a inseticidas presentes nas tarefas de limpeza e manutenção de redes e da planta industrial.

Riscos ergonômicos: esforço físico excessivo sendo, por muitas vezes de forma repetitiva.

Como visto, o setor de saneamento está sujeito a inúmeros riscos de ambiente de trabalho, havendo a necessidade de se existir um sistema de gestão de segurança para a operação de uma ETE.

1.6.4. OHSAS 18.001

Em meados de 1998, um grupo de organismos certificadores reuniu-se na Inglaterra para criar a primeira "norma" passível de certificação de sistemas de gestão da SST de alcance global: a OHSAS 18.001, cuja sigla significa *Occupational Health and Safety Assessment Series*, foi publicada pela BSI – *British Standards Institution* – e entrou em vigor no dia 15/04/1999 (Buda, 2004).

A criação da OHSAS 18.001 foi um grande passo em direção à padronização dos sistemas de gestão de saúde e segurança no trabalho em inúmeros países e foi desenvolvida para ser compatível com outras normas de gestão como a ISO 9.000 e a ISO 14.000.

A implementação de um Sistema de Gestão de Saúde e Segurança no Trabalho é uma excelente alternativa para as empresas preocupadas em reduzir os níveis de acidentes e melhorar as condições de trabalho de seus colaboradores. Tal sistema é baseado nos custos e / ou impactos que os acidentes provocam nas empresas e possibilita uma atuação pró-ativa, focada na prevenção de acidentes.

A norma OHSAS 18.001 estabelece os princípios gerais e requisitos auditáveis para os sistemas de gestão de saúde e segurança no trabalho.

Os principais benefícios relacionados à implantação de um sistema de gestão de saúde e segurança no trabalho baseado na OHSAS 18001:1999 são (Silva, 2001):

- ◆ Redução do número de acidentes por meio da prevenção e controle dos riscos no local de trabalho.
- ◆ Manter e aumentar a motivação dos funcionários por meio do atendimento a suas expectativas.
- ◆ Assegurar o atendimento à legislação de segurança e saúde ocupacional aplicável.
- ◆ Satisfazer as necessidades das partes interessadas no Sistema de Gestão de Saúde e Segurança no Trabalho.

O Sistema de Gestão de Saúde e Segurança no Trabalho contém os elementos centrais para o gerenciamento dos processos e atividades de uma empresa. Dessa forma, pode ser aplicado a qualquer atividade, industrial ou de serviços.

A norma OHSAS 18.002 tem como objetivo explicar os princípios fundamentais da OHSAS 18.001 visando sua compreensão e implementação.

O modelo desse sistema de gestão é praticamente idêntico ao da ISO 14.001, porém, a ênfase da OHSAS 18.001 é interna à organização, relacionada ao Sistema de Gestão de Saúde e Segurança no Trabalho (ambiente de trabalho e riscos). A ISO 14.001 é focada nos efeitos externos – ou impactos ambientais gerados pela empresa. Várias soluções recomendadas pelo autor para a ISO 14.001 são adequadas também para a OHSAS (Buda, 2004).

1.7. Gestão do controle de qualidade de uma ETE

Boa parte das ETEs possui um laboratório para controle da qualidade do efluente produzido. Alguns desses laboratórios estão estruturados para a determinação de parâmetros como DBO, DQO, sólidos, nitrogênio e contagem bacteriológica. Em muitas ETEs de menor porte e, principalmente, lagoas de estabilização, as amostras são enviadas para laboratórios terceirizados ou da própria empresa de saneamento.

Dentro do contexto de sistema de qualidade, que visa garantir a qualidade de produtos e serviços, os laboratórios de prestação de serviços sofreram, e ainda sofrem, também, pressão para garantir a qualidade de seus serviços, em particular pelas consequências que podem acarretar a emissão de um relatório (ou laudo) que apresente valores que estejam fora da

realidade. A adoção de um sistema de qualidade para laboratórios se tornou, também, necessária, nascendo, assim, normas específicas como a BPL e ISO/IEC 17.025 (Olivares, 2006).

No Brasil, o órgão responsável pelo credenciamento de laboratórios segundo os requisitos da BPL (Boas Práticas de Laboratório) e ISO/IEC 17.025 é o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), que está associado oficialmente ao ILAC (*International Laboratory Accreditation Co-operation*). Atualmente, quatro órgãos governamentais exercem pressão para o credenciamento de laboratórios, sendo eles:

- ◆ ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).
- ◆ IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).
- ◆ ANA (Agência Nacional de Águas).
- ◆ MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

A Figura 10 apresenta um esquema de exigências, em termos de requisitos, feitas pelos órgãos governamentais citados (Olivares, 2006).

Figura 10. Abrangência do conjunto de exigências dos diferentes órgãos do Governo Brasileiro quanto ao sistema de qualidade necessário para o credenciamento de laboratórios.

O SQL (Sistema de Qualidade do Laboratório) é uma ferramenta utilizada para gerenciar todos os itens que possam afetar a qualidade do laboratório. O gerenciamento é realizado por meio de procedimentos devidamente documentados (assinados e controlados) para que todos os itens sejam realizados de forma adequada e sempre da mesma maneira (ABNT, 2001). A Figura 11 apresenta um fluxograma de diferentes etapas para a realização de um ensaio em um laboratório (adaptado de: Olivares, 2006).

Figura 11. Etapas para a realização de um ensaio em laboratórios.

1.7.1. A ISO/IEC 17.025

Até o final da década de 1990, os laboratórios eram acreditados de acordo com a ISO/IEC Guide 25, a qual definia os requerimentos para a avaliação da competência dos laboratórios de teste e calibração. No final de 1999, essa norma foi substituída pela ISO/IEC 17.025. Essa nova norma foi uma significativa melhoria em relação a anterior, já que incorporou a experiência obtida com outras normas (inclusive com as da família ISO 9.000), levando-se em conta os fatores amostragem, incerteza, rastreabilidade, atendimento ao cliente, além de outros¹².

A ISO/IEC 17.025 – requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração) apresenta os requisitos que um laboratório deve ter para que trabalhe dentro desse sistema de qualidade. Tais requisitos são apresentados na Tabela 9.

¹² Engelhard, Feller & Nizri apud Olivares (2006).

Tabela 9. Lista de requisitos da ISO/IEC 17.025.

Requisitos gerenciais	Requisitos técnicos
(1) Organização.	(1) Generalidades.
(2) Sistema de qualidade.	(2) Pessoal.
(3) Controle dos documentos.	(3) Acomodações e condições ambientais.
(4) Análise crítica dos contratos, pedidos e propostas.	(4) Métodos de ensaios, calibração e validação de métodos.
(5) Subcontratação de ensaios e calibração.	(5) Equipamentos.
(6) Aquisição de serviços e suprimentos.	(6) Rastreabilidade de medição.
(7) Atendimento ao cliente.	(7) Amostragem.
(8) Reclamações.	(8) Manuseio dos itens de ensaio ou calibração.
(9) Controle dos trabalhos de ensaios e calibrações não conformes.	(9) Garantia de qualidade de resultados de ensaio e calibração.
(10) Ação corretiva.	(10) Apresentação de resultados.
(11) Ação preventiva.	
(12) Controle dos registros.	
(13) Auditorias internas.	
(14) Análises críticas pela gerência.	

Adaptado de Olivares (2006).

Para laboratórios em geral, a maior vantagem da acreditação é, sem dúvida, o ganho de mercado, além de outros benefícios, tais como (Avner, 2003):

- ◆ Profissionalismo e habilidade profissional, planejamento e execução dos trabalhos com mais precisão, confiança e eficiência nos diversos processos, documentação mais detalhada, melhor manutenção dos instrumentos.
- ◆ Melhorias no aprendizado organizacional, principalmente nas ações corretivas e preventivas.
- ◆ Melhorias atribuídas pela prática de ouvir os clientes e respectivas necessidades.

Aplicando-se esse sistema de gestão para o atendimento, também, de sistemas de abastecimento de água para o consumo humano, pode-se contribuir consideravelmente com o saneamento básico no fator controle de qualidade, lembrando que órgãos como a ANA e CETESB, que fiscalizam a eficiência de ETEs e corpos hídricos receptores, exigem um sistema de qualidade para os laboratórios responsáveis por essas ETEs e análises das amostras produzidas por essas unidades.

Para a operação, como um todo, maiores benefícios podem ser obtidos com a integração desse e dos outros sistemas de gestão citados anteriormente.

1.8. Sistema de gestão integrado (SGI)

Os sistemas de gestão integrados representam uma tendência crescente no mercado devido aos benefícios que trazem às empresas que os empregam. Além dos benefícios, como em qualquer projeto, logicamente existem as dificuldades inerentes à integração.

Vários são os benefícios associados à integração dos sistemas de gestão. Silva (2001) relaciona os principais benefícios alcançados com a integração em uma fábrica de uma conhecida multinacional no Brasil:

- ◆ A padronização, a redução e a simplificação de documentos.
- ◆ Maior comprometimento das áreas envolvidas com o SGI com as estratégias da empresa.
- ◆ Oportunidades de melhoria diferenciadas e maiores em comparação com sistemas separados.
- ◆ Maior controle sobre resíduos, sobre as perdas e materiais não-conformes, aumentando a eficiência produtiva.
- ◆ Melhoria da imagem da empresa em relação à comunidade e acionistas (matriz).
- ◆ Redução dos custos das auditorias de manutenção.
- ◆ Redução do consumo de energia.
- ◆ Redução do número de acidentes na fábrica.
- ◆ Atendimento integral às exigências legais, o que os torna menos vulneráveis a fiscalizações.

No mesmo trabalho, os documentos e / ou elementos unificados mais citados na integração foram (em ordem crescente):

- ◆ Controle de documentos, de dados e de registros.
- ◆ Auditorias internas.
- ◆ Treinamento.
- ◆ Ações corretiva e preventiva.
- ◆ Manual de gestão.
- ◆ Análise crítica pela administração.
- ◆ Aquisição.
- ◆ Monitoramento e medição.

- ◆ Controle de processo.
- ◆ Análise crítica de contrato.

Verifica-se que os Sistemas de Gestão Integrados – SGIs – são uma realidade irreversível, tanto na indústria como em empresas prestadoras de serviços. Verifica-se, também, que as normas ISO 9.000 são a base sobre a qual se assentam os SGIs, tanto os parciais como os totais (abrangendo meio ambiente + qualidade + segurança e saúde no trabalho) (Silva, 2001).

2. Objetivos

- ◆ Realizar acompanhamento operacional do processo de tratamento de esgotos de 10 ETEs de pequeno e médio porte verificando deficiências e aspectos positivos da gestão atualmente utilizada e possíveis impactos ambientais nos corpos hídricos receptores.
- ◆ Ao mesmo tempo, por meio dessa experiência e de análises das normas de referência, propor um método para implementação de um sistema de gestão integrado, que contemple às normas ISO 9.001, ISO 14.001, OHSAS 18.001, ISO:IEC 17.025 de forma simultânea, auxiliando as empresas da área de saneamento a desenvolverem um sistema de gestão capaz de contemplar os aspectos qualidade (e o seu controle), ambiente e saúde e segurança no trabalho, em abordagem única, possibilitando ganhos em relação à estrutura, redução da documentação, maior racionalidade nas operações, menor custo de implementação, minimizando os impactos ambientais e com maior eficiência no resultado global no processo de tratamento de esgotos.

3. Métodos e experimental

3.1. Acompanhamento operacional das ETEs estudadas

Realizou-se, em três anos consecutivos, o monitoramento de dez ETEs, sendo uma de tratamento por lodos ativados, uma fossa filtro e as restantes lagoas de estabilização conforme descrito na Tabela 10. A maioria está situada nas bacias dos rios: Piracicaba, Capivari e Jundiá (da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do PCJ – UGRHI 05), enquanto duas ETEs situam-se na região do médio Tietê (UGRHI 10).

Tabela 10. ETEs estudadas e respectivos tipos de tratamento.

ETE	Tratamento primário e secundário
A	Tanque-filtro ou tanque séptico em série com filtro anaeróbio.
B	Lagoa facultativa primária ou única.
C	Lagoa aerada única.
D	Lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa de maturação (todas em série).
E	Lagoa anaeróbia em série com lagoa facultativa (sistema australiano).
F	Lagoa anaeróbia em série com lagoa facultativa (sistema australiano).
G	Lagoa facultativa.
H	Lodos ativados por aeração prolongada.
I	Lagoa anaeróbia em série com lagoa facultativa (sistema australiano).
J	Duas lagoas aeradas em paralelo entre si e em série com duas lagoas de decantação.

Os parâmetros escolhidos e a frequência de amostragem para cada ETE seguiram-se de acordo com o monitoramento comumente determinado pelas respectivas agências ambientais da CETESB de cada região. A Figura 12 mostra a frequência de amostragem para cada ETE.

O plano de amostragem para verificação do impacto do lançamento de esgotos e ao atendimento à legislação incluiu:

Afluentes à ETE (esgoto bruto) para:

- ♦ Verificação do atendimento ao padrão de lançamento, com relação ao quesito de eficiência mínima de remoção de poluentes.
- ♦ Obtenção de dado de controle operacional da ETE.

Efluentes da ETE para:

- ◆ Verificação do atendimento ao padrão de lançamento, com relação aos limites de concentrações permitidos pela legislação.
- ◆ Obtenção de dados de controle operacional da ETE.

Ponto à montante do lançamento no corpo hídrico receptor para:

- ◆ Conhecimento das características do corpo d'água sem o lançamento do esgoto em questão.

Ponto à jusante do lançamento no corpo hídrico receptor para:

- ◆ Verificação do atendimento ao padrão de qualidade do corpo receptor, de acordo com sua classe.
- ◆ Avaliação da modificação induzida pelo lançamento de esgoto, em comparação com os dados obtidos do ponto à montante.

De acordo com Von Sperling (2005) essas amostras devem ser representativas com relação às condições de mistura esgoto-rio, isto é, a coleta deve ser em um ponto onde ambos estejam bem misturados. Além disso, deverá haver mais um ponto de coleta a jusante, de forma a avaliar o impacto em uma maior distância de lançamento.

As amostragens das águas residuárias e dos corpos hídricos receptores foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos no “Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, 2005)”.

Figura 12. Amostragem para cada ETE no período de pesquisa.

3.2. Bacias hidrográficas dos locais estudados

Como já foi citado, as ETEs estudadas situam-se nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiaí e Tietê (trecho médio). Essas regiões (bacias) têm a coordenação de suas gestões por Comitês de Bacias Hidrográficas distintas (CBHs), sendo que as três primeiras bacias (UGRHI-05) são coordenadas pelo CBH-PCJ, enquanto o trecho médio do Tietê e Sorocaba (UGRHI-10) são coordenados pelo respectivo CBH. A Figura 13 apresenta todas as

unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo (REDE DAS ÁGUAS, 2008).

Figura 13. Unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo.

3.2.1. Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – UGRHI-05

Os rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí são afluentes da margem direita do Rio Tietê. O rio Piracicaba percorre 250 km desde as suas nascentes, na Serra da Mantiqueira (em Minas Gerais) até o Rio Tietê, em São Paulo. O Rio Capivari percorre 180 km e o Rio Jundiaí, 125 km, aproximadamente¹³. As nascentes estão localizadas, respectivamente, na Serra do Jardim (entre os municípios de Louveira e Jundiaí) e na Serra da Pedra Vermelha (município de Mairiporã). Juntas, essas bacias hidrográficas ocupam uma área¹⁴ de aproximadamente 15.320 km² (CBH-PCJ, 2008a; Consórcio PCJ, 2008; Wikipedia: rio Capivari, 2008; Wikipedia: rio Piracicaba, 2008).

As três bacias foram reunidas em uma mesma unidade territorial (UGRHI-05 ou UGRHI-PCJ), devido à ligação hídrica entre elas causada pela ação humana. O município de

¹³ Outra fonte cita 123 km (WIKIPEDIA: rio Jundiaí, 2008).

¹⁴ LOPES, 2003 apud Barbi, 2007.

Este mapa detalha a Bacia do Rio Tietê e suas sub-bacias hidrográficas. A legenda indica as seguintes áreas:

- Bacia do Rio Atibaia (azul claro)
- Bacia do Rio Camanducaia (verde claro)
- Bacia do Rio Capivari (laranja claro)
- Bacia do Rio Corumbataí (amarelo claro)
- Bacia do Rio Jaguari (verde escuro)
- Bacia do Rio Jundiá (laranja escuro)
- Bacia do Rio Piracicaba (cinza claro)

O mapa mostra a rede hidrográfica principal e secundária, com cidades importantes marcadas por pontos pretos. As fronteiras dos estados de São Paulo (SP) e Minas Gerais (MG) também são indicadas.

A maior parte das bacias PCJ – 92,6% de sua extensão – está localizada no Estado de São Paulo e a menor parte, 7,4%, no Estado de Minas Gerais. Ao todo, há 59 municípios paulistas e cinco mineiros¹⁵.

¹⁵ Irrigart (2005) apud Barbi, 2007.

por faculdades, universidades, centros de pesquisas e unidades da Embrapa (Consórcio PCJ, 2008).

As bacias PCJ contam com uma população aproximada de 4.700.000 habitantes e uma taxa de urbanização de 94%. A Região Metropolitana de Campinas (RMC) corresponde a aproximadamente 21,15% da área das bacias PCJ e concentra 52,93% da sua população. Campinas e Jundiaí compõem os maiores aglomerados urbanos das bacias¹⁶.

Uma das principais preocupações nessas bacias é com relação ao crescimento populacional, sua concentração na RMC e os impactos que podem ser causados em termos ambientais. Uma das evidências da expansão urbana e do elevado grau de urbanização dos municípios pode ser avaliada por meio da implantação de novos empreendimentos urbanos como loteamentos habitacionais, que podem causar impactos diretos nos recursos hídricos, se implantados próximos de regiões produtoras de água. O crescimento econômico e populacional não foi acompanhado pela preocupação com os recursos naturais (Barbi, 2007).

3.2.1.1. Cobrança pelo uso dos recursos hídricos

No contexto atual dessas bacias é de relativa importância citar a aplicação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, iniciada primeiramente nas bacias PCJ e Bacia do Paraíba do Sul.

Este tipo de cobrança já estava prevista no Código de Águas de 1934 e na Lei sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, de 1981. Este instrumento de gestão aparece ainda na Lei Estadual no 7.663/91, na Lei Federal no 9.433/97 e em inúmeras outras leis estaduais promulgadas, estabelecendo um reforço institucional e jurídico para sua aplicação (DAEE, 2008).

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos tem por objetivos (DAEE, 2008):

- ◆ Reconhecer a água como um bem público de valor econômico, dando ao usuário uma indicação de seu real valor.
- ◆ Incentivar o uso racional e sustentável da água.

¹⁶ IRRIGART, 2005; SERHS, 2005, CETESB, 2006b apud Barbi, 2007.

- ◆ Obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos e de saneamento.
- ◆ Distribuir o custo sócio-ambiental pelo uso degradador e indiscriminado da água.
- ◆ Utilizar a cobrança da água como instrumento de planejamento, gestão integrada e descentralizada do uso da água e seus conflitos.

A cobrança possui três componentes com valores distintos (ANA, 2008):

- ◆ Captação de água bruta: um centavo de real para o metro cúbico captado.
- ◆ Consumo de água: dois centavos de real para o metro cúbico não devolvido ao ambiente.
- ◆ Lançamento de MO: dez centavos de real o quilograma de MO lançada em corpo hídrico, expressa por meio da DBO média do efluente.

Como pode ser observado, o componente mais caro da cobrança (lançamento de MO) depende diretamente da eficiência do tratamento de esgoto (quando existe), aumentando, assim, a necessidade de debate acerca da gestão dessas unidades operacionais.

3.2.2. Bacia do Médio-Tietê e Sorocaba – UGRHI-10

A UGRHI-10 é composta por um conjunto de bacias hidrográficas que desembocam no Rio Tietê desde a barragem de Rasgão até à barragem de Barra Bonita, no centro do Estado; desses cursos d'água, o mais importante é o Rio Sorocaba cuja bacia possui uma área de drenagem que atinge os 6.830 km². Como já foi visto, três afluentes importantes desse trecho do Rio Tietê – os Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – não fazem parte dessa unidade de gerenciamento. A Figura 15 apresenta um mapa da UGRHI-10 e sua respectiva localização no Estado de São Paulo (CBH-PCJ, 2008b) enquanto a Figura 16 apresenta a qualidade da água dessa UGRHI¹⁷ (ano: 2004).

¹⁷ Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2003 (CETESB, 2004) apud CBH-PCJ, 2008b.

Figura 15. Mapa da UGRHI-10 e sua respectiva localização no Estado de São Paulo.

Figura 16. Qualidade da água de alguns rios na região da UGRHI-10.

A UGRHI-10 registrou, na década de 1990, um dos crescimentos demográficos mais expressivos do Estado de São Paulo, de 2,8% ao ano, sendo que os municípios mais populosos são: Sorocaba, Itu e Botucatu. Os três municípios concentram cerca de 47% da população total desta unidade de gerenciamento, com Sorocaba respondendo por 31% do total.

A atividade industrial na UGRHI tem o município de Sorocaba como centro de maior destaque. O trecho superior do Médio Tietê apresenta grande concentração da atividade mineral. Na atividade agrícola predominam as culturas de cana-de-açúcar, milho e olericultura. No setor terciário merecem destaque, além do pólo regional de Sorocaba, os municípios de Botucatu e Itu, sendo os dois primeiros importantes centros de ensino superior (PCJ, 2008).

O principal rio da unidade é justamente o Tietê, nacionalmente famoso por atravessar a Cidade e o Estado de São Paulo. Nasce no município de Salesópolis, na Serra do Mar, 1.120 m de altitude. Apesar de estar a apenas 22 quilômetros do litoral, as escarpas da serra obrigam-no a caminhar sentido inverso, rumo ao interior, atravessando o estado de sudeste a noroeste até desaguar no lago formado pela barragem de Jupia no rio Paraná, no município de Três Lagoas, cerca de 50 quilômetros a jusante da cidade de Pereira Barreto (Wikipedia: rio Tietê, 2008).

3.3. Descrição de cada sistema estudado

A seguir são apresentados dados básicos dos sistemas de tratamento estudados, sendo que as informações foram obtidas a partir de dados da companhia de saneamento responsável.

3.3.1. ETE A

A ETE A não possui tratamento preliminar, sendo um tanque-filtro ou tanque séptico em série com filtro anaeróbio, sendo, por muitas vezes, chamado de fossa-filtro. O efluente é lançado na bacia do Médio Tietê (UGRHI 10) onde há, atualmente, conflitos de uso dos recursos hídricos que são provocados pela degradação da qualidade das águas, decorrentes principalmente de lançamentos de cargas poluidoras originárias dos esgotos urbanos e industriais. Nessa região, O maior valor de DBO encontra-se no trecho inicial da UGRHI,

evidenciando, de certa forma, que os poluentes recebidos da região metropolitana de São Paulo (RMSP) constituem a principal fonte de degradação da qualidade das águas da bacia.

A vazão atual da ETE é de $0,5 \text{ L s}^{-1}$, tendo sido projetada para atender à vazão nominal de $1,2 \text{ L s}^{-1}$. O esgoto é produzido por pequena comunidade e é doméstico em toda sua totalidade. A estimativa da população atendida no período de estudo foi de 5.148 a 5.372 habitantes, em universo de aproximadamente 100 ligações de esgoto predominantemente doméstico.

3.3.2. ETE B

A ETE B apresenta capacidade nominal para $8,0 \text{ L s}^{-1}$ e o tratamento preliminar é constituído por uma grade média em série com uma caixa de areia, ambas com limpeza manual. O tratamento biológico é realizado por lagoa facultativa única com área aproximada de 892 m^2 . O corpo receptor dos esgotos tratados pela ETE B é enquadrado na classe II, pertencente à UGRHI-10 (Bacia do Médio Tietê). A Figura 17 apresenta uma perspectiva da ETE B.

Para essa ETE, a estimativa da população atendida no período de estudo foi de 4.950 a 5.370 habitantes, em um universo aproximado de 1.620 ligações de esgoto e para o recebimento de esgoto constituído de 10% como efluente industrial.

Figura 17. Foto da ETE B (lagoa facultativa única).

3.3.3. ETE C

A comunidade atendida por essa ETE possui um sistema de esgotos sanitários completo de aproximadamente 520 ligações de esgoto para uma população estimada em 1.730 habitantes, com rede coletora de esgotos, elevatória ao tratamento. O tratamento preliminar é uma grade grossa com limpeza manual, e o tratamento biológico é realizado por meio de uma lagoa aerada, com aeradores de superfície e vazão média nominal de 5.0 L s^{-1} . A lagoa aerada apresenta áreas para deposição de lodo, e possui como corpo receptor curso de água classe II, com vazão de $1,0 \text{ L s}^{-1}$ no seu ponto de lançamento. A Figura 18 apresenta uma perspectiva da ETE C.

Figura 18. Foto da ETE C (lagoa aerada única).

Como pode ser observado na Figura 19 (foto de satélite) a ETE está local de área rural, sem moradias nas imediações.

Figura 19. Foto de satélite da ETE C (visão a aproximadamente 900 km de altura).

O corpo receptor da ETE C é um córrego pertencente às bacias PCJ e sua classe é II.

3.3.4. ETE D

A ETE D tem tratamento preliminar constituído por grade média em série com caixa de areia (ambos com limpeza manual) e em série com medidor Parshall para a vazão. O tratamento biológico é constituído por um módulo contendo uma lagoa anaeróbia (285 m²), lagoa facultativa e lagoa de maturação (cada uma com aproximadamente 1.250 m²). A vazão nominal projetada é de 18 L s⁻¹. A Figura 20 apresenta uma perspectiva da ETE D.

Figura 20. Foto da ETE D (lagoas anaeróbia, facultativa e de maturação).

Essa ETE trata esgoto predominantemente doméstico, proveniente de uma população estimada em 9.560 habitantes e sistema de coleta com 2.900 ligações.

O corpo receptor dos esgotos a serem tratados pela ETE D é um córrego pertencente às bacias PCJ, curso de água enquadrado na classe II.

3.3.5. ETE E

O tratamento preliminar na ETE E é o de grade média com limpeza manual e o tratamento biológico é por meio de lagoa anaeróbia com área de 1.225 m² seguida de lagoa facultativa com área de 6800 m² e vazão média de tratamento de 13 L s⁻¹, vazão esta que não contempla, já há algum tempo, as necessidades atuais da comunidade. Além deste aspecto, que já denota a saturação da unidade, a mesma ainda apresenta assoreamento e níveis de lâmina de água muito elevados, com conseqüente borda livre reduzida. A Figura 21 apresenta uma foto de satélite da ETE E.

Figura 21. Foto de satélite da ETE E (visão a 1300 m de altura aproximadamente).

No caso específico dessa comunidade (24.500 habitantes e 8.400 ligações de esgoto), apesar da presença de algumas indústrias, estimou-se que o efluente industrial seja 10% do total da vazão que chega ao tratamento. Isso foi justificado pelo fato de se tratar de um município pouco industrializado e com maior vocação agrícola.

O corpo receptor dos esgotos a serem tratados pela ETE E é um ribeirão pertencente às bacias PCJ, curso de água enquadrado na classe II.

3.3.6. ETE F

O tratamento preliminar na ETE F é o de grade grossa com limpeza manual e o tratamento biológico é por meio de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, cada uma com 1.000 m² aproximadamente e com vazão média de tratamento de 5,0 L s⁻¹, podendo tratar até 30 L s⁻¹ (vazão nominal). Essa ETE trata 100% de sua comunidade (município em que está situado), atendendo uma população de aproximadamente 10.600 habitantes e 4.350 ligações de esgoto praticamente doméstico. O corpo receptor está enquadrado como classe II e pertence à UGRHI-05 (Bacias PCJ). A Figura 22 apresenta uma foto de satélite da ETE F.

Figura 22. Foto de satélite da ETE F (lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa) visão a aproximadamente 1.000 m.

3.3.7. ETE G

O tratamento preliminar na ETE G é o de grade grossa e o tratamento biológico é por meio de lagoa facultativa única, de aproximadamente 800 m² e vazão média de tratamento igual a 4,2 L s⁻¹, sendo que sua vazão nominal é 1,3 L s⁻¹, resultando em tempo de detenção hidráulica menor que o projetado. Essa ETE atende a uma população estimada em 2.300 habitantes e há, aproximadamente, 730 ligações de esgoto. Pelo porte do município, o esgoto é praticamente de origem doméstica. O corpo receptor é enquadrado como de classe II e pertence à UGRHI-05 (Bacias PCJ).

3.3.8. ETE H

A ETE H é uma unidade que possui, como tratamento preliminar, telas grossa, média e fina, todas removíveis em aço inoxidável, em série com caixa de areia, medidor Parshall e estação elevatória final com conjuntos de bombas para vazão de 70 m³ h⁻¹. O tratamento biológico é realizado por meio de lodos ativados de aeração prolongada; com desinfecção por meio de dosagem de hipoclorito de sódio; filtração de fluxo ascendente em leitos de areia em série com tanque de reaeração com aerador fixo e tratamento de lodo por digestão aeróbia, além de leitos de secagem. A Figura 23 apresenta uma foto de satélite da ETE H.

Figura 23. Foto de satélite da ETE H (lodos ativados) com visão a 800 m de altura aproximadamente.

A vazão de projeto dessa ETE é de 40 L s^{-1} sendo que, atualmente, trata valor abaixo disso, pois sua operação é relativamente recente.

A ETE H atende a um conjunto residencial do município que cresce consideravelmente em termos de ligações de esgoto, predominantemente doméstico. O corpo receptor é enquadrado como de classe II e pertence à UGRHI-05 (Bacias PCJ).

3.3.9. ETE I

A ETE I tem como tratamento preliminar com grade grossa, grade fina e com caixa de areia, todos em série e com limpeza manual. O tratamento biológico consiste em de lagoa anaeróbia (400 m^2) seguida de lagoa facultativa (1.000 m^2), com vazão média de tratamento de 10 L s^{-1} para vazão nominal igual a 23 L s^{-1} . A Figura 24 mostra uma foto da ETE I.

Figura 24. Foto da ETE I (lagoa facultativa em primeiro plano).

A ETE I atende uma população de aproximadamente 12.100 habitantes e 2.500 ligações de esgoto, com presença de efluentes de indústrias de tinturaria compondo o esgoto bruto que chega ao tratamento. O corpo receptor é enquadrado como de classe II e pertence à UGRHI-05 (Bacias PCJ).

3.3.10. ETE J

A ETE J tem, como tratamento preliminar, peneira rotativa com limpeza mecânica em série com desarenador mecanizado e medidor parshall. O tratamento biológico é realizado por meio de duas lagoas aeradas (4.300 m^2) em paralelo, sopradores e em série com duas lagoas de decantação (7.200 m^2) em paralelo. A vazão nominal dessa ETE é de aproximadamente 500 L s^{-1} sendo que, atualmente, trata cerca de 100 L s^{-1} . A Figura 25 mostra uma foto de satélite da ETE J.

Figura 25. Foto de satélite da ETE J (dois módulos – em construção – de lagoa de aeração e decantação em paralelo) com visão a aproximadamente 1.300 m de altitude.

A ETE J atende a uma população aproximada de 53.000 habitantes e 17.000 ligações de esgoto, havendo forte presença de efluentes industriais que chegam ao tratamento. O corpo receptor é enquadrado como de classe II e pertence à UGRHI-05 (Bacias PCJ).

3.4. Determinações físicas, químicas e microbiológicas

3.4.1. Determinação da temperatura e pH

A determinação de temperatura em cada amostra e a temperatura do ambiente foi realizada com termômetro no local da coleta. Os valores de pH foram obtidos por meio de pHmetro em laboratório (método eletrométrico).

3.4.2. Determinação de oxigênio dissolvido (OD)

As determinações de OD foram realizadas pelo método iodométrico modificado pela azida sódica (método de Winkler). O teste iodométrico é o mais seguro e preciso procedimento titulométrico para a determinação de OD; é baseado na adição de solução de manganês bivalente seguido por forte alcalinização. O OD oxida a equivalente quantidade de manganês precipitado na forma de hidróxido para óxido de estado de valência maior. Na

presença de íons iodeto em meio acidificado, o manganês oxidado reverte para o estado bivalente, liberando o iodo equivalente à quantidade original de OD no meio.

3.4.2.1. Coleta para determinação de OD

As amostras foram retiradas por meio de imersão cautelosa do frasco próprio de OD para evitar borbulhamento. Para uma boa determinação, a fixação do O_2 foi feita imediatamente após a coleta para evitar qualquer tipo de alteração da amostra. Para isso, adicionou-se, lentamente, 2,0 mL de solução de sulfato manganoso e 2,0 mL de solução iodeto de azida sódica, de modo que cada reagente tenha escorrido pela parede do frasco, imergindo na amostra sem que ocorresse aeração da mesma; tampou-se imediatamente o frasco com sua respectiva tampa esmerilhada de modo que ocorresse transbordamento da amostra, para que não permanecessem bolhas de ar no interior do frasco; agitou-se e esperou-se o precipitado sedimentar. As análises foram realizadas dentro do período de 24 horas.

3.4.2.2. Procedimento analítico para OD

Os procedimentos para a elaboração de reagentes na determinação de OD são apresentados na Tabela 25 (Anexo I).

Adicionou-se 2,0 mL de solução de fluoreto de potássio e, na sequência, 2,0 mL de ácido sulfúrico concentrado, com o cuidado de ter mantido a ponta das pipetas direcionadas para o bocal do frasco, fazendo com que os reagentes escorressem pela parede do mesmo; tampou-se o frasco e agitou-se vigorosamente até total dissolução do precipitado; transferiu-se 200 mL da amostra para titulação com solução de tiosulfato de sódio $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ até coloração amarelo claro; adicionou-se 0,5 mL de solução indicadora de amido e continuou-se a titulação até mudança de azul para incolor. O cálculo foi feito como: $1,0 \text{ mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ } 0,025 \text{ mol L}^{-1} = 1,0 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$.

3.4.3. Determinação de demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

3.4.3.1. Princípio do método para a determinação de DBO (respirométrico ou manométrico)

A determinação baseia-se em uma amostra transferida do recipiente para uma garrafa âmbar com quantidade suficiente de microrganismos e nutrientes e que, por meio de agitação faz com que o CO_2 presente dissolva-se no líquido. Os microrganismos respiram esse OD na amostra durante o processo de degradação da MO, liberando CO_2 , que absorvido por NaOH contido no reservatório de borracha, produzindo uma diferença de pressão na garrafa que, por sua vez, é medida pelo sensor do “OXITOP”, cujo sistema contém instrumento digital (Figura 26). A eventual formação de NH_3 , sobretudo nos momentos finais do processo, é eliminada com a presença de um inibidor de nitrificação.

Figura 26. Sistema "OXITOP" para a determinação de DBO.

3.4.3.2. Coleta para a determinação de DBO

A coleta foi realizada em frasco de polietileno, com acondicionamento em temperatura abaixo de 10°C . As análises foram realizadas em até 48 horas.

3.4.3.3. Execução da determinação de DBO

Transferiu-se a amostra para um béquer e adicionou-se o inibidor de bactérias nitrificantes. Ajustou-se o pH entre 6,5 e 7,5 com NaOH ou H_2SO_4 $1,0 \text{ mol L}^{-1}$. Colocou-se a amostra no recipiente do “OXITOP” 1,0 mL de solução tampão fosfato, 1,0 mL de sulfato de

magnésio, 1,0 mL de cloreto de cálcio, 1,0 de cloreto férrico. Em seguida, colocou-se a amostra no recipiente do “OXITOP” conforme a Tabela 11.

Tabela 11. Fatores para volume de amostra na determinação de DBO.

Volume da amostra (mL)	Faixa de DBO (mg L ⁻¹)	Fator
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50

Para se determinar a faixa de DBO, dividiu-se o valor da DQO da mesma amostra por dois.

Colocou-se o agitador magnético e o reservatório de borracha na garrafa contendo três lentilhas de NaOH. Fechou-se a garrafa com o sensor e iniciou-se o processo de três horas para a estabilização do sistema para 20°C. Incubou-se a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ por cinco dias.

3.4.3.4. Padrão 200 mg L⁻¹ para a determinação de DBO

Para o padrão de 200 mg L⁻¹ para a determinação de DBO, procedeu-se da mesma forma, adicionando-se 2,0 mL de semente contendo inibidor de bactérias nitrificantes e 158 mL de solução padrão de DBO 200 mg L⁻¹, com pH ajustado entre 6,5 e 7,5 e incubou-se a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ por cinco dias.

3.4.3.5. Branco da semente para a determinação de DBO

Para o branco da semente para a determinação de DBO, procedeu-se da mesma forma, adicionando-se 2,0 mL de semente contendo inibidor de bactérias nitrificantes e 426 mL de água deionizada e incubou-se a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ por cinco dias.

3.4.3.6. Resultados para a determinação de DBO

Leu-se o visor do sistema “OXITOP” no quinto dia. Os resultados foram expressos em mg L^{-1} e em números inteiros.

3.4.4. Determinação de demanda química de oxigênio (DQO)

3.4.4.1. Coleta para determinação de DQO

A coleta de amostras foi efetuada em frascos plásticos com volume de 1.000 mL. A preservação das amostras foi realizada pela adição de H_2SO_4 até se obter $\text{pH} < 2,0$.

3.4.4.2. Método utilizado para determinação de DQO em amostras de efluentes

A Tabela 26 (Anexo I) apresenta os procedimentos para a elaboração de reagentes para a determinação de DQO.

O método a seguir foi usado para a determinação de DQO nas amostras de esgoto bruto e efluentes das ETEs:

Adicionou-se, em um balão, 20 mL de amostra (para amostras com DQO estimada em mais de 900 mg L^{-1} usou-se porções menores de amostra diluídas em um volume de 20 mL). Adicionou-se 0,4 g de sulfato mercúrico P.A. e pérolas de ebulição, 10 mL de solução de ácido sulfúrico e sulfato de prata e misturou-se para dissolução do sal; adicionou-se 10 mL de solução padrão de dicromato de potássio $0,0417 \text{ mol L}^{-1}$ e misturou. Ainda no balão, adicionou-se mais 20 mL de solução de ácido sulfúrico e sulfato de prata.

Preparou-se, de maneira semelhante ao balão com amostra, o branco, utilizando-se 20 mL de água deionizada e o controle do padrão, utilizando-se 20 mL de solução de biftalato de potássio.

Deixou-se os balões por duas horas em refluxo na chapa. Aguardou-se esfriamento, lavou-se as paredes do condensador com água deionizada e desconectou-se os condensadores; lavou-se as paredes internas dos balões com água deionizada e titulou-se o conteúdo de cada balão sob agitação magnética com solução de sulfato ferroso amoniacal, $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ utilizando-se, como indicador, três gotas de solução indicadora de ferroin. Anotou-se os volumes gastos da solução de sulfato ferroso amoniacal.

Procedeu-se a padronização da solução de sulfato ferroso amoniacal, conforme procedimento a seguir: adicionou-se 10 mL de solução padrão de dicromato de potássio $0,0417 \text{ mol L}^{-1}$. Adicionou-se 100 mL de água deionizada e 30 mL de solução de ácido sulfúrico e sulfato de prata. Aguardou-se esfriamento e adicionou-se gotas de solução indicadora de ferroin. A padronização deve ser realizada no mesmo dia da análise da amostra.

Titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ até a mudança de verde para marrom avermelhado. Anotou-se o volume e, com este valor, calculou-se a concentração da solução padronizada, de acordo com a expressão:

$$C = \frac{V(\text{mL})K_2Cr_2O_7}{V(\text{mL})Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 6H_2O} \times 0,25$$

Calculou-se a DQO (em $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) da amostra de acordo com a expressão:

$$DQO = \frac{(A - B) \times C \times 8000}{V}$$

Onde:

- ◆ A: volume (mL) de solução padrão de sulfato ferroso amoniacal consumido na titulação da prova em branco.
- ◆ B: volume (mL) de solução padrão de sulfato ferroso amoniacal consumido na titulação da amostra.
- ◆ C: concentração (mol L^{-1}) da solução padrão de sulfato ferroso amoniacal.
- ◆ V: volume (mL) da amostra.

3.4.5. Determinação de número e tipo de microorganismos

3.4.5.1. Coleta e preservação de amostras

As amostras foram coletadas em frascos de borossilicato ou plástico autoclavável, previamente preparados. Obedeceu-se ao prazo máximo entre a coleta e a análise de 30 horas, sendo as amostras mantidas em caixas térmicas, sob temperatura $< 10^\circ\text{C}$ durante o transporte e

preservadas sob refrigeração à temperatura de $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até o momento da análise (APHA, 2005).

3.4.5.2. Assepsia do ambiente e equipamentos

As bancadas foram desinfetadas antes da execução das análises e após a sua realização com solução de etanol.

A limpeza geral da sala de bacteriologia foi feita nos intervalos das atividades de rotina utilizando produtos de limpeza comerciais.

3.4.5.3. Princípio do método

As bactérias do grupo coliforme possuem uma enzima denominada β -galactosidase, que metaboliza a porção nutriente do composto β -d-galactopiranoside, presente no meio de cultura, liberando a porção indicadora ortonitrofenol que torna o meio amarelo, caracterizando a presença de coliformes totais.

A bactéria *Escherichia coli* possui uma enzima denominada β -d-glucoronidase, que metaboliza a porção nutriente β -d-glucoronide presente no meio de cultura, liberando a porção indicadora 4-metil-umbeliferona que torna o meio azul fluorescente quando exposta à luz ultravioleta com um comprimento de onda de 365 nm.

O método apresenta faixa de trabalho entre 0 a 2.419 NMP (número mais provável) 100 mL^{-1} quando utiliza-se 100 mL de amostra (nos casos acima da faixa diluiu-se a amostra).

3.4.5.4. Procedimento analítico para quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli*

Fez-se a assepsia da bancada e das mãos com etanol 70%; ligou-se a seladora e aguardou-se o aquecimento. Organizou-se as amostras a serem analisadas e efetuou-se o teste de avaliação de nível de contaminação ambiental. Homogeneizou-se vigorosamente a amostra e inoculou-se 100 mL em um frasco estéril.

Abriu-se, com assepsia, o flaconete contendo o meio de cultura desidratado e verteu-se no frasco de diluição com 100 mL da amostra pura (ou diluída quando foi o caso), fechando-o em seguida. Homogeneizou-se até se dissolver o meio de cultura. Transferiu-se, com assepsia, todo o conteúdo do frasco para a cartela Quanti-tray[®]. Selou-se a cartela usando a seladora

Quanti-tray Sealer. Incubou-se a cartela com a amostra entre 24 a 28 horas, a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Após a incubação, fez-se a leitura das cartelas, conforme a seguir:

- ◆ Negativo – transparente (sem alteração na cor da amostra).
- ◆ Positivo para “coliforme total” – amarelo ou amarelo intenso.
- ◆ Positivo para “*Escherichia coli*” – azul fluorescente (sob luz UV).

Para resultado positivo, fez-se a contagem das células positivas, conforme se segue:

- ◆ Visualmente, células grandes de cor amarela.
- ◆ Visualmente, células pequenas de cor amarela.
- ◆ Com auxílio da luz ultravioleta, as células grandes de fluorescência azul.
- ◆ Com auxílio da luz ultravioleta, as células pequenas de fluorescência azul.

3.4.5.5. Presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*

Organizou-se as amostras analisadas e efetuou-se o teste de avaliação do nível de contaminação ambiental.

Homogeneizou-se vigorosamente a amostra e inoculou-se 100 mL da amostra em um frasco estéril graduado. Abriu-se, com assepsia, o flaconete contendo o meio de cultura desidratado e verteu-se no frasco, fechando-o logo em seguida. Homogeneizou-se até dissolver o meio de cultura. Incubou-se por 24 a 28 horas, na temperatura de $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Após o período de incubação da amostra, retirou-se os frascos e efetuou-se a leitura da seguinte forma:

(a) Coliformes totais:

- ◆ Presença de coliformes totais: evidenciada pela coloração amarela da amostra.
- ◆ Ausência de coliformes totais: evidenciada pela coloração transparente da amostra.

(b) *Escherichia coli* - com o auxílio de luz UV, verificou-se a existência (ou não) de fluorescência:

- ◆ Presença de *Escherichia coli*: evidenciada pela fluorescência azul da amostra.

- ♦ Ausência de *Escherichia coli*: evidenciada pela não fluorescência da amostra.

3.4.5.6. Avaliação de nível de contaminação ambiental

A avaliação desse tipo de contaminação visa verificar a eficiência da assepsia no ambiente durante as diversas atividades realizadas na sala de bacteriologia e a sua influência nos resultados das análises.

Faz-se a assepsia do ambiente e, durante as atividades de diluição, incubação das amostras, inoculação de microrganismos, entre outras, deixa-se uma placa de Petri de diâmetro de 90 mm contendo o meio TSA, aberta sobre a bancada em uso por um período máximo de 90 minutos. Após esse período, tampa-se a placa identificando-a com o horário da abertura e fechamento e incuba-se a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, em posição invertida por período de 24 ± 2 horas. O resultado é satisfatório se, no período máximo de 90 minutos, o número de colônias na placa não exceder 90 UFC e para um tempo inferior a 90 minutos, 60 UFC. No caso de resultados superiores aos números citados, há intervenção no laboratório para correções.

3.4.6. Determinação de sólidos

3.4.6.1. Coleta e preservação para determinação de sólidos

A coleta de amostras para a análise de sólidos foi feita em frascos de polietileno de boca larga. Analisaram-se as amostras em prazo de sete dias, mantendo-se refrigeradas a 4°C .

3.4.6.2. Limpeza de materiais para determinação de sólidos

Toda a vidraria, assim como o material de coleta, foi lavada com água corrente e detergente neutro, e enxaguada com água destilada até a total eliminação de resíduos.

3.4.6.3. Procedimento para determinação de sólidos totais, fixos e voláteis

a) Preparação da cápsula:

Lavou-se a cápsula com água destilada, secou-se e calcinou-se a 550°C por uma hora em mufla. Transferiu-se para dessecador e esfriou-se até temperatura ambiente. Em seguida, pesou-se (P_1).

b) Evaporação da amostra:

Em um béquer homogeneizou-se a amostra. Transferiu-se uma alíquota da amostra (com um volume de amostra pré-determinado) para a cápsula. Secou-se em banho-maria e, em seguida, colocou-se em estufa ($105 \pm 2^\circ\text{C}$) até peso constante. Colocou-se a cápsula em dessecador, esfriou-se até temperatura ambiente. Pesou-se (P_2).

c) Calcinação da amostra:

Levou-se a cápsula com o resíduo da secagem em mufla ($550 \pm 50^\circ\text{C}$) por 30 minutos. Transferiu-se para um dessecador até atingir temperatura ambiente. Pesou-se (P_3).

Cálculos:

$$ST = \frac{P_2 - P_1}{V_{amostra}} \times 10^6$$

$$SF = \frac{P_3 - P_1}{V_{amostra}} \times 10^6$$

$$SV = ST - SF$$

Sendo:

- ◆ P_1 = tara da cápsula (g).
- ◆ P_2 = cápsula com amostra após secagem (g).
- ◆ P_3 = cápsula com amostra após calcinação (g).
- ◆ $V_{amostra}$ = volume da amostra (mL).

3.4.6.4. Procedimento para sólidos em suspensão total, fixos e voláteis

a) Preparação do cadinho:

Colocou-se uma membrana de fibra de vidro no cadinho e filtrou-se pequena porção de água destilada até a aderência da membrana no cadinho. Secou-se em estufa ($105 \pm 2^\circ\text{C}$) por 15 minutos e, em seguida, levou-se a mufla ($550 \pm 50^\circ\text{C}$) por 30 minutos. Resfriou-se em dessecador até temperatura ambiente. Pesou-se (P_1).

b) Filtração e secagem da amostra:

Homogeneizou-se a amostra e filtrou-se, no cadinho, por meio de filtração a vácuo, uma alíquota da amostra. Seguiu-se em estufa ($105 \pm 2^\circ\text{C}$) até peso constante. Resfriou-se em dessecador até temperatura ambiente. Pesou-se (P_2).

c) Calcinação da amostra:

Levou-se o cadinho com o resíduo da secagem ao mufla ($550 \pm 50^\circ\text{C}$) por 30 minutos. Transferiu-se para um dessecador até atingir temperatura ambiente. Pesou-se (P_3).

Cálculos:

$$SST = \frac{P_2 - P_1}{V_{amostra}} \times 10^6$$

$$SSF = \frac{P_3 - P_1}{V_{amostra}} \times 10^6$$

$$SSV = SST - SSF$$

Sendo:

- ◆ P_1 = Tara do cadinho (g).
- ◆ P_2 = Cadinho com amostra após filtração e secagem (g).
- ◆ P_3 = Cadinho com amostra após calcinação (g).
- ◆ $V_{amostra}$ = Volume da amostra (mL).

3.4.6.5. Procedimentos para sólidos dissolvidos totais

a) Tara da cápsula:

Lavou-se a cápsula com água destilada e secou-se em estufa ($180 \pm 2^\circ\text{C}$) por uma hora, até peso constante. Transferiu-se para dessecador e esfriou-se até temperatura ambiente. Em seguida pesou-se (P_1).

b) Filtração e secagem:

Colocou-se a membrana de vidro em cadinho e filtrou-se pequena porção de água destilada até aderência da membrana no cadinho. Homogeneizou-se a amostra e filtrou-se uma alíquota de amostra com auxílio de sistema a vácuo, lavando-se o cadinho com de água deionizada. Transferiu-se o volume total de filtrado (com as lavagens) para cápsula. Secou-se em banho-maria e levou-se à estufa na temperatura de $180 \pm 2^\circ\text{C}$ por uma hora. Resfriou-se em dessecador até temperatura ambiente. Pesou-se (P_2). Cálculos:

$$SD = \frac{P_2 - P_1}{V_{amostra}} \times 10^6$$

Ou:

$$SDT = ST - SST$$

Sendo:

- ♦ P_1 = tara da cápsula (g).
- ♦ P_2 = cápsula com amostra após secagem (g).

3.4.6.6. Sólidos sedimentáveis

Homogeneizou-se a amostra e transferiu-se 1,0 L para o cone de Imhoff. Deixou-se decantar por 45 minutos. Terminado o tempo, girou-se o cone com um movimento de rotação de 360°. Deixou-se permanecer em repouso por mais 15 minutos, totalizando uma hora.

O resultado se expressa diretamente na leitura do sedimentado pela escala graduada do cone de Imhoff (mL L⁻¹).

A Figura 27 apresenta um resumo simplificado dos métodos para a determinação dos sólidos.

Figura 27. Resumo simplificado dos métodos para a determinação dos sólidos.

3.4.7. Determinação de nitrogênio amoniacal

3.4.7.1. Princípio do método para a determinação de nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal é obtido por meio da destilação preliminar da amostra em pH 9,5.

O reativo de Nessler mais a amônia formam um complexo amarelo-alaranjado cuja intensidade de cor é proporcional à quantidade de amônia presente na amostra. O complexo tem sua absorvância medida entre 400 e 500 nm, para uma concentração de até 10,0 mg de $\text{N-NH}_3 \text{ L}^{-1}$ utilizando caminho óptico de até 5,0 cm.

Esse método pode ser utilizado para determinar baixas concentrações diretamente em amostras que não apresentem interferentes, ou após destilação preliminar de amostras complexas. A Tabela 27 (Anexo I) mostra a elaboração de reagentes para a determinação de nitrogênio amoniacal.

3.4.7.2. Limpeza e preparo de materiais para a determinação de nitrogênio amoniacal

Todos os materiais foram lavados com detergente neutro e enxaguados com água deionizada, com exceção dos cacos de porcelana que, além da lavagem com detergente neutro, foram secos para garantir a liberação de bolhas de ar durante o processo de destilação.

Para as coletas, acondicionou-se as amostras em frascos de polietileno, manteve-se sob refrigeração e analisou-se no prazo de 24 horas.

3.4.7.3. Destilação para a determinação de nitrogênio amoniacal

Elevou-se o pH da amostra entre 8,0 e 10,0 com solução de hidróxido de sódio, transferiu-se 100 mL da amostra para balão de destilação contendo cacos de porcelana previamente secos e adicionou-se 10 mL de solução tampão borato, Destilou-se 50 mL da amostra recolhendo-se em balão volumétrico de 100 mL contendo 10 mL de ácido bórico 20 g L⁻¹ e completou-se o volume com água deionizada.

3.4.7.4. Nesslerização para a determinação de nitrogênio amoniacal

Em 50 mL da amostra, branco e padrões destilados, adicionou-se 2,0 mL de reativo de Nessler e homogeneizou-se. Aguardou-se 10 minutos para reação e efetuou-se leitura até 30 minutos de contato.

Preparou-se uma série de padrões a partir da solução padrão de nitrogênio, de acordo com as etapas de destilação e nesslerização. A expressão dos resultados é dada pela equação:

$$N - NH_3(mgL^{-1}) = (A - B) \times F$$

Sendo:

- ◆ A = leitura da amostra em absorbância.
- ◆ B = leitura do branco em absorbância.
- ◆ F = fator da curva de calibração.

3.5. Método para estruturação de SGI proposto para o processo tratamento de esgotos

Para a estruturação de uma proposta de Sistema de Gestão Integrado para o processo tratamento de esgotos é necessário o entendimento dos requisitos comuns, similaridades e diferenças das normas de referência. Tal estruturação foi desenvolvida visando a composição de sistemas mais simples possíveis (e usando-se a experiência vivida no acompanhamento operacional das ETEs), com mínimo de burocracia e com aplicação direta na área de saneamento, agregando valor aos processos, colaboradores e, principalmente, ao ambiente.

4. Resultados e discussão

4.1. Acompanhamento operacional das ETEs

4.1.1. Resultados operacionais de monitoramento das ETEs no período de estudo

Os itens seguintes apresentam as médias operacionais e individuais das ETEs estudadas. Apesar de o monitoramento contar com coletas nos corpos hídricos receptores (pontos à montante e à jusante dos lançamentos de efluentes tratados) os mesmos não foram incluídos por não se poder avaliar o grau de impacto dos lançamentos nos rios, já que o monitoramento usado não levou em conta a vazão dos rios e do próprio lançamento, não havendo uma base sólida para quantificar o possível impacto. O parâmetro temperatura foi suprimido, pois, em nenhum dos casos de lançamento, o valor do efluente foi superior a 40°C.

4.1.1.1. Médias operacionais - ETE A

A Tabela 12 apresenta os valores médios das análises realizadas com as amostras da ETE A no período de estudo.

Tabela 12. Valores médios das análises para a ETE A no período de estudo de três anos.

Parâmetro	2010	2011	2012	Média
Temperatura				
pH				
Condutividade				
Demanda Química de Oxigênio (DQO)				
Demanda Biológica de Oxigênio (DBO ₅)				
Sólidos Totais (ST)				
Sólidos Sólidos (SS)				
Nitrogênio Amônio (NH ₄ -N)				
Nitrogênio Nitrato (NO ₃ -N)				
Nitrogênio Total (N-T)				
Fósforo Total (P-T)				
Fósforo Ativo (P-A)				
Coliformes Totais				
Fecais				

Para coliformes totais e fecais a média é geométrica.

A ETE A apresentou efluente com valor de pH dentro da faixa permitida. A média para lançamento de sólidos sedimentáveis foi duas vezes e meia maior que o limite permitido. Com relação ao nitrogênio amoniacal, a média foi maior que o dobro do limite e, além disso, houve acréscimo de nitrogênio no lançamento se comparado à média obtida para esgoto bruto, havendo a necessidade de acrescentar etapa terciária ao tratamento para maior remoção do nutriente.

O efluente lançado pela ETE A apresentou alto valor de DBO, porém, houve remoção de mais de 80% da matéria orgânica, maior que os valores comumente encontrados na literatura (Von Sperling, 2005). A remoção de SST esteve, também, dentro da faixa esperada para essa concepção de tratamento (Von Sperling, 2005). Curiosamente, a ETE A apresentou, em suas médias operacionais, maior porcentagem de remoção de DQO em relação à DBO.

Nas dependências da ETE A não há placas indicativas da própria unidade operacional (nome da unidade e empresa de saneamento), bem como placas dos processos ou etapas do tratamento ou mapas de risco. Além disso, não há dispositivos de medição de vazão (medidores Parshall) na entrada de esgoto bruto e saída de efluente tratado.

O único documento referente ao controle operacional da ETE A tem frequência de emissão semestral, informando apenas a porcentagem de remoção de DBO (80%) como meta.

Apresenta-se necessidade de intervenção com referência à remoção de S_{sed} , N amoniacal, dispositivos de medição de vazão, gestão de segurança (colocação de placas indicativas e mapas de risco).

4.1.1.2. Médias opérationnels - ETE B

A Tabela 13 apresenta os valores médios das análises realizadas com as amostras da ETE B no período de estudo.

Tabela 13. Valores médios das análises para a ETE B no período de estudo de três anos.

ANEXO 19: Valores medios das análises para a ETE E no período de estudo de três anos.

Para coliformes totais e fecais a média é geométrica.

A ETE B apresentou efluente com valor de pH dentro da faixa permitida. A média para lançamento de sólidos sedimentáveis está dentro do limite permitido. Com relação ao nitrogênio amoniacal, a média obtida ultrapassou apenas 0,3 mg L⁻¹ do limite com valor relativamente alto para a remoção de nitrogênio amoniacal. Para a remoção de DBO, obteve-se remoção abaixo de 80% de MO e efluente com valor acima de 60 mg L⁻¹, para esgoto bruto recebido com carga orgânica característica.

As remoções de DBO, DQO e SST estão abaixo dos valores de referência para lagoa facultativa única (Von Sperling, 2005).

Nas dependências da ETE B não há placas indicativas dos processos ou etapas do tratamento ou mapas de risco. Além disso, não há dispositivos de medição de vazão (medidores Parshall) na entrada de esgoto bruto e saída de efluente tratado.

O único documento referente ao controle operacional da ETE B tem frequência de emissão semestral, informando apenas a porcentagem de remoção de DBO (80%) como meta.

coleta de esgoto bruto e efluente tratado são de difícil acesso e, por diversas vezes, um dos aeradores da lagoa não estava operacional, o que pode prejudicar a eficiência da mesma.

Assim como nas ETEs anteriores, a ETE C possui documento referente ao controle operacional com frequência de emissão semestral, informando apenas a porcentagem de remoção de DBO (80%) como meta.

Para esse caso, apresenta-se necessidade de intervenção com referência à remoção de MO, N amoniacal, dispositivos de medição de vazão, gestão de segurança (colocação de placas indicativas e mapas de risco) e correta manutenção dos aeradores.

4.1.1.4. Médias operacionais - ETE D

A Tabela 15 apresenta os valores médios das análises realizadas com as amostras da ETE D no período de estudo.

Tabela 15. Valores médios das análises para a ETE D no período de estudo de três anos.

[illegible]

Para coliformes totais e fecais a média é geométrica.

A ETE D apresentou efluente com valor de pH dentro da faixa permitida, assim como a média para lançamento de sólidos sedimentáveis. Com relação ao nitrogênio amoniacal, a média obtida está dentro do limite com valor acima do verificado na literatura ($< 50\%$, de acordo com Von Sperling, 2005) para a remoção desse parâmetro. Para a remoção de DBO, obteve-se remoção pouco acima de 80% de MO e efluente com valor abaixo de 60 mg L^{-1} , para esgoto bruto recebido com carga orgânica característica.

A ETE G apresentou efluente com valor de pH dentro da faixa permitida; o mesmo não ocorreu com a média para lançamento de sólidos sedimentáveis, ultrapassando-se em oito vezes o valor permitido. Com relação ao nitrogênio amoniacal, a média obtida ultrapassou em 9,0 mg L⁻¹ o limite estabelecido lançando, ainda maior quantidade de nitrogênio em relação esgoto bruto recebido. Para a remoção de DBO, obteve-se remoção abaixo de 80%, para esgoto bruto recebido com carga orgânica característica e com lançamento de efluente com concentração acima de 60 mg L⁻¹.

Com relação aos valores de referência para a remoção de DBO, DQO e SST, apenas o último parâmetro a ETE G obteve média de valores dentro do intervalo encontrado na literatura (Von Sperling, 2005).

Nas dependências da ETE G não há placas indicativas do nome da empresa de saneamento e, tampouco, dos processos, etapas do tratamento ou mapas de risco. Além disso, não há dispositivos de medição de vazão (medidor Parshall) na entrada de esgoto bruto e saída do efluente tratado.

A ETE G possui documento referente ao controle operacional com frequência de emissão semestral, informando apenas a porcentagem de remoção de DBO (80%) como meta.

Para caso dessa ETE, há necessidade de intervenção operacional para a remoção de DBO e nitrogênio amoniacal, além dos aspectos relacionados aos dispositivos de medição de vazão e gestão de segurança (colocação de placas indicativas e mapas de risco).

A ETE H possui documento referente ao controle operacional com frequência de emissão trimestral, informando apenas a porcentagem de remoção de DBO (80%) como meta, além de documentos de controle do operador, que não fazem parte do sistema de gestão de documentos da empresa de saneamento.

Para o caso dessa ETE, há necessidade de intervenção apenas dos aspectos relacionados à gestão de segurança (colocação de placas indicativas e mapas de risco).

4.1.1.9. Médias operacionais - ETE I

A Tabela 20 apresenta os valores médios das análises realizadas com as amostras da ETE I no período de estudo.

Tabela 20. Valores médios das análises para a ETE I no período de estudo de três anos.

Para coliformes totais e fecais a média é geométrica.

A ETE I apresentou efluente com valor de pH dentro da faixa permitida, porém, com S_{sed} acima do limite, ultrapassando em apenas $0,1 \text{ mL L}^{-1}$. Com relação ao parâmetro nitrogênio amoniacal, houve lançamento de efluente com média abaixo de $20,0 \text{ mg L}^{-1}$. Para a remoção de DBO, obteve-se remoção acima de 80%, para esgoto bruto recebido com carga orgânica relativamente alta, e com lançamento de efluente com concentração acima de 60 mg L^{-1} .

Com relação aos valores de referência para a remoção de DBO, DQO e SST, a ETE I apresenta bom desempenho para todos os parâmetros, acima (no caso de DBO) ou dentro do intervalo encontrado na literatura (Von Sperling, 2005).

Com relação aos valores de referência (Von Sperling, 2005) para a remoção de DBO e DQO para a concepção de lagoas aeradas seguidas de lagoas de decantação, a ETE J apresenta bom desempenho para esses parâmetros, com exceção apenas de SST.

Diferentemente das ETEs anteriores, a ETE J apresenta, em suas dependências, placas indicativas de alguns processos (não todos). Porém, não se encontrou mapa de risco durante as visitas.

A ETE J possui documento referente ao controle operacional com frequência de emissão trimestral, informando apenas a porcentagem de remoção de DBO (80%) como meta, além de documentos operacionais que não fazem parte do sistema de gestão.

Sendo essa ETE um projeto mais recente, verifica-se, apenas, a necessidade inicial de revisão da segurança do local, com a afiação de mapas de risco.

4.1.1.11. Desempenho geral

As Figuras 28, 29 e 30 apresentam, respectivamente, as porcentagens de remoção para DBO, DQO e SST do afluente bruto, em comparação com dados da literatura para cada concepção de tratamento (Von Sperling, 2005).

Figura 28. Porcentagens médias de remoção de DBO das ETEs estudadas em comparação de faixas de valores aceitas para cada concepção de tratamento.

Figura 29. Porcentagens médias de remoção de DQO das ETEs estudadas em comparação de faixas de valores aceitas para cada concepção de tratamento.

Figura 30. Porcentagens médias de remoção de SST das ETEs estudadas em comparação de faixas de valores aceitas para cada concepção de tratamento.

A Figura 31 apresenta quadro comparativo de todas as ETEs estudadas com relação ao atendimento ou não de diversos parâmetros, conforme o é reportado na legislação específica para lançamento de efluentes – Resolução CONAMA n°. 357 (BRASIL, 2005) e Decreto Estadual n°. 8.468 (ESTADO DE SÃO PAULO, 1976), além de dados operacionais de remoção em relação às faixas de referências citadas nas Figuras 28, 29 e 30 e dados sobre gestão de segurança e medição de vazão.

Figura 31. Quadro comparativo das ETEs estudadas com relação ao atendimento ou não de diversos parâmetros, dados operacionais, gestão de segurança e medição de vazão.

No quesito qualidade de efluente verifica-se que se deve priorizar ações principalmente nos casos das ETEs A, B, C, E e G. Tais ações podem incluir:

- ♦ Verificação intensiva da vazão recebida contra vazão de projeto, analisando-se a necessidade de ampliação da atual unidade operacional ou construção de outra unidade para servir à mesma comunidade.
- ♦ Limpeza das lagoas para a retirada do lodo, sendo que seu excesso pode diminuir o tempo de detenção hidráulica para valores abaixo do esperado, em comparação com o projeto inicial da lagoa.
- ♦ Verificação da estrutura física das lagoas, tais como a integridade dos taludes e existência de entupimentos ou acúmulos de materiais flutuantes que possam influenciar no fluxo da água líquida, comprometendo, assim, o desempenho do tratamento.
- ♦ Ampliação do tratamento com inclusão de etapa terciária de tratamento, com o objetivo de remoção de nutrientes, visto que 60% das ETEs apresentam efluentes com concentração de nitrogênio amoniacal acima do permitido (sugere-se que os novos projetos de ETEs devam priorizar esse fator).

Como se pode observar na Figura 31, há necessidade de se revisar a gestão de segurança nas áreas das ETEs estudadas, com o hábito de tornar seguro o acesso às dependências dessas unidades operacionais, iniciando-se pela análise. Além disso, verifica-se que a presença de recurso humano na operação da ETE é um fator a ser considerado no desempenho da mesma.

4.1.2. Considerações sobre o monitoramento das ETEs no período estudado

Com relação à frequência do monitoramento do desempenho de uma ETE, a mesma é comumente determinada por agência governamental fiscalizadora que, por muitas vezes, acaba acatando plano de monitoramento viável para a empresa que opera a unidade de tratamento, devido ao subdimensionamento do laboratório de controle de qualidade ou operacional. Para o caso de diversas ETEs estudadas, o controle realizado foi semestral. Para o caso específico de lagoas de estabilização, a frequência sugerida (Kawai et al, 1990) pode ser semanal (parâmetros pH, DBO, DQO e sólidos sedimentáveis) ou quinzenal (parâmetros sólidos totais e fixos). Para o caso de ETEs do tipo lodos ativados, a frequência sugerida para os parâmetros DBO e DQO chega a ser diária (Kawai et al, 1991).

O plano de amostragem que se acompanhou neste trabalho envolveu apenas coletas de amostras simples, isto é, alíquotas únicas. Para um melhor estudo dos esgotos recebidos e do desempenho do tratamento, sugere-se que as coletas sejam compostas (em intervalo máximo de 24 horas) e cada alíquota deve ser proporcional à vazão do instante em que a mesma é coletada.

Com relação aos parâmetros contemplados nesse sistema de monitoramento, sugere-se a inclusão dos parâmetros listados na Tabela 22, para um melhor estudo da eficiência do tratamento e monitoramento ambiental.

Tabela 22. Parâmetros químicos e biológicos que devem ser incluídos para melhor estudo operacional- ambiental e importância e interpretação dos resultados dos mesmos.

Parâmetro	Importância e interpretação dos resultados	Amostras			
		1	2	3	4
Alcalinidade	Os processos oxidativos tendem a consumir alcalinidade, a qual, caso atinja baixos teores, pode das condições a valores reduzidos de pH, afetando a taxa de crescimento dos microrganismos responsáveis pela depuração.	X	-	-	-
Fósforo	É um nutriente essencial para o crescimento de microrganismos responsáveis pela estabilização da MO. Para o tratamento de águas residuárias é necessário um adequado balanço C:N:P no esgoto para o desenvolvimento dos microrganismos (aproximadamente 100:5:1 em termos de DBO:N:P). Nos corpos hídricos, os valores de fósforo total podem ser indicativos para estimar o estado de eutrofização. Tal parâmetro consta no Padrão de Classificação de Corpos d'água (BRASIL, 2005).	X	X	X	X
Micropoluentes inorgânicos	Alguns elementos e compostos inorgânicos, em baixas concentrações, são nutrientes para seres vivos. Vários desses elementos e compostos podem ser tóxicos para a biota aquática, para os consumidores da água e para os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico do esgoto. Grupos de metais e compostos inorgânicos constam no padrão de classificação de corpos d'água, potabilidade e lançamento de efluentes (BRASIL, 2004; BRASIL, 2005).	X	X	X	X
Micropoluentes orgânicos	Alguns compostos orgânicos não são biodegradáveis. Vários desses compostos podem ser tóxicos para a biota aquática, para os consumidores da água e para os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico do esgoto. Vários desses micropoluentes, tais como clorofórmio, por exemplo, constam no padrão de classificação de corpos d'água, potabilidade e lançamento de efluentes (BRASIL, 2004; BRASIL, 2005).	X	X	X	X
CT / E.Coli	Por meio desses parâmetros, determina-se, indiretamente, a potencialidade de uma água transmitir doenças. Cálculo do coeficiente de decaimento bacteriano. A colimetria consta no padrão de classificação de corpos d'água e potabilidade (BRASIL, 2004; BRASIL, 2005).	X	JR	JR	JR

1 = esgoto bruto; 2 = efluente tratado; 3 = corpo hídrico receptor à montante do lançamento; 4 = corpo hídrico receptor à jusante do lançamento; X = sugere-se realização; JR = já realizado; (-) não prioritário.

Como visto na Tabela 22 é sugerida a contagem colimétrica (total e fecal) para as amostras de esgoto bruto, com o objetivo de se verificar o coeficiente de decaimento bacteriano (comumente denominado por k_b) nas unidades de tratamento, visto que o cumprimento de k_b de projeto da estação é um parâmetro para análise de desempenho do tratamento.

Verificado os parâmetros a serem incluídos ou alterados, a Tabela 23 apresenta a sugestão de frequência para a determinação dos parâmetros necessários ao monitoramento das

ETEs e corpos hídricos receptores. Os pontos intermediários (entre as etapas de tratamento) devem ser tratados de acordo com a necessidade operacional de cada concepção de tratamento.

Tabela 23. Sugestão de frequência para a determinação dos parâmetros necessários ao monitoramento das ETEs e corpos hídricos receptores.

Parâmetro	Amostras			
	1	2	3	4
Temperatura ambiente	Diária	Diária	Mensal	Mensal
Temperatura da amostra	Diária	Diária	Mensal	Mensal
pH	Diária	Diária	Mensal	Mensal
DBO	Semanal ou maior	Semanal ou maior	Mensal	Mensal
DQO	Semanal ou maior	Semanal ou maior	Mensal	Mensal
N amoniacal e nitrato	Semanal	Semanal	Mensal	Mensal
OD		Diária	Mensal	Mensal
ST	Diária	Diária	Mensal	Mensal
SF	Diária	Diária	Mensal	Mensal
SV	Diária	Diária	Mensal	Mensal
SST	Diária	Diária	Mensal	Mensal
SSF	Diária	Diária	Mensal	Mensal
SSV	Diária	Diária	Mensal	Mensal
S _{sed}	Diária ou maior	Diária ou maior	Mensal	Mensal
CT	Mensal	Mensal	Mensal	Mensal
CF	Mensal	Mensal	Mensal	Mensal
Alcalinidade	Diária			
Fósforo	Mensal	Mensal	Mensal	Mensal
Micropoluentes inorgânicos	Mensal	Mensal	Mensal	Mensal
Micropoluentes orgânicos	Mensal	Mensal	Mensal	Mensal

1 = esgoto bruto; 2 = efluente tratado; 3 = corpo hídrico receptor à montante do lançamento; 4 = corpo hídrico receptor à jusante do lançamento.

Uma etapa crucial do monitoramento das ETEs é a coleta de amostras nos corpos hídricos receptores. Como visto anteriormente, essa etapa tem como objetivo verificar a modificação induzida pelo lançamento dos efluentes tratados.

No monitoramento que se acompanhou nesse estudo, não se mensurou as vazões dos lançamentos, bem como a vazão dos corpos hídricos receptores no momento da coleta, devido à falta de dispositivos de medição de vazão nas saídas de efluentes na maioria das ETEs. A administração e o corpo técnico da ETE devem ter pleno conhecimento das características e o enquadramento do rio receptor, com relação aos parâmetros físicos, químicos e biológicos e

ao regime de vazão, valores de $Q_{7,10}$ ¹⁸ para verificação de testes de toxicidade do efluente (Gherardi-Goldstein et al, 1990), com o objetivo de se conhecer as zonas de autodepuração do rio em questão, pois, após o lançamento de efluentes, existem zonas diferenciadas de autodepuração¹⁹ no corpo hídrico receptor como indica a Figura 32.

Figura 32. Esquema do perfil das concentrações de MO, bactérias e OD ao longo do percurso do corpo hídrico receptor e delimitação das zonas de autodepuração.

O órgão fiscalizador competente deve informar a empresa responsável sobre as características e enquadramento do rio receptor, bem como devem ser situados os locais corretos para a coleta do ponto após o lançamento de efluente. O corpo técnico da ETE, no momento da coleta, deve seguir as orientações do órgão fiscalizador, verificar a vazão de lançamento, a vazão do rio de acordo com seu nível (colocação de medidores fixos de nível do rio próximos do ponto de lançamento) e proceder a coleta no local acordado com o órgão fiscalizador, podendo ser nas zonas de degradação ativa, de recuperação ou de águas limpas. As delimitações de uma zona de autodepuração a outra podem variar com a vazão e esta, com

¹⁸ Vazão mínima anual do rio, média de sete dias consecutivos, com probabilidade de dez anos de retorno (Basso et al (1990).

¹⁹ Von Sperling, M. Autodepuração dos cursos d'água. Dissertação de mestrado, DES-EEUFMG. 366p. apud Von Sperling, 2005.

o tempo, sendo necessária a fixação dos pontos por meio de coordenadas geográficas, mediante o uso de equipamentos de localização de sistema de posicionamento global (GPS) no ato da coleta.

4.2. Estabelecimento de sistema de gestão integrado para ETEs

Utilizando-se a NBR ISO 9.001:2.000 como norma base para a construção do sistema de gestão integrado (SGI) para o processo tratamento de esgotos, o método preliminar de estruturação pode ser de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 33. O detalhamento de cada etapa da estruturação é descrito nos itens seguintes.

Figura 33. Estruturação preliminar para o SGI.

4.2.1. Definição de coordenadores e responsáveis

Antes do início dos trabalhos para desenvolvimento do SGI, a direção da empresa deve definir o coordenador do projeto. Essa função tem como principal atribuição gerenciar o desenvolvimento do projeto em todas as etapas, sendo que o perfil recomendado para essa função compreende:

- ◆ Credibilidade perante os colaboradores.

- ◆ Grande conhecimento da empresa, em especial suas unidades operacionais, atribuições e seus principais processos internos.
- ◆ Bom relacionamento interpessoal e boa capacidade de comunicação.
- ◆ Pró-atividade, dinamismo e empenho.
- ◆ Interesse e conhecimento do assunto e legislação pertinente.

Para o caso das empresas de saneamento, essa pessoa comumente coordena, também, o processo de tratamento de água e, sendo assim, deve haver o conhecimento em ambos assuntos, além da legislação referentes ao processo água, esgoto e ambiente, tais como a Portaria n°. 518 (BRASIL, 2004), Resolução CONAMA n°. 357 (BRASIL, 2005), além de leis ambientais. É interessante, para esse caso, o coordenador ter especialistas para cada processo (água e esgoto), podendo, assim, coordenar a extensão do SGI para o processo água, evitando-se incompatibilidades na mesma empresa.

4.2.2. Identificação dos processos da empresa

A direção da empresa deve identificar os processos e os subprocessos. Tais processos podem ser classificados como processos “relacionados ao produto”, processos “de apoio” e processos “de gestão”. Os processos e relação entre eles devem ser implementados e, para isso, recomenda-se imersão dos principais profissionais para alinhamento, entendimento e definição de atribuições, para a devida construção do sistema de gestão. Nas empresas, de uma forma geral, o esquema apresentado na Figura 34 pode representar, resumidamente, o resultado dessa etapa.

Figura 34. Representação esquemática dos processos e respectivas relações em empresas.

Para o caso específico de empresas de saneamento – processo de tratamento de esgoto – essas relações eram, de modo resumido, de acordo com o esquema da Figura 35.

Figura 35. Processos no tratamento de esgoto (contexto histórico).

No contexto atual, com a elaboração de novas leis, portarias, decretos, concorrência no setor de saneamento, incremento da indústria (e maior geração de efluentes), cobrança pelo uso dos recursos hídricos, além de outros fatores, houve aumento significativo da quantidade

de processos existentes no tratamento de esgoto, o que pode ser verificado no esquema apresentado pela Figura 36.

Figura 36. Processos no tratamento de esgoto (contexto atual). Em cinza fatores que ganharam em importância.

4.2.3. Identificação da legislação pertinente e o nível de atendimento

A empresa de saneamento deve identificar toda legislação ambiental e legislação relacionada à segurança e saúde no trabalho, dentre todas as esferas de governo. Além disso, deve haver avaliação do grau de atendimento das mesmas. É necessário listar todas as pendências para os projetos de ETEs existentes e incluir os dispositivos necessários para na elaboração de novos projetos e ampliações de unidades operacionais existentes. Como um exemplo prático, deve-se dar maior prioridade de monitoramento eletrônico para os dispositivos de medição instantânea de vazão e volume lançado, para efeito de cadastro declaração de uso dos recursos hídricos (cobrança pelo uso – ANA, 2008).

4.2.4. Análise das práticas versus requisitos das normas

A empresa de saneamento deve realizar uma análise crítica das práticas atualmente existentes contra as exigências das normas ambientais e de segurança e saúde no trabalho.

Para isso, é necessário designar pessoal capaz de avaliar os processos atuais, isto é, com conhecimento das normas e verificar o alinhamento com as exigências das normas. Deve-se estruturar lista de checagem (comumente designado por “check-list”) contendo as exigências das normas com base na similaridade dos requisitos das mesmas.

Com base nos resultados obtidos na lista de checagem, a direção da empresa de saneamento tem condições de avaliar a distância do SGI com relação à sua condição atual, e decidir se segue na obtenção da integração ou se opta pelo estabelecimento individual de gestão.

4.2.5. Esquematização do sistema de gestão integrado

O modelo da Figura 37 representa um sistema genérico incorporando os elementos similares das normas, os processos e as respectivas inter-relações.

Figura 37. Esquema para o sistema de gestão integrado.

4.2.6. Definição de metas e indicadores e divulgação da política de gestão aos colaboradores

É necessário que a direção da empresa de saneamento defina, em “imersão”, a política de gestão integrada. A política deve ter como objetivo o compromisso com:

- ◆ Satisfação dos clientes (leia-se: ambiente, usuários dos mananciais receptores e comunidade de uma forma geral), por meio de produtos e serviços de qualidade (leia-se: efluente tratado, água de reuso, lodo).
- ◆ Respeito ao ambiente de uma forma geral, por meio do atendimento às normas e legislação pertinente.
- ◆ Respeito com relação aos colaboradores (operadores e técnicos da ETE) por meio do atendimento às normas e legislação pertinente à saúde e segurança na operação de unidade de tratamento.
- ◆ Melhoria contínua do SGI visando o aumento do desempenho e no cumprimento de metas.

Após a definição da política, a mesma deve ser amplamente divulgada por toda a empresa de saneamento (não apenas nas unidades operacionais), com a utilização de recursos de comunicação e treinamentos. É fortemente recomendável que os colaboradores interpretem o sistema de gestão como fator interveniente no cumprimento de metas e objetivos, e não como aumento da burocracia.

Com relação às metas, a direção da empresa deve orientar o processo de definição dos objetivos e indicadores do SGI relacionados aos aspectos qualidade (e o controle da mesma), ambiental e de saúde e segurança no trabalho dos processos e permitam mensurar, após implementação do SGI, o grau de atendimento à política de gestão integrada e a evolução operacional nos aspectos citados. Como base para definição desses objetivos e indicadores, podem ser utilizados os processos e identificados na segunda etapa, além de exigências dos clientes e da legislação, identificados na terceira etapa.

Com relação à qualidade operacional, pode-se listar alguns fatores e dimensioná-los conforme os objetivos listados, tais como desempenho (remoção de DBO e SST), aparência (níveis de cor e turbidez dos efluentes tratados e água de reuso, além do aspecto odor), confiabilidade e uniformidade (controle do processo de tratamento sem que haja variações bruscas, inesperadas ou interrupções na operação), adequação a padrões ou normas,

segurança, ambiente e ergonomia (facilidade operacional na manutenção de equipamentos, locais de acesso e coleta de amostras, como exemplos).

A Tabela 24 apresenta uma sugestão de objetivos e a serem cumpridos com a política.

Tabela 24. Objetivos a serem alcançados com a política de gestão integrada.

Política	Objetivo	Meta	Indicador	Área responsável pelos dados
Atender à expectativa dos clientes / público	Aumentar a satisfação dos clientes e público em geral	A ser fixado	Pesquisa	Área comercial
	Aumentar a satisfação dos funcionários	A ser fixado	Pesquisa de clima	Recursos humanos
	Atender a legislação ambiental – lançamento de efluentes	100%	Análises	Operacional / controle de qualidade
Eficiência	Diminuir retrabalho	A ser fixado	Faturamento	Operacional / administrativo
	Diminuir consumo de energia elétrica e outros insumos	A ser fixado	Faturamento	Operacional / administrativo
	Reduzir afastamento de colaboradores	A ser fixado	Número de afastamentos	Administrativo
Atendimento à legislação / requisitos	Atendimento a legislação ambiental / segurança e saúde no trabalho	100%	Laudos	Área jurídica / administrativo

4.2.7. Elaboração do conjunto de documentos

O coordenador do projeto deve estruturar o pessoal que vai analisar e documentar os processos identificados na segunda etapa e, também, apontar soluções para as pendências verificadas na terceira e quarta etapas. Tal pessoal deve ser estruturado por processos similares ou relacionados, como pode ser exemplificado a seguir:

- ◆ Gestão de materiais: para análise e documentação de processos relacionados à seleção de fornecedores, compras, recebimento e armazenamento de produtos químicos, reagentes, material de segurança, ferramentas, peças, equipamentos de coleta e laboratório, serviços de conservação e paisagismo.
- ◆ Gestão comercial: para análise e documentação dos processos relacionados às atividades de vendas, relacionamento com clientes, pós-vendas, avaliação da satisfação dos clientes, com relação aos serviços

de recebimento de efluentes não domésticos, fornecimento de água de reuso e lodo para reaproveitamento.

- ◆ Gestão de projeto e desenvolvimento: para análise e documentação de processos de desenvolvimento de produtos e serviços, tais como implementação de fornecimento de água de reuso e lodo; estudos estratégicos de ampliação de unidades existentes ou construção de novas unidades podem fazer parte do escopo desse grupo de trabalho.
- ◆ Gestão de produção e controle de qualidade: para análise e documentação dos processos produtivos e de apoio direto à produção, tais como a operação e controle do tratamento de esgoto, estações elevatórias e rede de esgotamento; controle de qualidade e caracterização dos efluentes e produtos fornecidos a clientes e / ou ambiente (corpos hídricos receptores ou aterros sanitários, no caso de lodo ou resíduos do tratamento preliminar); controle de qualidade dos produtos químicos usados no tratamento. Esse grupo fica responsável, também, pelo controle da documentação enviada aos órgãos públicos e fiscalizadores.
- ◆ SGI: para análise e documentação dos processos de controle de documentos e registros (padronização), auditorias internas integradas, controle de NCs (não-conformidades) incluindo, também, impactos ambientais, acidentes de trabalho, ações corretivas e preventivas.

Devem ser elaborados planos de ação (que sejam conhecidos por todas as equipes entre si), estabelecendo, para cada grupo de trabalho, as tarefas a serem executadas com os respectivos prazos, sendo altamente recomendável, qualificar os membros das equipes nas normas de referência por meio de treinamentos.

4.2.8. Processos e documentação

Os grupo de trabalho devem documentar os processos e definir os controles necessários para estruturação do SGI. Para isso, os processos críticos devem ser mapeados de forma detalhada e, ao mesmo tempo, de fácil compreensão, a partir da observação das

atividades – elaboração de fluxogramas (Anexo II). A partir dos fluxogramas, é recomendável:

- ◆ Análise de cada processo para identificação dos requisitos de qualidade, além de critérios e ações para atendimento, identificação de aspectos, possíveis impactos ambientais (tais como descarte de resíduos de laboratório) e ações para minimizá-los ou mesmo eliminá-los; identificação dos perigos e riscos à saúde e à segurança no trabalho e definição das medidas de controle (tais como o uso de EPIs e EPCs).
- ◆ Documentação dos processos relacionados ao produto de apoio e em formato adequado e padronizado, referenciando, além das orientações das etapas, os controles determinados na etapa de análise anterior necessários para garantir a qualidade e eliminar ou pelo menos, minimizar a possibilidade de impactos ambientais e acidentes de trabalho. É recomendável a identificação de orientações específicas à gestão ambiental e / ou gestão de saúde e segurança por meio do uso de simbologia padronizada.

4.2.9. Estabelecimento de documentos e processos

A implementação do SGI inicia-se a partir da distribuição da documentação, preferencialmente na forma eletrônica, nos respectivos locais onde as atividades são realizadas.

Os colaboradores devem ser treinados na documentação do SGI pertinente às suas atividade, com o objetivo de executar os processos conforme definido, gerando os registros que possibilitem rastreabilidade e avaliação do desempenho do processo esgoto e sua própria auditoria.

4.2.10. Realização de auditoria interna e ações corretivas

Na empresa deve ser formada uma equipe de colaboradores e qualificá-los em procedimentos de auditoria de sistemas de gestão.

A auditoria interna deve ser realizada conforme procedimento elaborado pela equipe de gestão do SGI.

4.2.11. Levantamento dos indicadores

Para avaliação do sistema integrado, isto é, se está atingindo ou não os objetivos pré-estabelecidos deve-se efetuar o levantamento dos dados obtidos dos indicadores dos processos do SGI, tais como resultados das auditorias internas e externas, índices de NCs de produtos e demais informações relevantes da empresa de saneamento. Assim, torna-se possível a análise crítica do sistema integrado e identificar as soluções para a melhoria do mesmo.

4.2.12. Ações corretivas e preventivas

As NCs contabilizadas na auditoria interna e, também, as soluções apontadas para melhorias no sistema por meio da análise crítica devem ser tratadas conforme procedimento preconizado para ações corretivas e preventivas, estabelecido pelo grupo de trabalho responsável. As ações devem eliminar as causas das NCs ou problemas que possam causar novas ocorrências. Ressalta-se que a melhoria contínua é um requisito presente nas normas de referência e é fator estratégico que resulta (ou pode resultar) em uma série de benefícios para o desempenho da empresa de saneamento. Esse fator depende fortemente do comprometimento da direção.

4.2.13. Auditoria integrada de certificação

Em período anterior à auditoria externa, é necessário orientar todos os colaboradores (áreas técnicas e administrativas) quanto ao comportamento durante as auditorias. É necessário enfatizar (Viterbo Jr., 1996).

- ◆ Responder de forma objetiva e clara aos questionamentos do auditor.
- ◆ Responder somente o que for questionado.
- ◆ Organizar as evidências para rápida localização, quando as mesmas forem solicitadas.
- ◆ Estar apto a esclarecer dúvidas quanto ao sistema de gestão.

O mais importante é aumentar a auto-estima e confiança dos colaboradores para obtenção de ótimos resultados nas auditorias.

Como sugestão, pode-se usar os questionários apresentados nas Tabelas no Anexo II.

- ◆ O aumento de investimentos no controle de qualidade laboratorial, para atendimento das demandas.
- ◆ Monitoramento com a frequência sugerida neste trabalho (ou maior) para melhor estudo da eficiência e controle dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.
- ◆ Integração dos sistemas de gestão para o aumento da eficiência da empresa de saneamento.

A proposta de integração dos sistemas de gestão ao processo de tratamento de esgotos pode resultar em um ganho considerável ao ambiente, aos colaboradores envolvidos nesse processo, e à sociedade de uma forma geral, que se beneficia com a conservação dos recursos hídricos. As melhorias que se pode observar em prazo relativamente curto são:

- ◆ Redução considerável de tempo de implementação dos diferentes sistemas.
- ◆ Maior possibilidade de os colaboradores terem uma visão integrada da organização e do processo como um todo, envolvendo, qualidade, ambiente, segurança e saúde.
- ◆ Menor quantidade de documentação e ganho de tempo.
- ◆ Redução de custos associados às auditorias.

Com as propostas de melhorias supracitadas mais a proposta de gestão integrada para o processo de tratamento de esgotos (em que há uma forte relação dos aspectos qualidade-ambiente-segurança/saúde), cria-se um círculo virtuoso que pode tornar o saneamento básico mais abrangente, com maior viabilidade de atendimento, mais eficiente e com menores impactos ao ambiente.

Referências bibliográficas

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; AMERICAN WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21.ed. Washington DC. 2005. (?)p.

Agência Nacional de Águas (ANA) Bacias hidrográficas PCJ. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/Bacias_BaciaHidrograficaPCJ.pdf>. Acesso em: 23 out. 2008.

AVNER, P. Establishment of a quality system for nuclear analytical laboratories. **Journal of radioanalytical and nuclear chemistry**, v. 259, n. 3, p. 391-394, 2004.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622p.

BARBI, Fabiana. **Capital social e ação coletiva na gestão das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí: os desafios da gestão compartilhada do Sistema Cantareira – SP**. 2007. 158f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

BASSOI, L.J.; NIETO, R.; TREMAROLI, D. **Implementação de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1990. 7p.

BRASIL. Lei nº 6.514 de 22 de dezembro de 1977, **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de dezembro de 1977.

BRASIL. Portaria nº 3.214 de oito de agosto de 1978, **Diário Oficial da União**, Brasília, 6 de julho de 1978.

BRASIL. Resolução nº. 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Manual de Procedimentos para Auditoria no Setor Saneamento Básico**. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/Default.asp>>. Acesso em: 30 set. 2008.

BRASIL. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

BUDA, José Francisco. **Segurança e higiene em estação de tratamento de esgoto**. 2004. 109f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1997. 380p.

CLARKE, R.T.; KING, J. **O Atlas da Água**. São Paulo: Publifolha, 2005. 128p.

Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – PCJ. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/mapa_pcj_06.html>. Acesso em: 23 out. 2008.

Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – PCJ: Bacia do Médio-Tietê Sorocaba - UGRHI-10. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/PERH/04-07_UGRHI-10.pdf>. Acesso em: 23 out. 2008.

CONSÓRCIO PCJ. Disponível em: <<http://www.agua.org.br/Html/Noticias.htm>>. Acesso em: 27 mai. 2008.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br/cgi-bin/Carrega.exe?arq=/cobranca/cartilha.htm>>. Acesso em: 29 mai. 2008.

ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto nº. 8.468, de oito de setembro de 1976. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio-ambiente. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 1976.

ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto nº. 50.667, de 30 de março de 2006. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 2006.

GASI, T.M.T. (Coord.) et al. **Opções para tratamento de esgotos de pequenas comunidades**. São Paulo: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1988. 36p.

GIANNASI, F. **Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho**. Anotações de aula do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 1999. 18 p.

GHERARDI-GOLDSTEIN, E. et al. **Procedimentos para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1990. 17p.

GUIMARÃES, J.R.; NOUR, E.A.A. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a Natureza. São Paulo: **Química Nova na Escola – Caderno Especial**. p.19-30. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Rio de Janeiro, 2002. 397p.

JOHNSON, P.L. **ISO 14000**. Estados Unidos: John Wiley, 2008. 245p.

JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3. ed., Rio de Janeiro: ABES, 1995. 932p.

KAWAI, H.; BEZERRA, J.F.M.; COSTA, J.R.; OHNO, R.H.; VIDAL, W.L. **Avaliação de desempenho de lagoas de estabilização**. São Paulo: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1991. 15p.

KAWAI, H.; BEZERRA, J.F.M.; COSTA, J.R.; OHNO, R.H.; VIDAL, W.L. **Avaliação de desempenho de estações de tratamento de esgotos**. São Paulo: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1991. 38p.

KELLNER, E.; PIRES, E.C. **Lagoas de Estabilização – Projeto e operação**. Rio de Janeiro: ABES, 1998. 240p.

LA ROVERE, E.L. (Coord.); D'AVIGNON, A.; PIERRE, C.V.; KLIGERMAN, D.C.; SILVA, H.V.O.; BARATA, M.M.L.; MALHEIROS, T.M.M. **Manual de auditoria ambiental de estações de tratamento de esgotos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 151p.

LIBÂNIO, P.A.C.; CHERNICHARO, C.A.L.; NASCIMENTO, N.O. a dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10 n.3, p. 219-228. 2005.

MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. Seguro de Acidente do Trabalho. Disponível em: <<http://www.mpas.gov.br/docs/capitulo2.doc>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Manual de Procedimentos para Auditoria no Setor Saneamento Básico. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/Default.asp>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

MIRANDA, A.B.; TEIXEIRA, B.A.N. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.9 n.4, p.269-279, 2004.

NBR ISO 9.000: sistemas de gestão de qualidade – fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, 26p.

NBR ISO 9.001: sistemas de gestão de qualidade – requisitos. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, 21p.

NBR ISO 14.001: sistemas de gestão ambiental – especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, 14p.

NBR ISO 14.004: sistemas de gestão ambiental – diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, 32p.

NBR ISO/IEC 17.025 – requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001. 31p.

OHSAS 18.002 – Occupational health and safety assessment series: sistemas de gestão da saúde e segurança no trabalho – diretrizes para implementação da OHSAS 18.001. England, 1999.

OLIVARES, I.R.B. **Gestão da Qualidade em Laboratórios**. Campinas: Ed. Átomo. 2006. 100p.

OLIVEIRA, S.M.A.C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1 – análise de desempenho. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10 n.4, p.347-357, 2005a.

OLIVEIRA, S.M.A.C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 2 - influência de fatores de projeto e operação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10 n.4, p.358-368, 2005b.

OLIVEIRA, S.C.; VON SPERLING, M. Análise da confiabilidade de estações de tratamento de esgotos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12 n.4, p.389-398, 2007.

OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. 2004, 188f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

Rede das Águas, Organização: comitês de bacias. Disponível em:
<http://www.rededasaguas.org.br/comite/comite_04.asp>. Acesso em: 23 out. 2008.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO, A.A. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004. 154p.

SILVA, S.A.; OLIVEIRA, R.; MARA, D.D. **Tratamentos Biológicos de Águas Residuárias – Lagoas de estabilização**. Rio de Janeiro: ABES, 1979. 140p.

SILVA, S.R.; MENDONÇA, A.S.F. Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da grande vitória – ES. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.8 n.4, p.213-220, 2003.

SOUZA, C.M.N.; FREITAS, C.M. O saneamento na ótica de profissionais de saneamento-saúde-ambiente: promoção da saúde ou prevenção de doenças. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13 n.1, p.46-53, 2008.

TEIXEIRA, J.C.; GUILHERMINO, R.L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003 - IDB 2003. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11 n.3, p.277-282, 2006.

TINOCO, J.E.P.; KRAEMER, M.E.P. **Contabilidade e Gestão Ambiental**. São Paulo: Ed. Atlas, 2006. 303p.

UEHARA, M.Y.; VIDAL, W.L. **Operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas**. São Paulo: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1989. 91p.

VALLE, C.E. **Qualidade ambiental ISO 14000**. São Paulo: SENAC, 2008. 194p.

VITERBO JR, E. **ISO 9.000 na indústria química e de processos**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 1996. 343p.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. 2.ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1986. 196p.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1996. 211p.

VON SPERLING, M. Proposição de modelos para a estimativa de remoção de coliformes em lagoas de estabilização, com base de dados em 33 lagoas brasileiras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.5 n.3, p.133-152, 2000.

VON SPERLING, M. **Lodos ativados**. 2.ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002. 428p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005. 452p.

WIKIPEDIA: Tratamento de efluentes. Disponível em:
<http://pt.Wikipedia.org/wiki/Tratamento_de_efluentes>. Acesso em: 15 ago. 2008.

WIKIPEDIA: ISO 14.000. Disponível em: <http://pt.Wikipedia.org/wiki/ISO_14000>.
Acesso em: 15 ago. 2008.

WIKIPEDIA: Rio Capivari. Disponível em:
<[http://pt.Wikipedia.org/wiki/Rio_Capivari_\(Tiet%C3%AA\)](http://pt.Wikipedia.org/wiki/Rio_Capivari_(Tiet%C3%AA))>. Acesso em: 23 out. 2008.

WIKIPEDIA: Rio Jundiaí. Disponível em:
<[http://pt.Wikipedia.org/wiki/Rio_Jundia%C3%AD_\(SP\)](http://pt.Wikipedia.org/wiki/Rio_Jundia%C3%AD_(SP))>. Acesso em: 23 out. 2008.

WIKIPEDIA: Rio Piracicaba. Disponível em:
<[http://pt.Wikipedia.org/wiki/Rio_Piracicaba_\(S%C3%A3o_Paulo\)](http://pt.Wikipedia.org/wiki/Rio_Piracicaba_(S%C3%A3o_Paulo))>. Acesso em: 23 out. 2008.

WIKIPEDIA: Rio Tietê. Disponível em: <http://pt.Wikipedia.org/wiki/Rio_Tiet%C3%AA>.
Acesso em: 23 out. 2008.

Anexo I: elaboração de reagentes para as determinações físicas, químicas e microbiológicas

As Tabelas 25, 26 e 27 apresentam os procedimentos de elaboração dos reagentes usados para as determinações físicas, químicas e microbiológicas.

Tabela 25. Elaboração de reagentes na determinação de OD.

Solução	Procedimento
Sulfato manganoso	Dissolveu-se 480 g de sulfato de manganês tetraidratado em água deionizada, filtrou-se em membrana 0,45 µm e diluiu-se para 1,0 L.
Iodeto de azida sódica	Dissolveu-se 700 g de hidróxido de potássio e 150 g de iodeto de potássio em água deionizada e diluiu-se para 1,0 L (em banho de água fria). Adicionou-se 10 g de nitreto de sódio dissolvidos em 40 mL de água deionizada.
Indicadora de amido	Pesou-se 5,0 g de amido, transferiu-se para almofariz, adicionou-se cerca de 2,0 mL de água deionizada e tritar até formar uma pasta. Transferiu-se para um béquer contendo 800 mL de água deionizada, ferveu-se e, após esfriamento, diluiu-se para 1,0 L. Deixou-se em repouso por 12 horas. Utilizou-se a solução sobrenadante, preservando-a com 5,0 mL de tolueno.
Fluoreto de potássio	Dissolveu-se 400 g de fluoreto de potássio biidratado em água deionizada e diluiu-se para 1,0 L.
Sulfato de cobre – ácido sulfâmico	Dissolveu-se 32 g de ácido sulfâmico em 475 mL de água deionizada, 50 g de sulfato de cobre pentaidratado em 500 mL. Misturou-se as duas soluções e adicionou-se 25 mL de ácido acético glacial.
Dicromato de potássio 0,00417 mol L ⁻¹	Dissolveu-se 1,226 g de dicromato de potássio (previamente seco a 103°C por duas horas) em água deionizada e diluiu-se para 1,0 L.
Sulfato de alumínio e potássio	Dissolveu-se 10 g de sulfato de alumínio e potássio dodecaidratado em água deionizada e diluiu-se para 100 mL.
Solução de tiosulfato de sódio 0,025 mol L ⁻¹	Dissolveu-se 6,205 g de tiosulfato de Sódio pentaidratado em água deionizada, diluiu-se a um litro em balão volumétrico. Preservou-se a solução adicionando-se 5,0 mL de clorofórmio.

Utilizou-se reagentes P.A. grau ACS (American Chemical Society) isentos ou com mínimos teores de interferentes. Utilizou-se água deionizada na preparação de branco, padrões e soluções.

Tabela 26. Elaboração de reagentes na determinação de DQO.

Solução	Procedimento
Ácido sulfúrico e sulfato de prata	Adicionou-se 10 g de sulfato de prata P.A. a 1,0 L de ácido sulfúrico P.A. A dissolução do sulfato de prata foi feita com o auxílio de um agitador magnético.
Dicromato de potássio, 0,0417 mol L ⁻¹	Dissolveu-se 12,2590 g de dicromato de potássio K ₂ Cr ₂ O ₇ , previamente seco a 103°C por duas horas, em água deionizada e diluiu-se o volume a 1,0 L. A solução foi armazenada em frasco âmbar.
Indicador de ferroin	Dissolveu-se 1,485 g de 1,1 o-fenantrolina monoidratada P.A., juntamente com 0,695 g sulfato ferroso heptaidratado P.A., em água deionizada e diluir para 100 mL. A solução foi armazenada em frasco âmbar e sob refrigeração.
Sulfato ferroso amoniacal, aproximadamente 0,25 mol L ⁻¹	Dissolveu-se 98 g de sulfato ferroso amoniacal P.A. em água deionizada. Adicionou-se 20 mL de ácido sulfúrico P.A., esfriou-se e diluiu-se a 1000 mL com água deionizada. A solução foi armazenada em frasco âmbar.
Biftalato de Potássio*	Pesou-se 0,425 g de biftalato de potássio p.a. KHC ₈ H ₄ O ₄ , previamente seco até peso constante a 120°C. Diluiu-se a 1,0 L. A solução foi armazenada em frasco âmbar.

Utilizou-se reagentes P.A. grau ACS (American Chemical Society) isentos ou com mínimos teores de interferentes. Utilizou-se água deionizada na preparação de branco, padrões e soluções. (*) O biftalato de potássio possui uma DQO teórica de 1,176 mg O₂ mg⁻¹ e sua solução possui uma DQO teórica de 500 mg O₂ L⁻¹.

Tabela 27. Elaboração de reagentes para a determinação de nitrogênio amoniacal.

Solução	Procedimento
Tampão borato	Adicionou-se 88 mL de hidróxido de sódio 0,1 mol L ⁻¹ a 500 mL de solução de borato de sódio 0,025 mol L ⁻¹ (5,0 g L ⁻¹ de tetraborato de sódio anidro P.A.) e diluiu-se para 1.000 mL com água deionizada.
Reativo de Nessler	Pesou-se 100 g de iodeto de mercúrio. Pesou-se 70 g de iodeto de potássio. Juntou-se o iodeto de potássio ao iodeto de mercúrio e dissolveu-se a mistura em 200 mL de água deionizada. Pesou-se 160 g de hidróxido de sódio e dissolveu-se em 600 mL de água deionizada, deixou-se em banho frio. Transferiu-se as soluções para balão volumétrico de 1.000 mL, completando o volume com água deionizada e armazenou-se em frasco de vidro âmbar.
Padrão de nitrogênio amoniacal	Dissolveu-se 3,819 g de cloreto de amônio P.A., previamente seco a 100°C durante duas horas em 1.000 mL de água deionizada. 1,0 mL dessa solução é equivalente a 1,0 mg N que, por sua vez, equivale a 1,214 mg NH ₃ .
Alcalina de permanganato de potássio	Dissolveu-se 16 g de permanganato de potássio em água deionizada. Dissolveu-se 288 g de hidróxido de sódio em aproximadamente 800 mL de água deionizada. Após o resfriamento da solução de hidróxido de sódio, adicionou-se ao recipiente que continha o permanganato de potássio. Diluiu-se até 2,5 L com água deionizada e concentrou-se em chapa aquecedora até que a solução estivesse com o volume de 2,0 L. Deixou-se esfriar e armazenou-se em frasco de vidro âmbar.

Utilizou-se reagentes P.A. grau ACS (American Chemical Society) isentos ou com mínimos teores de interferentes. Utilizou-se água deionizada na preparação de branco, padrões e soluções.

Anexo II: documentos para o sistema integrado

A Figuras 38 e 39 apresentam, respectivamente, um processo e de sistema de gestão integrado e a estrutura de uma instrução de trabalho ou procedimento operacional padrão para um laboratório de controle de qualidade.

Figura 38. Exemplo de processo do sistema de gestão integrado para o processo tratamento de esgotos.

Figura 39. Instrução de trabalho ou procedimento operacional para padrão para um laboratório de controle de qualidade.

A Tabela 28 apresenta uma sugestão de questionário para a execução de uma auditoria em uma empresa de saneamento e respectiva(s) ETE(s), para um sistema de gestão integrado com enfoque na parte ambiental.

Tabela 28. Questionário para a execução de uma auditoria em uma empresa de saneamento e respectiva(s) ETE(s), para um sistema de gestão integrado com enfoque na parte ambiental.

		Sim	Não	NA	Obs.
A.	Controle gerencial – política e desempenho ambiental				
A.1.	A empresa de saneamento possui política voltada para as questões ambientais?				

		Sim	Não	NA	Obs.
A.2.	Essa política está em total conformidade com a legislação ambiental vigente?				
A.3.	Os colaboradores da empresa de saneamento têm conhecimento da política ambiental?				
A.4.	Essa política está acessível aos clientes e ao público em geral?				
A.5.	Podem ser identificados, com clareza, os objetivos e metas da empresa de saneamento quanto ao desempenho ambiental?				
A.6.	Existem grupos de trabalho, programas e / ou planos de ação visando à conformidade em relação às exigências governamentais e com a melhoria contínua de desempenho ambiental?				
A.7.	Existem procedimentos de avaliação e / ou análises críticas de desempenho com relação a objetivos e metas ambientais?				
A.8.	As metas ambientais fixadas incorporam os requisitos da legislação ambiental pertinente?				
A.9.	Há recursos suficientes para monitorar o desempenho ambiental como um todo?				
A.10.	Os processos de tratamento de efluentes, de uma maneira geral, têm tido bons indicadores?				
A.11.	Os colaboradores são encorajados a tomar atitudes que melhorem o desempenho da(s) ETE(s)?				
A.12.	A estrutura organizacional é compatível com a melhoria de desempenho?				
A.13.	As responsabilidades quanto à gestão ambiental estão claramente definidas?				
A.14.	Essas responsabilidades ou atribuições são compreendidas, aceitas e seguidas por todos os envolvidos?				
A.15.	Os critérios de bom desempenho ambiental são considerados na aquisição de produtos e serviços?				
A.16.	Existe uniformidade no processo de compra ou contratação de serviços?				
A.17.	A(s) ETE(s) possui(em) seguro com cobertura adequada para qualquer impacto ou dano ambiental decorrente de suas atividades?				
A.18.	Existem programas de reciclagem de resíduos sólidos?				
A.19.	Há revisão periódica do uso de energia elétrica?				
A.20.	A direção da empresa de saneamento encoraja e / ou estimula o uso eficiente de energia elétrica?				
A.21.	Há colaborador responsável para minimizar o uso de energia elétrica?				
A.22.	Existem metas de eficiência e redução do uso de energia elétrica e respectivos registros?				
A.23.	A empresa de saneamento e demais unidades operacionais têm cadastro ambiental junto aos órgãos ambientais?				
A.24.	Há licenças de operação (LO) para a(s) ETE(s) funcionar(em)?				
A.25.	A LO encontra-se dentro do prazo de validade?				
A.26.	As exigências do licenciamento estão sendo cumpridas?				
A.27.	A empresa de saneamento possui procedimentos, grupos de trabalho e / ou planos de ação documentados para acompanhar o cumprimento das exigências, restrições e renovações das licenças ambientais?				
A.28.	Há, na empresa de saneamento, uma unidade ou área de comunicação para divulgar o desempenho ambiental para o público em geral?				
A.29.	As informações divulgadas ou disponíveis encontram-se em linguagem acessível?				
A.30.	A empresa de saneamento prevê consulta prévia à comunidade local sobre algum projeto ou novos empreendimentos?				
A.31.	São levadas, em consideração, as reclamações da vizinhança de caráter ambiental?				
A.32.	Há registro de documentação dessas reclamações?				
A.33.	Há procedimento estabelecido para responder às reivindicações da comunidade?				

	Sim	Não	NA	Obs.
A.34.				Há a realização de treinamentos e conscientização dos colaboradores quanto à segurança dos processos de tratamento, seus impactos e riscos ambientais e à saúde humana?
A.35.				Esses treinamentos ocorrem de maneira freqüente?
A.36.				Tais treinamentos são documentados?
A.37.				O material do treinamento é constantemente revisado?
A.38.				O colaborador responsável pela gestão ambiental recebeu treinamento específico para atuar nessa área?
A.39.				Existem, na ETE, instruções e procedimentos para o caso de acidentes?
A.40.				A empresa de saneamento identifica, dentro de suas atividades operacionais, os diferentes graus de risco?
A.41.				A empresa de saneamento identifica as piores situações dos efeitos ambientais e toma precaução contra os mesmos?
A.42.				Existem normas internas de segurança relativas à operação da ETE, inclusive partida (start-up) e parada?
A.43.				Existem normas internas de segurança para estocagem e manuseio de substâncias químicas?
A.44.				Há fichas de informação de segurança de produtos químicos (FISPQ), de autoria dos fornecedores, de todos os produtos químicos usados no tratamento?
A.45.				Os colaboradores têm acesso a esses documentos?
A.46.				Há estudos de análise de risco dos processos de tratamento?
A.47.				Toda a equipe operacional está devidamente treinada para os procedimentos emergenciais (acidentes com produtos químicos, incêndios, contaminações, entre outros)?
A.48.				Existe documentação sobre procedimentos de divulgação para os colaboradores, imprensa e público em geral sobre acidentes?
A.49.				Os planos de emergência são devidamente atualizados / revisados periodicamente?
A.50.				Os procedimentos de segurança e saúde são compatíveis com os procedimentos de gestão ambiental?
A.51.				Existem registros sistemáticos (documentação padronizada) de acidentes de trabalho?
A.52.				Com relação às falhas de equipamentos, há instruções claras a serem seguidas?
A.53.				Existe programa de inspeção e manutenção preventiva da(s) ETE(s)?
A.54.				Há registros sistemáticos das vistorias?
A.55.				Existe, na empresa de saneamento, Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina no Trabalho (SESMT)?
A.56.				Há acompanhamento médico dos colaboradores, tais como exames admissionais, periódicos e demissionais?
A.57.				Há mapeamento e programas de informação e prevenção de riscos ocupacionais?
A.58.				Há mapas de risco afixados nas áreas operacionais?
A.59.				Há sistema de registro de acidentes de trabalho e afastamento de colaboradores?
A.60.				Existe, na empresa de saneamento, funcionamento da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA?
A.61.				A empresa de saneamento dispõe de estrutura para fornecimento de equipamento de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC)?
A.62.				A empresa de saneamento fornece meios que permitam seus colaboradores relatarem condições de trabalho inadequadas?
A.63.				A empresa de saneamento fornece treinamento sobre segurança do trabalho?
A.64.				Toda a documentação a respeito de Segurança e Saúde no Trabalho encontra-se padronizada?

		Sim	Não	NA	Obs.
B.	Análise de desempenho				
B.1.	Existe, nas unidades operacionais, esquemas ou documentos do “lay-out” e diagramas / projetos da(s) ETE(s)?				
B.2.	A ETE está devidamente protegida contra choques de altas cargas orgânicas e vazão?				
B.3.	Há documentos ou registros de monitoramento desses choques, caso aconteçam?				
B.4.	Há rotina de análises dos esgotos afluentes à ETE?				
B.5.	A periodicidade é adequada?				
B.6.	Existem procedimentos a serem seguidos caso substâncias nocivas ao tratamento sejam detectadas no esgoto afluente?				
B.7.	Os procedimentos são documentados?				
B.8.	Os procedimentos são conhecidos pelos colaboradores?				
B.9.	Existe a comprovação da chegada de efluentes industriais nos esgotos afluentes à ETE?				
B.10.	Em caso afirmativo, os parâmetros estão enquadrados dentro do exigido pelo órgão ambiental fiscalizador?				
B.11.	Existe documentação que exija laudos específicos e outros dados dos efluentes das empresas que desejam enviá-los à rede coleta para posterior tratamento?				
B.12.	Há recebimento de lodo de caminhões limpa-fossa?				
B.13.	Há registros desses recebimentos?				
B.14.	O impacto operacional do recebimento de caminhões limpa-fossa no regime de tratamento da ETE foi quantificado?				
C.	Tratamento preliminar (gradeamento)				
C.1.	Existe tratamento preliminar (gradeamento) na ETE?				
C.2.	O local é de fácil acesso?				
C.3.	A unidade está operando adequadamente?				
C.4.	O canal de acesso está desobstruído?				
C.5.	O dispositivo de remoção (manual ou mecanizado) está corretamente dimensionado para a quantidade de sólidos grosseiros que se deseja remover?				
C.6.	Os procedimentos adotados para a limpeza e remoção são conhecidos por todos os colaboradores envolvidos na operação?				
C.7.	Para o caso de a limpeza dessa unidade ser mecanizada, há manutenção preventiva?				
C.8.	Há manuais de instrução dessa limpeza mecanizada?				
C.9.	Os manuais estão disponíveis para os colaboradores?				
C.10.	A frequência de limpeza é adequada?				
C.11.	Há registro da quantidade removida e a sua frequência?				
C.12.	Foi realizada a caracterização do material removido?				
C.13.	Há estocagem adequada do material removido?				
C.14.	Há excesso de odores desagradáveis nas proximidades dessa unidade de remoção?				
C.15.	Há proliferação de vetores nas proximidades da unidade de remoção ou local de estoque do material removido?				
C.16.	Há dispositivo para “by pass?” Informar para onde vai o esgoto em caso de “by pass”.				
C.17.	Caixa de areia e medidor de vazão				
C.18.	A ETE possui caixa de areia?				
C.19.	A unidade está operando adequadamente?				
C.20.	O compartimento de retenção é suficientemente dimensionado para armazenar a quantidade de areia até esta ser removida?				
C.21.	A remoção de areia é realizada com periodicidade estabelecida?				
C.22.	Há registro e estimativa da areia removida?				
C.23.	Foi realizada a caracterização da areia removida?				

	Sim	Não	NA	Obs.
C.24. O procedimento para a coleta da areia a ser caracterizada segue a norma de referência?				
C.25. A periodicidade para a caracterização é adequada?				
C.26. É realizada análise do efluente da caixa de areia?				
C.27. Há registros dessas análises?				
C.28. É realizada limpeza da caixa de areia após seu esvaziamento?				
C.29. A ETE possui dispositivo de medição de vazão de esgoto afluyente (medidor Parshall)?				
C.30. Há monitoramento remoto, via computador, dessa medição?				
Questionário específico para cada concepção de tratamento (próximas tabelas)				
D. Monitoramento / laboratório				
D.1. O responsável pelo laboratório é devidamente qualificado?				
D.2. Há uma estrutura definida da organização do laboratório?				
D.3. Há supervisão adequada do pessoal que executa os ensaios e as calibrações?				
D.4. Há, no laboratório, uma matriz de responsabilidades?				
D.5. Apresenta um sistema de qualidade apropriado, documentado e que esteja disponível a todos os colaboradores?				
D.6. O laboratório apresenta procedimentos para controle de seus documentos?				
D.7. Os documentos do sistema de qualidade são identificados com: data de emissão, revisão, paginação, número total de páginas (Figura 39)?				
D.8. As alterações nos documentos são analisadas criticamente?				
D.9. São realizadas análises críticas das demandas?				
D.10. O laboratório subcontrata ensaios e calibrações?				
D.11. O serviço terceirizado possui acreditação?				
D.12. Há registro para recebimento, inspeção e armazenamento de suprimentos?				
D.13. Os fornecedores são avaliados?				
D.14. Há registro dessas avaliações?				
D.15. Os documentos do laboratório são padronizados?				
D.16. O laboratório é capaz de fornecer as informações necessárias para controle efetivo das unidades?				
D.17. Há cooperação do laboratório em relação à área operacional quanto ao esclarecimento de dúvidas?				
D.18. Há procedimentos para ações corretivas e análises de causas?				
D.19. Há procedimentos para identificar, coletar, indexar, acessar, arquivar, manter registros de qualidade e dispor deles?				
D.20. Os colaboradores do laboratório são qualificados?				
D.21. As instalações do laboratório são adequadas para a execução dos ensaios?				
D.22. O laboratório apresenta métodos e procedimentos apropriados para seus ensaios e calibrações?				
D.23. Os métodos são planejados e executados por pessoal qualificado?				
D.24. O laboratório valida seus métodos por meios de procedimentos adequados?				
D.25. A exatidão dos métodos validados atende à necessidade da operação?				
D.26. Há procedimento para cálculo das incertezas dos ensaios e calibrações?				
D.27. O laboratório possui equipamentos adequados para a realização dos ensaios?				
D.28. Os equipamentos apresentam exatidão necessária para atender as especificações pertinentes aos ensaios?				
D.29. Há controle ou registros sobre os equipamentos?				
D.30. O laboratório utiliza padrões e materiais de referência?				
D.31. A procedimento de coleta de amostras assegura a validade dos resultados?				
D.32. A coleta é devidamente documentada?				
D.33. Os resultados são apresentados com clareza, objetividade e as informações necessárias para correta interpretação e rastreabilidade?				
D.34. No momento da coleta (simples ou composta), é feita a medição de vazão				

	Sim	Não	NA	Obs.
afluente (esgoto bruto)?				
D.35. No momento da coleta (simples ou composta), é feita a medição de vazão efluente tratado?				
D.36. Há correto descarte dos produtos perigosos?				
D.37. Os reagentes ou soluções-padrão estão dentro do prazo de validade?				
D.38. O laboratório da ETE (ou externo) comporta a quantidade de análises necessárias?				
D.39. Na rotina de análises do laboratório são usados produtos perigosos?				
D.40. Tais produtos são insalubres?				
D.41. Há produtos inflamáveis?				
D.42. Há produtos corrosivos?				
D.43. Há produtos reativos?				
D.44. São usados EPIs no manuseio desses produtos?				
D.45. O laboratório contém equipamentos para serem utilizados no caso de acidentes químicos?				
D.46. O estado de conservação desses dispositivos de segurança é adequado?				
D.47. Esses equipamentos passam por vistoria e manutenção periódica?				
E. Gerenciamento de resíduos sólidos				
E.1. Existem áreas para a estocagem na ETE para os resíduos sólidos (lodo biológico)?				
E.2. A estocagem é adequada?				
E.3. Para o processamento desses resíduos, são usados equipamentos?				
E.4. Para o processamento desses resíduos, são usados produtos químicos?				
E.5. Os produtos químicos usados nesse tratamento estão dentro do prazo de validade?				
E.6. Há monitoramento remoto, via computador, da quantidade de produto químico usado?				
E.7. A estocagem desses produtos é adequada?				
E.8. As práticas e os procedimentos para a retirada desses resíduos são adequados?				
E.9. O tratamento do resíduo é adequado?				
E.10. O transporte do resíduo até o local de destinação (se realizados por terceiros) é realizado por empresa idônea e a mesma possui licenciamento?				
E.11. A disposição final é adequada?				
E.12. É realizada caracterização dos resíduos sólidos?				
E.13. O laboratório que realiza essas caracterizações (se realizados por terceiros) possui acreditação?				
F. Gerenciamento de emissões gasosas				
F.1. Há fontes de poluição do ar na ETE?				
F.2. Tais fontes são potencialmente danosas?				
F.3. Há monitoramento adequado quanto às emissões gasosas?				
F.4. Há registros de coleta de dados e avaliação das fontes de poluição do ar na ETE?				
F.5. Há metas de redução das emissões gasosas?				
F.6. Há controle de materiais particulados ou gases nas áreas da ETE ou, ainda, fora do perímetro da unidade?				
F.7. Esse controle é feito via programa de computador – supervisão?				
F.8. Há reclamações de vizinhos quando aos odores?				
F.9. É realizada, com frequência, a medição de ruído nas áreas adjacentes à ETE?				
F.10. Existe controle sobre as fontes de ruído?				
F.11. Houve pontos onde os limites foram superados?				
F.12. Em caso afirmativo, as providências foram tomadas?				
G. Corpo hídrico receptor				
G.1. As coletas de amostras são realizadas em pontos nas corretas zonas de autodepuração ou após mistura completa do efluente?				

		Sim	Não	NA	Obs.
G.2.	Há a medição de vazão do rio no momento da coleta?				
G.3.	Há registro de localização correta desses pontos, em função da vazão?				
G.4.	A amostragem apresenta frequência adequada?				
H.	Fornecimento de insumos (exemplo: água de reuso)				
H.1.	A empresa de saneamento possui procedimentos de melhoria de qualidade para fornecimento?				
H.2.	Há controle de não-conformidades e ações corretivas nesse fornecimento?				
H.3.	Os colaboradores estão devidamente treinados para desempenhar tarefas relevantes no fornecimento?				
H.4.	O controle de qualidade desse produto é adequado?				
H.5.	O transporte do produto é ambientalmente adequado?				
H.6.	O fornecimento está em total conformidade com a legislação ambiental vigente?				
H.7.	Há plenas condições de segurança para os colaboradores executarem o fornecimento?				

NA = não aplicável; Obs. = observações.

A seguir são apresentadas as sugestões de roteiros para auditorias de enfoque ambiental e de segurança para módulos ou etapas referentes apenas às concepções de lagoas de estabilização e lodos ativados, já que essas concepções, dentro do universo pesquisado, são as mais comuns.

A Tabela 29 apresenta uma sugestão de roteiro para verificação do funcionamento de uma unidade de decantação primária.

Tabela 29. Questionário para auditoria em uma unidade de decantação primária.

	Decantador primário	Sim	Não	NA	Obs.
DE.1.	A unidade opera adequadamente?				
DE.2.	Há sedimentação em excesso de sólidos na calha afluente ao decantador?				
DE.3.	O esgoto, no decantador, está com aspecto característico?				
DE.4.	Os dispositivos de entrada e distribuição estão operando bem?				
DE.5.	Os dispositivos de saída (vertedores) estão operando bem?				
DE.6.	A taxa de superficial de vazão está adequada para o projeto da ETE?				
DE.7.	O tempo de detenção está adequado para o projeto da ETE?				
DE.8.	O fluxo de entrada de esgoto afluente é contínuo?				
DE.9.	Há descargas bruscas?				
DE.10.	Há registro da taxa de escoamento superficial e do tempo de detenção?				
DE.11.	As condições de sedimentação do lodo estão adequadas?				
DE.12.	Há registro da velocidade horizontal de escoamento?				
DE.13.	O aspecto de lodo removido é característico?				
DE.14.	A frequência de descarte de sólidos flutuantes e materiais presos nos anteparos é adequada?				
DE.15.	Há presença de lodo flutuante?				
DE.16.	Há registros de quantidades removidas?				
DE.17.	Há registros de periodicidade de remoção?				
DE.18.	O material removido foi caracterizado?				
DE.19.	O efluente dessa unidade é analisado?				
DE.20.	A lista de parâmetros das análises é adequada?				
DE.21.	A periodicidade das análises é adequada?				

Decantador primário		Sim	Não	NA	Obs.
DE.22.	Há remoção de gordura?				
DE.23.	Seu acondicionamento é adequado?				
DE.24.	A destinação final é adequada?				
DE.25.	O dispositivo para remoção de gordura está limpo?				
DE.26.	Há procedimento de limpeza periódica do decantador?				
DE.27.	Há vistorias periódicas das partes submersas?				
DE.28.	Existe mais um módulo de decantação para o caso de paralisação?				
DE.29.	Para o caso de interrupção de um dos módulos haverá sobrecarga?				
DE.30.	Todos os registros estão padronizados?				

NA = não aplicável; Obs. = observações.

A Tabela 30 apresenta uma sugestão de roteiro para verificação do funcionamento de uma unidade de leito de secagem.

Tabela 30. Questionário para auditoria em uma unidade de leito de secagem.

Leito de secagem		Sim	Não	NA	Obs.
LS.1.	A unidade opera adequadamente?				
LS.2.	Há conservação adequada do suporte?				
LS.3.	A composição da camada é adequada?				
LS.4.	O sistema de drenagem é adequado?				
LS.5.	O fundo do leito tem inclinação adequada?				
LS.6.	A unidade tem capacidade para o volume disposto de lodo?				
LS.7.	A disposição de lodo é uniforme?				
LS.8.	Ocorre liberação de gases?				
LS.9.	No caso de remoção manual, há utilização de EPIs?				
LS.10.	Há registros de quantidades removidas?				
LS.11.	O material foi caracterizado?				
LS.12.	O líquido drenado volta ao processo de tratamento?				
LS.13.	Todos os registros estão padronizados?				

NA = não aplicável; Obs. = observações.

A Tabela 31 apresenta uma sugestão de roteiro para verificação do funcionamento de uma unidade de lodos ativados e decantação secundária.

Tabela 31. Questionário para auditoria em uma unidade de lodos ativados e decantador secundário.

Lodos ativados e decantador secundário		Sim	Não	NA	Obs.
LA.1.	A unidade de tanque de aeração opera adequadamente?				
LA.2.	A transferência de oxigênio é adequadamente dimensionada para o volume do tanque de aeração?				
LA.3.	Há manutenção periódica dos equipamentos de transferência de ar / oxigênio?				
LA.4.	No caso de falha, há equipamentos e peças reservas?				
LA.5.	Há exposição de aerossóis para a atmosfera?				
LA.6.	O raio abrangência do aerossol é medido?				
LA.7.	O raio ultrapassa a área da ETE?				
LA.8.	Foi realizada caracterização do aerossol?				

Lodos ativados e decantador secundário		Sim	Não	NA	Obs.
LA.9.	Há procedimentos para prevenir ou remediar vazamentos no tanque de aeração e tubulações?				
LA.10.	Há formação de espuma densa ou em excesso na aeração?				
LA.11.	Nas adjacências do tanque de aeração há geração de odores?				
LA.12.	Há geração de ruídos?				
LA.13.	A unidade de aeração é dimensionada para a vazão de esgoto que recebe?				
LA.14.	A unidade de decantação secundária opera adequadamente?				
LA.15.	As calhas coletoras do efluente tratado estão limpas?				
LA.16.	Há flutuação de lodo no decantador secundário?				
LA.17.	Há flocos flutuando no decantador secundário?				
LA.18.	Foi realizada caracterização da microfauna dessas unidades?				
LA.19.	Há presença de organismos filamentosos?				
LA.20.	Os afluentes e efluentes dessas unidades são analisados?				
LA.21.	A lista de parâmetros das análises é adequada?				
LA.22.	A periodicidade das análises é adequada?				
LA.23.	O índice volumétrico e idade do lodo estão com valores previstos no projeto?				
LA.24.	A unidade de decantação é dimensionada para a vazão de esgoto que recebe?				
LA.25.	Todos os registros estão padronizados?				

NA = não aplicável; Obs. = observações.

A Tabela 32 apresenta uma sugestão de roteiro para verificação do funcionamento de uma unidade de lagoa de estabilização.

Tabela 32. Questionário para auditoria em uma unidade de lagoa de estabilização.

Lagoa de estabilização		Sim	Não	NA	Obs.
LE.1.	A unidade opera adequadamente?				
LE.2.	Há inspeção diária da lagoa?				
LE.3.	Há registro diário das condições climáticas?				
LE.4.	Aparecimento de vegetais?				
LE.5.	Evidências de erosão dos taludes?				
LE.6.	Infiltrações?				
LE.7.	Presença de insetos?				
LE.8.	Presença de aves?				
LE.9.	Limpeza das canaletas de água pluvial?				
LE.10.	Mau odor?				
LE.11.	Manchas de óleo?				
LE.12.	A rotina de análises do afluente e do efluente é adequada?				
LE.13.	São determinados todos os parâmetros necessários para verificação correta do desempenho?				
LE.14.	Foi realizada caracterização da microfauna da lagoa?				
LE.15.	O tempo de detenção hidráulica está adequado para a(s) lagoa(s)?				
LE.16.	Há produção, nas condições anaeróbias, de ácidos orgânicos?				
LE.17.	O sistema é dimensionado para a vazão de esgoto que recebe?				
LE.18.	Todos os registros estão padronizados?				

NA = não aplicável; Obs. = observações.