CALI LAGUNA ACHON

ECOEFIÊNCIA DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA À LUZ
DOS CONCEITOS DA ISO 14.001

Tese apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em
Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Sérgio Cordeiro

São Carlos

2008

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEMAENTO

CALI LAGUNA ACHON

ECOEFIÊNCIA DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA À LUZ
DOS CONCEITOS DA ISO 14.001

São Carlos
2008

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **CALI LAGUNA ACHON**

Tese defendida e julgada em 08/10/2008 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **JOAO SERGIO CORDEIRO (Orientador)**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovada

Prof. Dr. **LUIZ ANTONIO DANIEL**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

Prof. Titular **JOSE ROBERTO CAMPOS**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

Prof. Dr. **BERNARDO ARANTES DO NASCIMENTO TEIXEIRA**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADA

Prof. Dr. **MILTON TOMOYUKI TSUTIYA**
(Escola Politécnica/USP)

APROVADA

Prof. Associado **MARCELO ZAIAT**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia (Hidráulica e Saneamento)

Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

Dedico este trabalho aos meus pais Carlos e Mirian, minhas irmãs Cinthya e Ingrid e meu marido João, com amor, admiração e gratidão, por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre me iluminando e dando forças para caminhar com muita fé e perseverança.

Ao Prof. Dr. João Sérgio Cordeiro, meu orientador, professor e amigo, que em sua incansável dedicação me orientou durante a elaboração desta pesquisa.

Ao meu amado marido João, pelo carinho, amizade e compreensão durante todos estes anos, principalmente durante a elaboração desta tese.

Aos meus pais, por seu apoio, dedicação e amizade, que sempre me dão forças necessárias para superar os obstáculos impostos pela vida.

As minhas duas irmãs queridas Cinthya e Ingrid, por seu amor, carinho e compreensão. À meu sobrinho Vinícius, que enche de alegria as nossas vidas. Meu cunhado Felipe, cuja alegria e risadas alegra a todos.

À toda minha família, meu avô Cecílio, que sempre me apoiou e incentivou.

A todos meus amigos e amigas, Milene, Ana Lúcia, Beatriz, cuja amizade sempre me fortaleceu. À meu grande amigo Marcelo Barroso, com quem aprendi muito.

À minha grande família de São Pedro, meus amigos e amigas, cunhados(as), sogro(a), sobrinhas, que sempre estão ao meu lado.

Aos colegas de pós graduação e todas as pessoas que cruzaram meu caminho nesse período do doutorado, que de alguma forma contribuíram para meu crescimento intelectual e emocional.

Aos superintendentes e todo pessoal dos sistemas de tratamento de água que visitei, por sua receptividade e dados fornecidos para que esta pesquisa fosse possível.

Ao departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização desse curso de doutorado.

À FAPESP - Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão da bolsa de Doutorado Direto (Processo Nº 2003/13535-8) e pelo apoio financeiro para realização desta pesquisa.

RESUMO

ACHON, C. L. Ecoeficiência de sistemas de tratamento de água à luz dos conceitos da ISO 14.001. 2008. 235p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

No Brasil, existem milhares de sistemas de tratamento de água, que devem atender à critérios amplos de qualidade, que possibilite atender padrões e legislação pertinentes ao tipo de processo produtivo: antes, durante e após o processo. O Sistema de Tratamento de Água (SiTA) engloba o manancial de abastecimento, seu entorno, a captação e adução de água bruta, a Estação de Tratamento de Água (ETA), a água tratada, o sistema de gestão, a Estação de Tratamento de Resíduos (ETR) e os recursos humanos. No desenvolvimento desse trabalho foram realizadas visitas técnicas em cinco SiTAs, que possuem tecnologia de ciclo completo, a fim de avaliar o funcionamento destes, segundo os princípios da ecoeficiência. Para tanto, foram levantados dados atuais e históricos (10 anos), que forneceram subsídios para elaboração e aplicação de 39 indicadores, agrupados em oito princípios da ecoeficiência. Neste trabalho foi proposto também um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para SiTAs, que foi baseado nos preceitos da norma ISO 14.001. Os resultados desta pesquisa apontam para a necessidade de uma nova visão, do intitulado Sistema de Tratamento de Água (SiTA), para que os projetos executivos futuros considerem impreterivelmente o manancial, o entorno e os resíduos gerados durante o processo de tratamento de água. Além disso, os cinco sistemas analisados não foram considerados ecoeficientes, seja em relação ao resultados dos indicadores aplicados, aspectos gerenciais, análise qualitativa e quantitativa, ausência de dados ou ineficiência na sua sistematização. Ademais, o planejamento, estabelecimento de metas e aplicação de indicadores em diferentes sistemas são fundamentais para o estabelecimento de um parâmetro balizador, que poderá ser seguido por outros sistemas de tratamento de água. Assim, é imperiosa a necessidade da implantação de um modelo de gestão, que forneça subsídios para geração e padronização dos dados nesse tipo de sistema.

Palavras-Chave: sistema de tratamento de água, ecoeficiência, gestão ambiental, ISO 14001, indicadores.

ABSTRACT

ACHON, C. L. Ecoefficiency of water treatment system from ISO 14001 concept. 2008. 235p. Thesis (Doctoral) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

In Brazil, there are thousands of water treatment systems, which must consider wide criteria of quality, and that will make possible to meet standards and legislation relevant to the type of production process: before, during and after the process. The Water Treatment Systems (WTSy) include the water supply source, its surroundings, catchment and adduction of raw water, the Water Treatment Plant (WTP), the treated water, the management system, the Waste Treatment Plant (WTP) and human resources. In the development of this work, technical visits were made in five WTSy, which have full cycle of technology, to evaluate the functioning of them, according to the principles of ecoefficiency. For both, current and historical data were raised (10 years), which provided subsidies for development and application of 39 indicators, grouped into eight principles of ecoefficiency. In this work it was also proposed an Environmental Management System (EMS) to the WTSy, which was based on the precepts of ISO 14.001. The results of this research, point to the need of a new vision, about the entitled Water Treatment System (WTSy), so that the executive future projects consider essential to the water supply source its surroundings, and the waste generated during the water treatment. In addition, the five systems reviewed were not considered ecoefficient, in relation to the results of the indicators applied, management aspects, quantitative and qualitative analysis, absence of data or inefficiency in its systematization. Moreover, the planning, setting targets and the application of indicators in various systems are fundamental to the establishment of a balizador parameter, which could be followed by other water treatment systems. It is therefore, imperative the need of implantation of a management model which provides subsidies for generation and standardization of data in this type of system.

Keywords: water treatment system, ecoefficiency, environmental management, ISO 14001, indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Esquema de uma estação de tratamento de água convencional de ciclo completo.	6
Figura 3.2 - Esquema do processo de potabilização da água.....	8
Figura 3.3 - Esquema do sistema de abastecimento de água e visão necessária para o gerenciamento ambiental.	9
Figura 3.4 - Esquema ilustrativo da interação entre Meio Ambiente, Tecnologias de Tratamento e Comunidade.....	18
Figura 3.5 - Tecnologias de tratamento de água para consumo humano com os respectivos pontos de geração de resíduos.....	20
Figura 3.6 - Evolução das tendências da gestão ambiental no âmbito legal e empresarial.	23
Figura 3.7 - Visão necessária para o gerenciamento ambiental em sistemas de tratamento de água para o abastecimento público.	25
Figura 3.8 - Ciclo do PCDA ara aprimoramento contínuo	33
Figura 3.9 - Requisitos do Sistema de Gestão Ambiental (SGA).....	34
Figura 3.10 - Analogia de Estação de Tratamento de Água com indústria de transformação.....	39
Figura 3.11 – Abordagem sistêmica da geração e disposição de resíduos	40
Figura 3.12 - Fotografia do rio Monjolinho durante o lançamento do lodo da ETA-São Carlos no ano de 2005.....	59
Figura 3.13 - Nível de escolaridade dos operadores das ETAs visitadas.	63
Figura 3.14 - Esquema do processo envolvido para produção de água potável, enfatizando a necessidade de controle das diferentes etapas do processo.	69
Figura 4.1 - Esquema ilustrativo do sistema produtor de água, destacando a área de contorno desta pesquisa, denominado Sistema de Tratamento de Água (SiTA).	82
Figura 4.2 - Fluxograma das etapas desenvolvidas nesta pesquisa.	84
Figura 5.1 - Esquema geral (croqui) do Sistema de Tratamento de Água A.....	99
Figura 5.2 - Esquema geral (croqui) do Sistema de Tratamento de Água B.....	100
Figura 5.3 - Esquema geral (croqui) do Sistema de Tratamento de Água C.....	101
Figura 5.4 - Esquema geral (croqui) do Sistema de Tratamento de Água D.....	102

Figura 5.5- Esquema geral (croqui) do Sistema de Tratamento de Água E.	104
Figura 5.6 - Foto aérea ilustrativa do manancial, onde localiza-se a captação de ação de água A1 do SiTA A.	117
Figura 5.7- Esquema ilustrativo da captação de água bruta do SiTA B.	119
Figura 5.8 - Esquema ilustrativo das captações de água bruta dos dois sistemas de tratamento de água da cidade onde se localiza o SiTA C, incluindo o SiTA D.	120
Figura 5.9 - Turbidez média anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.	123
Figura 5.10 - Cor média anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.	124
Figura 5.11 - OD médio anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs B e C.	125
Figura 5.12 - DBO médio anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.	125
Figura 5.13 - Ferro Dissolvido médio anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.	126
Figura 5.14 - Manganês médio anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.	127
Figura 5.15 - Clorofila média anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs B e C.	127
Figura 5.16 - Calha Parshall, mostrando o ponto de aplicação de coagulante do SiTA A.	131
Figura 5.17 - Valores médios e desvios padrão das concentrações de metais nos produtos químicos empregados na estação de tratamento do SiTA A.	131
Figura 5.18 - Calha Parshall, mostrando o ponto de aplicação de coagulante do SiTA B.	133
Figura 5.19 - Calha Parshall, mostrando o ponto de aplicação de coagulante e grade para auxiliar a mistura do coagulante no SiTA C.	133
Figura 5.20 - Tanque de mistura rápida com adição de cal, cloro e cloreto férrico do SiTA D.	134
Figura 5.21 - Ponto de aplicação de sulfato de alumínio na Calha Parshall do SiTA E.	134
Figura 5.22 - Valores médios e desvios padrão das concentrações de metais nos produtos químicos empregados na estação de tratamento do SiTA E.	135
Figura 5.23 - Turbidez média anual da água tratada dos 5 SiTAs no período de 1995 a 2005.	137
Figura 5.24 - Cor média anual da água tratada dos 5 SiTAs no período de 1995 a 2005.	138

Figura 5.25 - Cloro médio anual da água tratada dos 5 SiTAs no período de 1995 a 2005...	138
Figura 5.26 - Flúor médio anual da água tratada dos 5 SiTAs no período de 1995 a 2005...	139
Figura 5.27 - Vista do decantador da estação do SiTA C com detalhe ampliado dos raspadores de lodo que funcionam por sucção.....	141
Figura 5.28 - Bomba instalada para a retirada da água do decantador do SiTA D.....	142
Figura 5.29 - Lodo depositado no fundo do decantador do SiTA D com detalhe ampliado. .	143
Figura 5.30 - Abertura das comportas do decantador do SiTA D.	143
Figura 5.31 - Bomba que abastece as mangueiras de água para lavagem do decantador do SiTA D.....	144
Figura 5.32 - Funcionários utilizando mangueiras d'água com alta pressão para facilitar a remoção do lodo no decantador do SiTA D.....	145
Figura 5.33 - Funcionários se esforçam para remover a camada espessa de lodo acumulado no decantador do SiTA D, com o auxílio de rodos de madeira.	145
Figura 5.34 - Adensadores mecânicos para concentrar o lodo gerado no SiTA C.	150
Figura 5.35 - Centrífuga para secagem final do lodo gerado no SiTA C.	150
Figura 5.36 - Tanque de clarificação, para separação sólido-líquido da água de lavagem dos filtros da SiTA C.....	151
Figura 5.37 - Lagoa de sedimentação para adensamento da água de lavagem de filtros do SiTA D.....	151
Figura 5.38 - Tubo de PVC para retirada da água sobrenadante nas lagoas de lodo do SiTA D.....	152
Figura 5.39 - Passagem de lodo entre as lagoas do SiTA D (controlada pelo extravasor)....	153
Figura 5.40 - Presença de vegetação nas lagoas que não são pavimentadas no SiTA D.....	153
Figura 5.41 - Lodo seco disposto em terreno ao lado da estação do próprio SiTA D	154
Figura 5.42 - Fotografia do rio no ponto de lançamento do lodo do decantador do SiTA E, no ano de 2005.....	154
Figura 5.43 - Situação do rio a jusante (2km) do lançamento do lodo do SiTA E no ano de 2005.	155
Figura 5.44 - Indicadores de consumo anual de coagulante em peso por volume de água tratada para os SiTAs A, C, D e E.	168

Figura 5.45 - Indicadores de consumo anual de coagulante em litros por volume de água tratada para o SiTA B.	169
Figura 5.46 - Indicador de consumo anual de cal por volume de água tratada para os 5 SiTAs.	169
Figura 5.47 - Indicador de consumo anual de cloro por volume de água tratada para os 5 SiTAs.	170
Figura 5.48 - Indicador de consumo anual de flúor por volume de água tratada para os 5 SiTAs.	170
Figura 5.49 - Indicador de consumo de energia elétrica mensal nas captações B, D e E em kWh/m ³ , durante o ano de 2005.	175
Figura 5.50 - Indicador de consumo de energia elétrica mensal nas ETAs B e D E em kWh/m ³ , durante o ano de 2005.	177
Figura 5.51 - Indicadores de porcentagem de energia elétrica consumida anualmente na captação e na ETA, em relação ao consumo total de energia elétrica nos SiTAs B e D.	178
Figura 5.52 - Indicador de perda anual de água nas ETAs A, B e C durante os anos de 1994 à 2005.	185
Figura 5.53 - Indicador de perda mensal de água nas cinco ETAs no ano de 2005.	186
Figura 5.54 - Indicadores de nível de escolaridade dos recursos humanos em porcentagem, considerando os 5 SiTAs analisados.	194
Figura 5.55 - Indicador de gasto de energia elétrica mensal nas captações A, D e E, durante o ano de 2005.	195
Figura 5.56 - Indicador de gasto de energia elétrica mensal nas ETAs A e D, durante o ano de 2005.	197
Figura 5.57 - Indicadores de porcentagem de energia elétrica gasta anualmente na captação e na ETA, em relação ao gasto total de energia elétrica nos SiTAs A, C e D.	198
Figura 5.58 - Porcentagem despesas do SiTA D, considerando gastos com água e esgoto ..	200
Figura 5.59 - Porcentagem despesas do SiTA E, considerando gastos com água e esgoto...	200
Figura 5.60 - Fluxograma ilustrativo e simplificado de um sistema de tratamento de água e as condições e leis que devem ser observadas.	201
Figura 5.61 - Entradas e saídas do Sistema de Gestão Ambiental aplicado em Sistemas de Tratamento de água.	204
Figura A.1 - Rede de Interação dos Impactos Ambientais gerados pelo lançamento in natura do lodo proveniente de ETAs	227

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Presença de metais (impurezas) nos produtos químicos utilizados no tratamento de água.	51
Tabela 3.2 - Posicionamento frente ao paradigma dominante e alternativo	72
Tabela 3.3 - Participação de recursos humanos em cada uma das etapas do SGA.....	74
Tabela 3.4 - Conceituação de descritor, indicador e parâmetro.....	77
Tabela 4.1 - Dados levantados durante as visitas técnicas nos SiTAs. (continua)	86
Tabela 5.1- Características gerais dos cinco sistemas de tratamento de água estudados.....	93
Tabela 5.2 - Localização das ETAs, data de projeto e início de funcionamento e tecnologia adotada em projeto.....	97
Tabela 5.3 - Tipo de administração, gestão e certificação da qualidade ambiental e qualidade ambiental dos sistemas.....	110
Tabela 5.4 - Forma de disponibilização dos dados de qualidade da água bruta dos mananciais de abastecimento em cada SiTA.....	113
Tabela 5.5 - Período de dados coletados nos SiTAs relacionados à qualidade da água bruta.	113
Tabela 5.6 - Período de dados coletados nos SiTAs relacionados ao consumo de produtos químicos.....	114
Tabela 5.7 - Período de dados coletados nos SiTAs relacionados à energia elétrica.	114
Tabela 5.8 - Período de dados coletados nos sistemas de tratamento de água relacionados à qualidade da água tratada.....	115
Tabela 5.9 - Aspectos relacionados ao controle de qualidade dos mananciais que abastecem os sistemas de tratamento de água.	122
Tabela 5.10 - Características gerais e dimensões das unidades de tratamento.	128
Tabela 5.11 - Produtos químicos utilizados nas estações dos SiTAs de acordo com o local de aplicação.	129
Tabela 5.12 - Determinação da dosagem de coagulante nos SiTAs.....	130
Tabela 5.13 - Geração de resíduos nos decantadores (lodo) dos cinco SiTAs.	140
Tabela 5.14 - Volume de resíduos gerados nos decantadores, durante o ano de 2005.....	146

Tabela 5.15 - Geração de resíduos nos filtros, água de lavagem de filtros, dos cinco SiTAs.	147
Tabela 5.16 - Volume de resíduos gerados nos filtros dos SiTAs durante o ano de 2005.....	147
Tabela 5.17 - Aspectos gerais e tratamento e disposição do lodo e da ALAVAF.....	148
Tabela 5.18 - Controle de perdas de água nas estações de tratamento dos SiTAs. (continua)	155
Tabela 5.19 - Controle da quantidade de água utilizada nas lavagens de filtros e decantadores.	156
Tabela 5.20 - Porcentagem de perdas de água relacionadas a lavagem de filtros e descarga de fundo dos decantadores no SiTA A.	157
Tabela 5.21 - Porcentagem de perdas de água relacionadas a lavagem de filtros e decantadores, consumo interno da ETA e a água recuperada no SiTA C.	158
Tabela 5.22 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA A. (continua)	159
Tabela 5.23 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA B.....	160
Tabela 5.24 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA C.....	161
Tabela 5.25 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA D.....	162
Tabela 5.26 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA E. (continua).....	163
Tabela 5.27 - Número total de funcionários e operadores dos cinco SiTAs.....	164
Tabela 5.28 - Qualificação dos recursos humanos nos cinco SiTAs.	164
Tabela 5.29 - Indicadores elaborados para os SiTAs agrupados em oito princípios da ecoeficiência. (continua)	165
Tabela 5.30 - Indicadores de eficiência do controle de qualidade dos produtos químicos e de mistura do coagulante para os cinco SiTAs.....	171
Tabela 5.31 - Indicadores relacionados ao tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros.	173
Tabela 5.32 - Indicador de consumo de energia elétrica anual nas captações B, D e E em kWh/m ³ , durante os anos de 2000 à 2005.....	174
Tabela 5.33 - Indicadores de consumo de energia elétrica anual nas captações B, D e E, referente ao ano de 2005.	175
Tabela 5.34 - Indicador de consumo de energia elétrica anual nas ETAs B e D em kWh/m ³ , durante os anos de 2000 à 2005.	176

Tabela 5.35 - Indicador de consumo de energia elétrica anual em kwh/m ³ nos SiTAs B e D.	177
Tabela 5.36 - Indicadores de volume de lodo gerado nos decantadores dos cinco sistemas estudados.	179
Tabela 5.37 - Indicador de volume de ALAVAF por volume de água tratada.	180
Tabela 5.38 - Indicadores de tratamento de lodo e ALAVAF.	181
Tabela 5.39 - Indicadores de qualidade da água bruta.	183
Tabela 5.40 - Indicadores de perdas de água nas lavagens de decantadores e filtro e na ETA, em relação ao volume de água tratada e população abastecida.	184
Tabela 5.41 - Indicador de eficiência do controle da quantidade de lodo e ALAVAF.	186
Tabela 5.42 - Indicadores de qualidade da água tratada.	189
Tabela 5.43 - Indicadores de alterações de vazão durante o dia e vazão de operação em relação a vazão de projeto.	189
Tabela 5.44 - Indicadores de produção per capita de água e capacidade de reservação.	190
Tabela 5.45 - Indicador de disponibilidade de área para ampliação da ETA.	191
Tabela 5.46 - Indicador de eficiência da sistematização dos dados gerados nos sistemas.	191
Tabela 5.47 - Indicadores de quantidade de recursos humanos para os cinco SiTAs.	192
Tabela 5.48 - Indicadores de nível de escolaridade dos recursos humanos em cada SiTA.	193
Tabela 5.49 - Indicador de gasto de energia elétrica anual nas captações em R\$/m ³ .	195
Tabela 5.50 - Indicadores de gasto de energia elétrica anual nas captações.	196
Tabela 5.51 - Indicador de gasto de energia elétrica anual na ETA em R\$/m ³ .	197
Tabela 5.52 - Indicadores de tarifa, custo do tratamento de água e custo total (água e esgoto) em reais (R\$) por volume de água tratada em metros cúbicos (m ³).	199
Tabela A1 – Formulário para levantamento de dados. (continua)	221
Tabela A2 - Matriz de interação nas fases de projeto, implantação e operação de um sistema de tratamento de água hipotético.	226

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABIQUIM	Associação Brasileira de Indústrias Químicas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIDIS	Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental
AFWA	<i>Air Force Weather Agency</i>
ALAVAF	Água de Lavagem de Filtros
ANEEL	Agência Nacional De Energia Elétrica
APHA	<i>American Public Health Association</i>
AWWA	<i>American Water Association</i>
AWWARF	<i>American Water Works Association Research Foudation</i>
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CONAMA	Conselho Nacional do meio Ambiente
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
EMS	<i>Environmental Management System</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETL	Estação de Tratamento de Lodo
ETR	Estação de Tratamento de Resíduos
EUREAU	<i>European Union of National Associations of Water Suppliers and Waste Water Services</i>
GDWQ	<i>Guidelines for Drinking-water Quality</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	<i>International Standartization Organization</i>
IWA	<i>International Water Association</i>
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
NORMAPME	<i>European Office of Crafts, Trades and Small and Medium- Sized Enterprises for Standardisation</i>
OHSAS	<i>Ocupational Health and Safety Assessment Series</i>

OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PBQP	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade
PDCA	<i>Plan, Do, Chec and Action</i>
PMSS	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PNQS	Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PSA	Plano de Segurança da Água
Qop	Vazão operacional
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SEMASA	Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André
SESARH	Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
SiTA	Sistema de Tratamento de Água
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TC	<i>Technical Committee</i>
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USP	Universidade de São Paulo
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable development</i>
WEF	<i>Water Environment Federation</i>
WQA	<i>Water Quality Act</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA	4
3.2 ECOEFICIÊNCIA	7
3.3 RECURSO HÍDRICO, A MATÉRIA-PRIMA DOS SITAS	12
3.3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS	16
3.4 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA	17
3.5 IMPORTÂNCIA DO GERENCIAMENTO AMBIENTAL EM SITAS	22
3.5.1 BENEFÍCIOS PARA A EMPRESA	28
3.6 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL E A ISO 14.001	31
3.6.1 INDICADORES RECOMENDADOS PELA ISO 24512.	37
3.7 GESTÃO E GERENCIAMENTO AMBIENTAL APLICADOS A ETAS	38
3.7.1 MANANCIAL	43
3.7.2 ENERGIA ELÉTRICA	48
3.7.3 PRODUTOS QUÍMICOS	50
3.7.4 PERDAS DECORRENTES DO PROCESSO	53
3.7.5 RESÍDUOS GERADOS - REÚSO, REDUÇÃO E RECICLAGEM	54
3.7.6 RECURSOS HUMANOS	60
3.7.7 QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA	65
3.7.8 IMPLANTAÇÃO DO GERENCIAMENTO AMBIENTAL	68
3.8 MUDANÇA DE PARADIGMAS E RECURSOS HUMANOS	71
VALORES	72
3.8.1 PARTICIPAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	73
3.9 INDICADORES PARA GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA	76
3.10 ANÁLISE CRÍTICA	79
4 MATERIAL E MÉTODOS	82

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	91
5.1 ASPECTOS GERAIS	91
5.1.1 PROJETO E IMPLANTAÇÃO	93
5.1.1.1 Breve histórico do SiTA A	93
5.1.1.2 Breve histórico do SiTA B	94
5.1.1.3 Breve histórico do SiTA C	94
5.1.1.4 Breve histórico do SiTA D	95
5.1.1.5 Breve histórico do SiTA E	96
5.1.2 ESQUEMAS GERAIS DOS SiTAS	98
5.1.3 GERENCIAMENTO DOS SiTAS	105
5.1.3.1 Gestão no SiTA A	105
5.1.3.2 Gestão no SiTA B	106
5.1.3.3 Gestão no SiTA C	107
5.1.3.4 Gestão no SiTA D	107
5.1.3.5 Gestão no SiTA E	108
5.1.4 SITUAÇÃO DOS DADOS NOS SiTAS	111
5.2 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS CINCO SiTAS	116
5.2.1 MANANCIAL, CAPTAÇÃO E ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA	116
5.2.1.2 Qualidade da água bruta	123
5.2.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA	128
5.2.3 INSUMOS	129
5.2.3.1 Produtos químicos	129
5.2.3.2 Energia elétrica	136
5.2.4 ÁGUA TRATADA	136
5.2.5 RESÍDUOS E PERDAS	140
5.2.5.1 Resíduo gerado no decantador (Lodo)	140
SiTA	146
5.2.5.2 Resíduo gerado no filtro (ALAVAF)	146
5.2.5.3 Tratamento e disposição dos resíduos gerados (lodo e ALAVAF)	148
5.2.5.4 Perdas de água	155
5.2.6 RECURSOS HUMANOS	159
5.3 INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA	165
5.3.1 ELABORAÇÃO DOS INDICADORES	165
5.3.2 APLICAÇÃO DOS INDICADORES	167

5.3.2.1 Indicadores relacionados ao primeiro princípio da ecoeficiência - Redução da quantidade de material utilizado nos bens e serviços.	167
5.3.2.2 Indicadores relacionados ao segundo princípio da ecoeficiência - Redução da quantidade de energia utilizada nos bens e serviços.	174
5.3.2.3 Indicadores relacionados ao terceiro princípio da ecoeficiência - Redução da dispersão de qualquer tipo de material tóxico.	178
5.3.2.4 Indicadores relacionados ao quarto princípio da ecoeficiência - Apoio à reciclagem	181
5.3.2.5 Indicadores relacionados ao quinto princípio da ecoeficiência - Maximização do uso sustentável dos recursos naturais	182
5.3.2.6 Indicadores relacionados ao sexto princípio da ecoeficiência - Extensão da durabilidade dos produtos	188
5.3.2.7 Indicadores relacionados ao sétimo princípio da ecoeficiência - Aumento do nível de bens e serviços	190
SiTA	192
5.3.2.8 Indicadores relacionados ao oitavo princípio da ecoeficiência - Redução de custos	195
5.4 PROPOSTA DE UM SGA PARA SiTAS, BASEADO NA ISO 14.001.	201
5.4.1 DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SGA EM SiTAS	204
5.4.1.1 Ferramentas gerenciais	206
5.5 ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS	208
 6 CONCLUSÕES	 211
 7 SUGESTÕES	 213
 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 214
 APÊNDICE A	 221

1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional, principalmente em áreas urbanas, e o desenvolvimento tecnológico da sociedade, algumas vezes acabam exigindo processos de produção mais sofisticados de bens que garantam a sobrevivência, a saúde e o bem estar do ser humano, a fim de atender a demanda crescente, tanto em termos de quantidade como de qualidade.

Esse crescimento traz exigências cada vez maiores, refletindo nos processos industriais e agropecuários, que necessitam uma demanda cada vez maior de água. Por outro lado, todas essas atividades somadas geram resíduos, entre estes os líquidos, que, de forma geral, retornam as coleções superficiais de água, provocando decaimento na qualidade da mesma.

A água a ser distribuída para a população deve seguir os padrões de potabilidade. Com o aumento das concentrações de partículas nos mananciais superficiais, os sistemas de tratamento têm a necessidade de remover partículas suspensas e dissolvidas cada vez mais diversas e complexas, exigindo técnicas e tecnologias mais avançadas.

Os sistemas de tratamento de água devem atender critérios amplos de qualidade, seguindo padrões e legislação pertinentes. Assim, os gerentes desses sistemas devem estar atentos a diversas questões, considerando sempre a influência das etapas que compõe o sistema e podem ser divididas em: antes, durante e após o tratamento.

Antes do tratamento: comprometimento dos mananciais, necessidade de busca de mananciais mais distantes exigindo maior consumo de energia, infra-estrutura para adução, bombeamento, entre outros.

Durante o tratamento: consumo de produtos químicos, controle operacional, perdas de água, consumo de energia elétrica e geração de resíduos.

Após o tratamento: qualidade da água tratada, análise dos resíduos gerados e seu destino final.

Diante desse cenário, nos deparamos com a necessidade de uma gestão que vise a ecoeficiência, ou seja, a capacidade de produzir com qualidade, quantidade, com eficiência, baixo custo e minimizar os impactos ambientais negativos de todo sistema de tratamento de água.

Nesse âmbito, a ISO 14001 fornece uma ferramenta estrutural e metodologia para que as empresas busquem a excelência ambiental ou ecoeficiência, propondo a implantação de um sistema de gestão ambiental (SGA), passível de ser medido e auditado, buscando sempre ações preventivas e visando a melhoria contínua.

No Brasil, existem milhares de sistemas de tratamento de água, e a discussão das questões apontadas podem trazer benefícios econômicos, ambientais e também sociais, através de um modelo de gestão adequado à realidade atual e perspectivas futuras.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar, segundo os princípios da ecoeficiência, o funcionamento de cinco Sistemas de Tratamento de Água (SiTAs) para abastecimento público, que possuem tecnologia de ciclo completo, localizadas no Estado de São Paulo, Brasil.

Objetivos específicos:

Efetuar caracterização qualitativa e quantitativa dos cinco SiTAs, elaborar indicadores que reflitam os princípios da ecoeficiência e propor um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para os SiTAs, baseado nos preceitos da norma ISO 14.001.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O Sistema de Tratamento de Água

O setor de saneamento básico é dividido em quatro sistemas, de acordo com a Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Essa Lei define saneamento básico como o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Assim, temos: Sistema de Abastecimento de Água (SAA), Sistema de Esgoto Sanitário (SES), Sistema de Resíduos Sólidos Urbanos (SRSU) e Sistema de Drenagem Urbana (SDU).

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) englobam a captação e adução de água bruta, o tratamento (Estação de Tratamento de Água - ETA), a reservação, distribuição e ligações domiciliares de água tratada.

O conceito de Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é amplo e ultrapassa os limites de contorno desta pesquisa, porém somente a ETA, isoladamente, não engloba as especificidades inerentes ao tratamento que consideram-se imprescindíveis para avaliar a ecoeficiência do tratamento de água para abastecimento público.

A delimitação desta pesquisa justifica-se devido a interdependência da Estação de Tratamento de Água com o manancial de água bruta (matéria-prima), cuja quantidade e qualidade refletem diretamente na ecoeficiência de todo Sistema de Tratamento de Água.

Em vista disso, nesta pesquisa, buscou-se ampliar o conceito de tratamento de água para além da estação de tratamento de água (ETA).

Assim, no escopo deste trabalho define-se Sistema de Tratamento de Água (SiTA) como toda a estrutura de obtenção de água tratada que perfaz o manancial, captação e adução de água bruta e a Estação de Tratamento de Água e de Resíduos (lodo e água de lavagem de filtros), não abrangendo portanto, os dispositivos de reservatórios e redes de distribuição de água tratada que integram o Sistema de Abastecimento de Água.

Para que o processo seja bem sucedido, em um Sistema de Tratamento de Água (SiTA) convencional, é necessária a aplicação de produtos químicos que possam desestabilizar as partículas coloidais, formando flocos com tamanho suficiente para a sua remoção. Nesse processo são utilizados sais de ferro ou de alumínio, que, com alto grau de agitação, proporcionam a dispersão do agente coagulante e a desestabilização das partículas coloidais e em suspensão. A agregação e formação dos flocos ocorrem devido à mistura lenta da água; posteriormente, por mecanismos de arraste e aumento do tamanho e densidade, ocorre a sedimentação dos flocos formados.

Após a formação desses, é necessária sua remoção para a clarificação final da água, operação esta, realizada nos decantadores, que são grandes tanques onde esse material sedimentado fica durante certo período de tempo.

A água decantada com parte dos flocos que não sedimentam é encaminhada aos filtros para clarificação final. Assim, grande parcela dos flocos fica retida nos decantadores e outra parcela, nos filtros. Por meio dessas operações, o SiTA produz água para o abastecimento e

gera resíduos: lodo acumulado nos decantadores e água de lavagem de filtros (Cordeiro, 1981).

Assim, o sistema de tratamento de água para abastecimento público compreende desde o manancial, onde se tem a captação de água bruta, a estação de tratamento de água (ETA) e o tratamento dos resíduos gerados.

Na Figura 3.1 tem-se um esquema de uma estação de tratamento de água convencional de ciclo completo, que é parte integrante do sistema de tratamento de água.

Figura 3.1 - Esquema de uma estação de tratamento de água convencional de ciclo completo.
Fonte: adaptado Parsekian (1998)

O grande problema diz respeito aos SiTAs que dispõem seus resíduos *in natura* nos corpos d'água, sem tratamento. O resíduo dos decantadores (lodo) normalmente possui concentração de sólidos maiores que 2,5%, podendo provocar alterações consideráveis nas águas receptoras. Ressalta-se que esses resíduos, quando dispostos em rios ou lagoas, podem

causar problemas, principalmente na camada bentônica. Assim, deve-se exigir, dos gerentes de tratamento de água, uma nova postura diante dessa situação.

3.2 Ecoeficiência

A qualidade da água para abastecimento público é influenciada desde o manancial, onde se tem a captação de água bruta, até o consumidor final. A ecoeficiência da estação de tratamento de água (ETA) também influencia, direta e indiretamente, a qualidade da água tratada, incluindo o tratamento dos resíduos gerados, que na maioria dos SiTAs é inadequado ou inexistente.

A Figura 3.2, representa esquematicamente o processo de potabilização da água e os fatores que influem em sua qualidade nos sistemas de tratamento de água, onde estão representadas as entradas (matéria-prima, insumos e recursos humanos), a estação de tratamento e as saídas (produto final e rejeitos). As setas verticais da Figura 3.2 representam um caso hipotético de decaimento da qualidade da água bruta (matéria-prima), ilustrando que isso pode provocar um aumento no consumo de produtos químicos, aumentar a quantidade de resíduos gerados, melhoria nos processo e operações, necessitando de um melhor preparo dos recursos humanos e finalmente, podendo ou não comprometer a qualidade do produto final (água tratada).

Figura 3.2- Esquema do processo de potabilização da água.

Fonte: Parsekian (1998)

De acordo com Parsekian (1998), o processo de tratamento de água exige sempre melhorias e, por isso, são imprescindíveis o gerenciamento da qualidade e o contínuo aprimoramento. Se a água tratada não apresenta a qualidade desejada, algumas medidas devem ser tomadas, de forma a atingir o objetivo da empresa. Para permitir que a empresa obtenha os resultados esperados deve-se estabelecer estratégias, ou seja, ações ou decisões que posicionem a organização em seu ambiente e a faça atingir seus objetivos a longo prazo.

O que se tem observado é que a maioria das ETAs não trata os resíduos sólidos, gerados principalmente nas etapas de descarga e/ou lavagem dos decantadores e filtros, lançando estes em corpos d'água, desrespeitando a legislação ambiental vigente.

À vista disso, forma-se um círculo vicioso, pois os rios que são os principais fornecedores de água para o abastecimento público, também são receptores de todo e qualquer tipo de resíduo, gerado muitas vezes pelo próprio sistema de tratamento de água, interferindo

de forma negativa no meio ambiente. Quanto melhor a qualidade da água captada, melhor e com menor custo é a água fornecida à população.

O planejamento e gestão dos recursos hídricos se tornam imperativos para que o aumento da oferta de água se compatibilize com a demanda, obedecendo criteriosamente os padrões de qualidade para determinado uso. Os impactos ambientais decorrentes da operação inadequada desses sistemas, devido à ausência de um sistema de gerenciamento, refletem diretamente nos problemas de poluição e contaminação das águas superficiais e subterrâneas, e conseqüente escassez dos recursos naturais.

Na Figura 3.3 tem-se um esquema geral do sistema de tratamento de água para o abastecimento público, enfatizando a visão necessária que os “novos” gerentes precisam adquirir diante dessa nova perspectiva de ecoeficiência e sustentabilidade.

Figura 3.3- Esquema do sistema de abastecimento de água e visão necessária para implantação do gerenciamento ambiental.

Segundo Wiecheteck (2002), o planejamento e gestão dos recursos hídricos dependem, fundamentalmente, do uso preponderante que se faz dos mesmos. E, para compatibilizar a demanda com a oferta de água, é necessário obedecer aos parâmetros de qualidade da água para determinado uso. A gestão de suprimento e demanda de água são ferramentas para a sustentabilidade. Com a grande demanda de água e sua conseqüente escassez, é imprescindível que sejam avaliados os sistemas de saneamento básico compostos por: abastecimento de água, coleta e tratamento do esgoto sanitário, coleta e tratamento dos resíduos sólidos e drenagem urbana, aliados ao meio ambiente. Os impactos ambientais decorrentes da operação inadequada desses sistemas refletem diretamente nos problemas de poluição e contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

O gerenciamento de sistemas de tratamento de água deve apresentar viabilidade ambiental e econômica enfocando diversas etapas.

- Fases de projeto,
- Operação do sistema,
- Sistema de captação de água, diagnóstico do manancial de abastecimento,
- Localização e implantação da ETA,
- Operação e manutenção do sistema como um todo,
- Identificação dos impactos ambientais, como caracterização e quantificação dos resíduos gerados;
- Alternativas de tratamento e disposição desses resíduos;
- Conhecimento sobre legislação ambiental,
- Propositura de medidas mitigadoras.

O termo "ecoeficiência" foi introduzido em 1992 *pelo World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). O WBCSD é uma coligação de 130 empresas

internacionais, que partilham o compromisso do desenvolvimento sustentável. Os membros associados provêm de 30 países e de mais de 20 setores industriais importantes. A organização beneficia-se, ainda, de uma sólida rede global de conselhos empresariais nacionais e regionais e organizações em parceria. O objetivo do WBCSD é atuar como catalisador da mudança e fomentar uma cooperação próxima entre o mundo empresarial, a administração pública e outras organizações preocupadas com o desenvolvimento sustentável (WBCSD, 2000).

Segundo o WBCSD, a ecoeficiência é obtida pela *"entrega de bens e serviços com preços competitivos que satisfazem as necessidades humanas e trazem qualidade de vida, reduzindo progressivamente os impactos ambientais dos bens e serviços através de todo o ciclo de vida para um nível, no mínimo, em linha com a capacidade estimada da Terra em suportar"* (WBCSD, 2000). Sucintamente, a ecoeficiência significa ‘produzir mais com menos’.

Os sete elementos básicos nas práticas das companhias que operam de forma ecoeficiente, de acordo com o WBCSD, são:

- Redução da quantidade de material utilizado nos bens e serviços;
- Redução da quantidade de energia utilizada nos bens e serviços;
- Redução da dispersão de qualquer tipo de material tóxico;
- Apoio à reciclagem;
- Maximização do uso sustentável dos recursos naturais;
- Extensão da durabilidade dos produtos;
- Aumento do nível de bens e serviços.

A diminuição dos impactos ambientais, através da redução da entrada de materiais (recursos naturais, água, ar e energia) por unidade de produção, transforma-se em um

aumento da produtividade. O uso mais produtivo dos recursos faz as companhias mais competitivas, criando, na prática, uma ligação entre a liderança ambiental e viabilidade econômica.

Adotando os princípios da ecoeficiência as companhias podem melhorar seu rendimento ambiental e até economizar dinheiro, através da redução do uso de vários insumos no seu processo produtivo. Para tanto, as companhias precisam integrar a excelência ambiental em sua filosofia corporativa; definir metas de melhoria e ao mesmo tempo introduzir sistemas para auditá-las e medi-las; assumindo responsabilidade por seus produtos no seu ciclo de vida completo; sendo inovadora no desenvolvimento de novos processos e produtos, colocando ênfase em ações preventivas, ao invés de corretivas.

Nesse âmbito, a ISO 14000 fornece subsídios para que as empresas busquem a excelência ambiental, propondo a implantação de um sistema de gestão ambiental (SGA), passível de ser medido e auditado, buscando sempre ações preventivas e visando a melhoria contínua.

3.3 Recurso Hídrico, a matéria-prima dos SiTAs

A crescente preocupação com a disponibilidade mundial de água requer, de todos, uma nova consciência em relação à utilização e preservação desse recurso.

A água encontrada na natureza é essencial para a vida do planeta, uma vez que, sem ela, é impossível a vida. No entanto, muitas questões importantes envolvendo esse recurso continuam desconhecidas da grande maioria das pessoas.

O Brasil possui 11,6% do recurso hídrico mundial, sendo que 68,5% da água doce se concentram na região amazônica, que abastece apenas 6,98% da população brasileira. Os

31,5% restantes estão divididos pelo país e abastecem 93,02% da população brasileira (DAEE, 1992).

De acordo com a ANEEL (1999), a oferta de água no Brasil em 1999 era 83.217 L/hab.dia e o consumo *per capita* 674 L/hab.dia.

De acordo com o SINIS (2005), o consumo d'água *per capita* no Estado de São Paulo é 165 L/hab.dia. O Rio de Janeiro ocupa a primeira colocação em termos de consumo, com 232 L/hab.dia e Pernambuco o último entre os 25 Estados brasileiros, com 85 L/hab.dia.

Segundo o relatório divulgado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2001, em breve, a humanidade enfrentará sérios problemas relacionados à escassez e qualidade da água. Segundo o documento, até 2025, três bilhões de habitantes poderão viver em países afetados pelo estresse hídrico com oferta *per capita* inferior a mil metros cúbicos por ano, quantidade mínima para atender as necessidades de uma pessoa.

Os recursos hídricos estão sendo comprometidos pelo lançamento de esgoto doméstico e industrial, atividades agrícolas, e por desequilíbrios ambientais resultantes do desmatamento e uso indevido do solo. A cada dia cresce a disputa entre os setores da agricultura, indústria e abastecimento humano que, tradicionalmente, competem pelo uso da água, gerando sérios conflitos entre usuários (Figueiredo, 1997).

A gestão de informações sobre recursos hídricos, instrumento da educação ambiental, pode conduzir à veiculação de políticas públicas nas comunidades, podendo torná-las responsáveis pelas problemáticas e motivá-las à buscar soluções que culminem na melhoria da qualidade de vida através do desenvolvimento de atividades sócio - educativas em escolas, creches e unidades de saúde, que normalmente acolhem a clientela infantil em torno de 70 a 100% do seu tempo diário e suscetível as doenças de primeira infância.

A água pode ser considerada uma substância contraditória. Ao mesmo tempo em que é uma necessidade biológica para todos os seres vivos, é também um veículo condutor de resíduos, que podem causar uma série de doenças graves a ponto de gerar riscos de vida.

Em si, a água não gera organismos patogênicos, mas os recebe e os dissemina quando contaminada e não tratada. Segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS), as doenças de veiculação hídrica retiram cerca de 10% do tempo médio produtivo de uma pessoa em idade adulta. Além disso, limitam o desenvolvimento físico e intelectual de grande parte das crianças que sobrevivem às *doenças da primeira infância*.

O descaso com a preservação dos recursos naturais acaba contribuindo para que determinados setores da sociedade estabeleçam a cultura do desperdício. As ações tomadas com o intuito de atenuar ou evitar efeitos negativos ao meio ambiente, causada pela ação do homem, necessitam de visão ampla que proporcione a compreensão dos problemas em sua totalidade.

É desejável que a fonte de água a ser utilizada no abastecimento público se apresente com qualidade e volume requerido. Em seu estado natural, a água apresenta certas características físicas, químicas e biológicas. A escolha do manancial precisa obedecer a critérios relativos ao uso a que se destina, porém é importante que sejam tomadas medidas de modo a evitar que o mesmo sofra alterações, o que poderia, em último caso, restringir seu uso.

O conhecimento profundo das características da água é imprescindível, para que em fase de projeto ou mesmo em operação, o desempenho de uma estação de tratamento de água não seja prejudicado. Existem muitas instalações, no Brasil, que apresentam elevado custo de operação, porém baixa eficiência, pela falta de correspondência entre a qualidade da água bruta e a tecnologia de tratamento empregada.

A água possui inúmeras características, dentre as quais, podem ser divididas em três principais:

1. Características Biológicas:

As características biológicas são determinadas por meio de exames bacteriológicos e hidrobiológicos, que visam identificar e quantificar as espécies de organismos presentes na água, destacando-se: algas, protozoários, rotíferos, crustáceos, vermes, larvas e insetos.

2. Características Químicas:

As características químicas são de grande importância do ponto de vista sanitário, pois a presença de alguns elementos ou compostos químicos pode inviabilizar o uso de certas tecnologias de tratamento e exigir tratamentos específicos.

As principais características químicas da água pertinentes ao tratamento são: o pH, que se trata de um parâmetro importantíssimo, principalmente nas etapas de coagulação, filtração, desinfecção e controle de corrosão; alcalinidade e acidez; dureza; cloretos e sulfatos; ferro e manganês; nitratos e nitritos; oxigênio dissolvido; compostos orgânicos.

3. Características Físicas:

Estas características podem ser determinantes na escolha da tecnologia de tratamento ou condicionantes dos processos e operação nas estações existentes. Normalmente as características físicas são fáceis de determinar, sendo as principais: cor, turbidez, tamanho e distribuição de tamanho de partículas, sabor e odor, temperatura e condutividade elétrica.

O conhecimento de parâmetros físico-químicos, tais como turbidez, cor e pH, devem ser utilizados pelo gerente de ETA para determinar o tipo de coagulante, o pH ótimo de

coagulação e a dosagem ótima de coagulante, assim como a viabilidade do emprego de auxiliares de coagulação através de ensaios, utilizando reatores estáticos (“jartest”).

O que se busca são alternativas para a segurança do tratamento, pois as substâncias ou elementos tóxicos podem ser decorrentes do tipo de solo da bacia hidrográfica, do uso de agrotóxicos na agricultura ou da excreção de subprodutos pelas algas e outros organismos.

Assim, a caracterização dos recursos hídricos é primordial para se reduzir a dosagem de coagulante utilizado, buscar a otimização do processo de coagulação e, conseqüentemente, minimizar o volume de lodo produzido. Em algumas ETAs de ciclo completo, em que a água bruta apresenta valores baixos de turbidez em determinadas épocas do ano, é possível encaminhar a água coagulada diretamente aos filtros, reduzindo-se o volume de lodo produzido e conseqüentemente o impacto ambiental que esses provocam.

3.3.1 Classificação das águas

A Lei Federal N.º 6938 de 31 de agosto de 1981, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esta Lei foi formulada pelo Decreto N.º 99.274/1990. A política teria por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental.

O CONAMA, através da Resolução N.º 357 de 17 de março de 2005 (antiga Resolução N.º 20 de 1986), classificou as águas no Brasil e estabeleceu limites dos parâmetros de qualidade e dividiu-as em classes, de modo a assegurar seus usos preponderantes, não podendo os efluentes conferir ao corpo receptor características em

desacordo com o seu enquadramento nesta resolução. Sendo assim, para cada uma das classes pode-se indicar quais são as possíveis alternativas de tratamento que poderão ser empregadas a fim de torná-la potável.

O Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003, do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, alerta para a qualidade da água dessa bacia. Segundo o plano, constatou-se em diversos trechos dos cursos de água avançados estágios de degradação. Estudos de simulações indicaram, em vários trechos, parâmetros referentes à classes de uso 3; 4 e pior que 4, embora enquadrados como classe 2 pelo Decreto Estadual n.º 10.755/77. (Plano de Bacia Hidrográfica 2000 – 2003 / UGRHI – PCJ)

3.4 Tecnologias de tratamento de água

Como visto anteriormente, a escolha da tecnologia de tratamento apropriada está diretamente relacionada com a qualidade e características da água a ser tratada. Porém, o meio ambiente e a comunidade também precisam ser considerados na adoção de uma das alternativas tecnológicas de tratamento de água, para que esta seja sustentável, como pode ser observado na Figura 3.4.

Figura 3.4- Esquema ilustrativo da interação entre Meio Ambiente, Tecnologias de Tratamento e Comunidade.

No Brasil, existem estações de tratamento de água cujas tecnologias são incompatíveis com a qualidade da água a ser tratada. Em vista disto, mesmo que as características usualmente medidas das águas sejam as mesmas, a coagulação, por exemplo, de uma delas, pode ser conseguida com sucesso, enquanto da outra não.

De acordo com Di Bernardo (1993), há diversos casos de estações de ciclo completo, contendo unidades de floculação e decantação para o tratamento de água que apresenta elevado valor de cor verdadeira (superior a 100uH) e baixa turbidez (inferior a 5uT). Nesse caso, a unidade de floculação, em geral, resulta ineficaz e pode ocorrer formação de flocos nas unidades de sedimentação (decantadores), com arrastamento dos mesmos para os filtros. Como resultado, as carreiras de filtração se tornam mais curtas, e a qualidade da água produzida pode não atender ao padrão de qualidade em vigência no Brasil.

Assim, águas com cor elevada e turbidez baixa podem ser tratadas por meio de dupla filtração ou pela coagulação, floculação, flotação e filtração. No entanto, apesar da

coagulação estar otimizada, pode ser difícil produzir água tratada com cor aparente menor que 5uH e haver necessidade de pré-oxidação.

O tratamento mais comum, no Brasil, é o ciclo completo ou convencional. Mas existem também vários processos tecnológicos empregados no país, tais como: filtração direta ascendente, filtração direta descendente e filtração lenta (sem coagulação química, pouco difundida no país). Na Figura 3.5 é mostrada a classificação das diversas tecnologias empregadas no tratamento da água para abastecimento.

Todas as tecnologias apresentadas na Figura 3.5 são geradoras de resíduos (lodo, água de lavagem dos filtros e dos tanques de produtos químicos), esse material gerado é freqüentemente descartado do sistema de tratamento diretamente nos corpos d' água. Os últimos processos de todas as tecnologias apresentadas são: desinfecção, fluoretação e correção de pH, ressaltando que algumas podem prescindir de pré-tratamento.

Figura 3.5- Tecnologias de tratamento de água para consumo humano com os respectivos pontos de geração de resíduos.

Legenda: ALAF: água de lavagem de filtros; DF: descarga de fundo.

Além das tecnologias citadas na Figura 3.5, existem técnicas avançadas para remoção de contaminantes específicos como: desmineralização de água com elevado teor de sais dissolvidos, através de eletrólise ou osmose reversa; remoção de contaminantes específicas por adsorção, troca iônica, ultrafiltração etc.

Os projetos de ETAs devem normalmente se basear em dados de estudo de laboratório, obtidos com a utilização de instalações constituídas de reatores estáticos, tipo “jartest” ou, preferencialmente, instalações piloto de escoamento contínuo. Mesmo que a qualidade da água bruta seja conhecida, o projetista pode incorrer em erros graves quando seleciona a tecnologia de tratamento ou quando adota parâmetros de projeto sem estudo prévio.

No tratamento em ciclo completo, denominado convencional, por ser a tecnologia predominante na maioria das ETAs, a água bruta é coagulada com um sal de alumínio ou ferro no mecanismo da varredura, no qual ocorre formação predominante de precipitados do metal base, onde são retidas as impurezas. Esse processo ocorre na unidade de mistura rápida, que pode ser hidráulica ou mecanizada, dependendo da vazão a ser tratada, da variação da qualidade da água bruta e, principalmente das condições disponíveis para operação e manutenção.

A seguir, a água coagulada é encaminhada para os floculadores, que são unidades de mistura lenta, que também podem ser hidráulicas ou mecanizadas, onde ocorre a formação dos flocos, devido a agitação lenta durante um período de tempo até que os flocos tenham tamanho suficiente e massa específica para serem removidos por sedimentação ou flotação.

Dependendo da qualidade da água bruta, pode haver necessidade de variação da intensidade de agitação nos floculadores, para o que se recomenda a adoção de unidades mecanizadas.

Os decantadores podem ser convencionais, compostos por grandes tanques de escoamento horizontal ou vertical ou de alta taxa, onde são empregados módulos de plástico ou placas planas paralelas.

Em seguida, a água clarificada nos decantadores ou flotadores é encaminhada para os filtros, que contêm materiais granulares com granulometria apropriada, geralmente areia ou antracito e areia. Dependendo da vazão da água a ser tratada e do número de unidades filtrantes, pode-se optar pela filtração com taxa declinante variável e evitar o uso de equipamentos de controle de nível ou taxa.

Por fim, realiza-se a desinfecção final e correção do pH.

3.5 Importância do Gerenciamento Ambiental em SiTAs

Com a crescente atribuição dos municípios frente às ações relativas ao meio ambiente, sedimenta-se na esfera governamental, algo que a prática de técnicos, estudiosos e ambientalistas (de maneira mais genérica), há vários anos, não conseguem separar: todas as questões que envolvem a qualidade de vida dos cidadãos são, em última análise, questões ambientais. É assim que os governantes passam a perceber a estreita relação entre estas questões.

Neste sentido, o saneamento, entendido até então como serviço de saneamento básico, ganha uma perspectiva mais ampla: a do saneamento ambiental. Amplia-se o conceito de saneamento para, além de serviços de água, esgoto, água pluvial e resíduos, abranger ações relativas à proteção do meio ambiente e à promoção da qualidade ambiental.

No entanto, não basta a simples compreensão dessa questão por parte do poder público. Faz-se necessário também que se criem estruturas legais e administrativas ágeis, capazes de enfrentar os complexos problemas ambientais postos na atualidade e atender a esta nova demanda ambiental.

A sobrevivência e a sustentabilidade das empresas públicas dependerá, num futuro bem próximo, sem sombra de dúvida, da capacidade de atualizar seus modelos de gestão, tendo em vista a adequação destes modelos ao cenário da sustentabilidade.

Este cenário envolve a aplicação de critérios ambientais e sociais ao modelo de gerenciamento das empresas públicas, implicando uma melhoria contínua na qualidade de vida dos indivíduos enquanto empresa e comunidade, e do meio ambiente.

O Gerenciamento Ambiental aplicado ao saneamento é discutido desde a década de 70 (Figura 3.6) e mostra que a implementação desse sistema é mais complexa do que se imagina, pois requer participação de todos os membros do serviço.

Figura 3.6- Evolução das tendências da gestão ambiental no âmbito legal e empresarial.

Ressalta-se que, o tema ambiental possui diversas fases de compreensão:

- Desconhecimento
- Percepção
- Omissão
- Contestação
- Contemporização

- Aceitação passiva
- Aceitação consciente
- Atuação com responsabilidade
- Conscientização global

No panorama atual há uma tendência mundial de sustentabilidade, ou seja, a busca por planejamento e gestão que visem o desenvolvimento sem causar impactos ambientais negativos, assim como o desenvolvimento racional, preservando os recursos naturais para garantir sua utilização pelas gerações futuras.

O gerenciamento de um sistema de tratamento de água requer a análise de todas as especificidades inerentes ao processo, desde a captação até o armazenamento da água tratada. Neste contexto, engloba-se a proteção dos mananciais, a quantidade e qualidade dos produtos químicos, a geração e disposição final dos resíduos, perdas d'água e de energia e segurança.

Todas as especificidades citadas anteriormente estão interligadas, sendo que a falta de controle e o descaso a uma delas, acaba influenciando as demais. Os impactos ambientais podem ser cumulativos e muitas vezes irreversíveis. Portanto, a conscientização da necessidade de uma gestão ambiental, a fim de minimizar e mitigar estes impactos, torna-se uma necessidade ímpar. Na Figura 3.7, pode-se observar a visão que os “novos” gerentes precisam adquirir diante dessa nova perspectiva de ecoeficiência e sustentabilidade.

Figura 3.7 - Visão necessária para o gerenciamento ambiental em sistemas de tratamento de água para o abastecimento público.

Fonte: Cordeiro (2001).

De acordo com Parsekian (1998), a visão gerencial dentro de uma estação de tratamento de água (ETA) caminha ainda muito lentamente, porque o conceito de gerenciamento ainda é muito estreito sob a ótica do responsável, que pensa que administrar um serviço é organizar suas operações e processos de forma a produzir água com padrão de qualidade que atenda à legislação, o que também é importante.

Porém, não é só isso que deve acontecer. A água que chega ao consumidor deve ter, além de qualidade do produto, a qualidade dos serviços prestados e menor custo possível, o

que pode ser facilitado quando um programa de gerenciamento é implantado na empresa tendo a adesão de todos os níveis do serviço.

O gerenciamento de um sistema de tratamento de água pode ser mais complexo do que se imagina. Esse envolve uma série de especificidades que, dentro dos SiTAs, algumas vezes, acabam sendo tratadas com descaso, protelação e burocracia. A conscientização e o adequado treinamento dos funcionários é outro fator de vital importância nesse processo, pois, muitas vezes, é através de erros operacionais que se pode gerar os piores resíduos e provocar os maiores acidentes.

Fuks (1987) destaca a importância do gerente como fator de sucesso nas empresas de saneamento básico, citando a importância da atuação gerencial para melhorar sua eficiência.

A implantação de uma política bem definida é requisito primordial para que as empresas obtenham sucesso em sua atividade e possam planejar os programas e ações que deverão ser implantados para obtenção de melhores resultados.

Com o planejamento do projeto, tem-se o levantamento do custo e da duração do plano, determinando o nível de recursos que será necessário. Um bom planejamento auxilia na alocação e monitoramento do trabalho, bem como avalia o impacto de qualquer mudança que ocorra sobre o mesmo.

Os SiTAs se preocupam em levantar o máximo possível de informações sobre a água, principalmente sobre a água tratada, porém olham para os dados como um indicador momentâneo da qualidade de seu produto, quando poderiam utilizá-los como indicadores para tomada de decisão gerencial.

O funcionamento adequado do serviço, o monitoramento dos dados ao longo dos anos, permite levantar fatos para os quais a empresa deve estar atenta. Estas informações podem dar sustentação para o programa de gerenciamento da empresa visando à obtenção de melhorias,

pois, com o sistema bem delimitado, é possível vislumbrar soluções para atingir a meta estabelecida e, a partir dessas, implantar ações direcionadas e objetivas (Parsekian, 1998).

O levantamento de dados da qualidade do manancial e do processo é fundamental, porém, para que essas informações auxiliem em um tratamento mais adequado, no sentido de diminuir seus custos e manter a mesma qualidade da água tratada, é necessário que os mesmos sejam também analisados e que o gerente, após identificar os pontos frágeis do processo, promova ações que permitam melhorá-lo.

Maior interação entre instituições de pesquisa e concessionárias de serviços de água e esgoto deveria existir, pois a pesquisa é realizada, justamente, para trazer melhorias para os sistemas e auxiliar a gerência do tratamento de água.

A oferta de serviços públicos de abastecimento de água consta das políticas públicas mais relevantes, para a melhoria da qualidade ambiental e de vida da população urbana de um município, podendo ser considerada importante referência do esforço público em direção ao desenvolvimento sustentável. Logo, a ausência ou a má qualidade desses serviços aponta para um eminente risco sócio-ambiental. Além disso, crescem os custos para o tratamento de água, os riscos de oferecimento de água de má qualidade e os riscos de falta de água nos períodos de estiagem.

Portanto, é urgente valorizar a implantação de sistemas de gerenciamento no setor de tratamento de água para o abastecimento público, a fim de proteger o meio ambiente, propor um uso racional dos recursos hídricos, tecnologias de controle e gerenciamento dos processos de tratamento da água, assim como a minimização de resíduos gerados e perdas de água e energia e, também, garantir a segurança dentro das ETAs, com o treinamento dos funcionários. Este sistema garantirá a preservação dos recursos naturais para as gerações

futuras dentre os parâmetros de qualidade e quantidade, e o abastecimento com menor custo e maior qualidade sem prejudicar o meio ambiente.

3.5.1 Benefícios para a empresa

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é a sistematização do gerenciamento das atividades de uma empresa voltada basicamente à melhoria contínua, à prevenção da poluição e ao atendimento da legislação ambiental, visando à proteção do meio ambiente. Estes compromissos são evidenciados na sua Política Ambiental. Com isso, o meio ambiente ganha em função da preservação e da definição de ações de prevenção da poluição, e a empresa ganha ao identificar, avaliar e gerenciar suas atividades, pois evidencia as oportunidades de melhorias. É um sistema dinâmico e integrado.

De acordo com Vitorino (1997) as empresas têm compromissos para com o meio ambiente por três motivos principais:

- precisam atuar num quadro legal banalizado pela legislação ambiental;
- motivação concorrencial com relação aos clientes e consumidores que estão cada vez mais predispostos a comprar e usar serviços que respeitem meio ambiente, desde a sua preparação (a partir de matérias-primas) até a sua fase de pós consumo, estendendo-se no âmbito do alcance dos produtos e serviços da entidade;
- razão ética e de solidariedade, relacionada com a parte de responsabilidade das empresas e organismos para minimizar o impacto ambiental de suas atividades.

Mesquita (2001) conclui que, através do SGA, a empresa se prepara para atender às emergências ambientais, define seus programas de calibração de equipamentos e

instrumentos, realiza avaliação periódica do SGA através de auditorias internas e externas, e sistematiza uma análise crítica do andamento do sistema. Caso alguma inconformidade aconteça, o sistema registra o fato e busca a solução, para que esta situação não se repita. A empresa torna-se pró-ativa em suas ações, define seus limites e desafios. Assim, pode estabelecer seus indicadores de desempenho e melhorar sua gestão empresarial e seu desempenho ambiental, tornando-se competitiva. Todos os colaboradores, funcionários ou contratados, serão envolvidos pelo SGA. O atendimento do sistema é responsabilidade de todos.

Com a implantação de um sistema de gestão, a empresa no campo do saneamento, tem inúmeras oportunidades de melhorias, dentre as quais, pode-se citar:

- Redução de custos de operação com a otimização do uso de produtos químicos;
- Otimização do consumo de recursos naturais como água e energia;
- Redução da geração e destinação adequada dos resíduos sólidos, através da implantação da segregação e coleta seletiva e o reaproveitamento de materiais;
- Redução de custos indiretos incorporados ao destino adequado de resíduos sólidos;
- Geração de empregos indiretos vinculados à coleta seletiva e ao reaproveitamento de resíduos sólidos;
- Melhoria no gerenciamento da empresa incluindo a definição de funções, responsabilidades, estrutura organizacional, objetivos e metas e seus programas ambientais de implementação, o controle de documentação, a avaliação das necessidades de treinamento para conferir competência aos seus colaboradores no desempenho das atividades, e a avaliação da satisfação dos clientes internos e externos;

- Atendimento à legislação ambiental, que vai além do cumprimento das licenças de operação;
- Definição de procedimentos estabelecendo os limites operacionais, padronizando as atividades e definindo critérios operacionais;
- Seleção e contratação de fornecedores e prestadores de serviço ambientalmente adequados e comprometidos;
- Introdução de práticas de educação ambiental estimulando a conscientização ambiental dos colaboradores internos e da sociedade;
- Redução, eliminação ou minimização dos impactos ambientais significativos;
- Diminuição do risco de passivo ambiental e de sanções do Poder Público;
- Aumento da confiança dos clientes;
- Eliminação de pendências legais e ambientais;
- Melhoraria da imagem perante clientes internos e externos;
- Conquista de uma situação privilegiada de confiança perante o órgão ambiental;
- Consolidação da credibilidade e reconhecimento nacional e internacional;
- Garantia de que mesmo quando não atender requisitos legais, possuirá objetivos, metas e programas avaliados para seu atendimento;
- Prevenção e controle dos efeitos ambientais adversos;
- Atenuação das situações de emergência, realizando simulados periódicos;
- Educação e motivação dos colaboradores;
- Melhoria contínua do desempenho ambiental;
- Relacionamento transparente com a comunidade e partes interessadas;
- Gerenciamento sistêmico/preventivo das situações de risco potencial, e respeito ao meio ambiente.

Dentro deste contexto, para que uma empresa pública de saneamento se torne competitiva nesta nova realidade de mercado é preciso implementar práticas gerenciais modernas, que visem a redução de seus custos e a melhoria contínua de suas atividades. A Companhia de Água e Esgotos de Brasília/DF, por exemplo, vem implantando um sistema de gestão ambiental na ETE Brasília Sul como parte integrante de uma estratégia que visa sua melhoria operacional contínua, redução de insumos, melhor comunicação com a comunidade, redução de custos sob a égide do respeito ao meio ambiente e o comprometimento com os dispositivos legais. Este trabalho mostra as dificuldades e as estratégias para implantação de um sistema de gestão ambiental, sob as diretrizes das normas ISO 14.000, em uma estação de tratamento de esgotos, como forma de incentivar outras unidades que desejem trilhar os mesmos caminhos.

Assim, o extenso processo de planejamento produz uma sólida documentação e economia de tempo e custo no desempenho de tarefas futuras. Para a empresa pública, o gerenciamento ambiental é fundamental para garantir não só a qualidade do produto como também a minimização de geração de resíduos, e resgata a filosofia da prevenção, “administração por resultados”, ao invés da correção, “administração apaga incêndio”.

3.6 Sistema de Gestão Ambiental e a ISO 14.001

A *International Organization for Standardization* (ISO) é uma federação mundial integrada por organismos nacionais de normalização em cada país. A missão da ISO é de promover o desenvolvimento da normalização no mundo, com o objetivo de facilitar a troca internacional de mercadorias e serviços, e de desenvolver a cooperação nas esferas das atividades econômicas tecnológicas e científicas.

A certificação ambiental no âmbito da ISO iniciou-se com o desenvolvimento das normas da Série 14.000 e com a publicação, em outubro de 1996, de suas cinco primeiras normas: ISO 14.001, ISO 14.004, ISO 14.010, ISO 14.011 e ISO 14.012, das quais apenas a ISO 14.001 concede certificação, já que é a única que apresenta requisitos que devem ser cumpridos pela organização e que podem ser auditados por um Organismo de Certificação. As demais normas fornecem diretrizes para a implantação de um sistema de gestão ambiental (seus princípios, sistemas e técnicas de apoio) e auditoria ambiental (princípios e procedimentos).

Na sua concepção, a ISO 14.001/96 tem como objetivo central implantar um Sistema de Gestão Ambiental que auxilie as empresas a cumprir suas responsabilidades com respeito ao meio ambiente. Como objetivos decorrentes: criar sistemas de certificação, tanto das empresas como de seus produtos, e identificar as empresas que atendem à legislação ambiental e cumprem os princípios do desenvolvimento sustentável.

Convém observar que a norma ISO 14.001 não estabelece requisitos absolutos para o desempenho ambiental além do comprometimento, expresso na Política Ambiental da organização, em atender a legislação, aos regulamentos aplicáveis e à melhoria contínua de seu SGA. Assim, duas organizações que desenvolvam atividades similares, mas que apresentem diferentes níveis de desempenho ambiental, podem atender aos seus requisitos e obter o mesmo certificado de conformidade emitido por Organismo de Certificação Credenciado (ABNT, 1996).

Os objetivos e metas ambientais da ISO 14.001 são as de estabelecer e manter cada nível e função da organização; considerar requisitos legais, aspectos ambientais significativos, opções tecnológicas, financeiras, operacionais, comerciais, partes interessadas, e deve ser compatível com a política, incluindo o comprometimento com a prevenção da poluição.

O Sistema de Gestão Ambiental deve garantir que os objetivos e metas sejam atingidos dentro dos preceitos da ISO 14.001, atribuir responsabilidades, os meios e prazos para que estes sejam atingidos, considerando produtos, atividades ou serviços novos ou modificados.

O princípio conceitual do Sistema de Gestão Ambiental baseia-se no ciclo PDCA (Figura 3.8): Planejamento, Execução, Verificação e Ações Corretivas. Sempre que se completa o ciclo considera-se que alguma melhoria no processo aconteceu. Assim, toda vez que se cumprem todas as etapas do ciclo PDCA, algum novo problema é descoberto e o processo empresarial encontra um novo nível de excelência.

Figura 3.8 - Ciclo do PCDA para aprimoramento contínuo

Este ciclo segue os seguintes estágios:

Planejar: Primeiramente é necessário planejar o que deverá ser feito, estabelecer metas sobre os itens de controle e a maneira para se atingir estas metas;

Fazer: Em seguida executa-se o que foi planejado. É o estágio de implementação do plano, onde é determinado o que fazer, quem irá fazer e quando deverá agir;

Verificar: Durante a execução, avalia-se o que está sendo feito, para apurar os resultados. É o estágio em que as pessoas envolvidas para resolução do problema ou melhoria

do método atuarão para saber se as medidas tomadas para eliminação do problema ainda estão sendo tomadas, comparar dados com a meta planejada;

Agir: Com base na avaliação, definem-se ações preventivas e corretivas para alinhamento. É o momento em que, percebendo que o problema (falha) reapareceu, são tomadas as medidas necessárias para correção definitiva.

Segundo a ISO 14.001, o Sistema de Gestão Ambiental, tem que ter definida a política ambiental da organização, expondo suas intenções e princípios em relação ao seu desempenho ambiental global, que provê uma estrutura para ação e definição de seus objetivos e metas ambientais. Dessa forma, o processo de aprimoramento do SGA, baseado na melhoria contínua, visa atingir melhorias no desempenho ambiental global de acordo com a política ambiental da organização. A Figura 3.9 ilustra a relação dos requisitos do SGA com a política ambiental e mostra as etapas para a implementação do sistema, a fim de assegurar a adequação à norma e eficácia do mesmo.

Figura 3.9 - Requisitos do Sistema de Gestão Ambiental (SGA)

A política ambiental é o elemento motor para implantação e o aprimoramento do SGA, permitindo o que o desempenho ambiental seja mantido e potencialmente aperfeiçoado. Para tanto, a ISO 14.001 recomenda que a política reflita o comprometimento da alta administração

em relação ao atendimento as leis aplicáveis para a melhoria contínua. O SGA é resultado de uma avaliação contínua com a identificação de oportunidades para melhoria, redução da frequência de não-conformidades, redução de emissões e impactos, alcance dos objetivos e metas e aumento da consciência e motivação dos funcionários.

A criação e uso de um ou mais programas são elementos essenciais para implementação bem sucedida de um SGA. É recomendável que o programa descreva de que forma os objetivos e metas serão atingidos, incluindo cronogramas e pessoal responsável pela implementação da política ambiental. Esse programa pode ser subdividido para abordar elementos específicos das operações. É recomendável também que o programa inclua uma análise ambiental para novas atividades. Assim, o processo organizacional para as empresas que queiram obter a certificação da ISO 14.001, necessita:

- Disponibilizar toda a legislação pertinente;
- Estabelecer “objetivos e metas” – documentos;
- Estabelecer programa de gestão (SGA) – definir atribuições e responsabilidades;
- Conscientizar;
- Comunicar;
- Estabelecer procedimentos de emergência;
- Definir ações corretivas e preventivas;
- Fazer treinamento de pessoal ;

Para as empresas que não dispõem de um Sistema de Gestão Ambiental, a ISO 14.000 prevê que as mesmas analisem e disponibilizem os requisitos legais, identifiquem os aspectos ambientais significativos, examinem as práticas e procedimentos de gestão ambiental existentes e avaliem as informações provenientes de incidentes ambientais.

A nova série de normas ISO 24500 pretende desenvolver padrões internacionais para gestão das atividades e serviços relacionados com os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. São normas de utilização voluntária e não se propõem a certificar (ISO/TC 224, 2004).

A discussão sobre esta nova norma, a ISO 24500, iniciou-se no mês de setembro de 2002 na França, onde se realizou a primeira plenária com participação de 47 países e algumas organizações internacionais: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS); Air Force Weather Agency (AFWA); Consumers International, European Union of National Associations of Water Suppliers and Waste Water Services (EUREAU); International Water Association (IWA); European Office of Crafts, Trades and Small and Medium- Sized Enterprises for Standardisation (NORMAPME); World Health Organization (WHO); e World Bank.

Os países da América que participam do comitê técnico - TC 224 são: Argentina, Canadá, Estados Unidos, Colômbia, Cuba, Equador e México.

O objetivo principal do comitê técnico (TC 224) da ISO 24500/TC224 é melhorar o acesso aos serviços de água potável e esgotamento sanitário, reduzindo à metade, até o ano de 2015, a população que atualmente encontra-se sem acesso a água potável e saneamento.

Segundo Rennó (2006) a ISO 24500 é um novo tipo de norma ISO, ou seja, uma norma de serviço e não uma norma técnica de produto ou de método de avaliação. A ISO 24500 é complementar as ISO 9001 e ISO 14001 as quais cobrem, principalmente, aspectos de qualidade do produto e a gestão ambiental dos processos. A ISO 24500 está mais orientada ao cumprimento de desempenho com o envolvimento dos usuários dos serviços. Para tanto busca abordar a gestão da qualidade dos serviços de abastecimento de água e saneamento,

critérios de qualidade do serviço e ferramentas para medir a qualidade da prestação de serviços (indicadores de desempenho).

A série ISO 24500, é composta pelas normas:

- ISO 24510 - Diretrizes para a melhoria e para a avaliação do serviço para os clientes (usuários);
- ISO 24511 - Diretrizes para a gestão dos serviços de coleta e tratamento de esgotos;
- ISO 24512 - Diretrizes para a gestão dos serviços de abastecimento de água potável.

Nesta norma, encontram-se alguns exemplos de critérios de avaliação e de indicadores de desempenho. Para a ISO 24510 aproximadamente 34 indicadores, ISO 24511: 06 indicadores e ISO 24512: 05 indicadores, totalizando 45 indicadores.

Vale ressaltar que, quando se iniciou a discussão da série ISO 24500, o grupo reconheceu que todos os dados estatísticos utilizados para traçar metas pelas agências internacionais, apesar de serem de muita valia, são limitados quando se estabelece prioridades e ações práticas para a solução dos problemas. Assim, buscou enfatizar a necessidade de se desenvolver e aplicar procedimentos para gerenciamento e critérios de avaliação que ajudem a clarear a real situação dos sistemas, o que segundo o grupo, só será conseguido com a participação de todos os atores envolvidos no processo (Rennó, 2006).

3.6.1 Indicadores recomendados pela ISO 24512.

A *International Organization for Standardization* (ISO) está elaborando uma série de normas ISO 24500, que pretende desenvolver padrões internacionais para gestão das

atividades e serviços relacionados com os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

A norma ISO 24512 sugere alguns indicadores para auxiliar a gestão dos serviços de abastecimento de água. Com o intuito de verificar sua aplicabilidade, a seguir são apresentados estes indicadores, os quais foram baseados em materiais disponibilizados na Internet, textos entregues durante eventos científicos e textos de divulgação, encontrados no site da ISO/TC 224.

Indicadores exemplificados na ISO 24512:

- a) Proteção da Saúde Pública: indicador de potabilidade e suficiência, enfocando o abastecimento de água à população;
- b) Cobertura dos serviços: população abastecida;
- c) Sustentabilidade do sistema de abastecimento de água: capacidade de tratamento, de reservação, de transmissão e do sistema de distribuição;
- d) Promoção do desenvolvimento sustentável na comunidade;
- e) Proteção ambiental: perdas de água e gestão do lodo.

3.7 Gestão e Gerenciamento Ambiental aplicados a ETAs

A Estação de Tratamento de água (ETA) deve ser considerada e trabalhada como uma indústria de transformação, produtora de água potável, como pode ser visto na Figura 3.9. Na entrada do processo tem-se matéria-prima (água bruta) retirada da natureza e transformada em produto final (água potável), ocorrendo, neste processo, a geração de resíduos que, na maioria dos casos, retornam ao meio ambiente de maneira inadequada.

Figura 3.10 - Analogia de Estação de Tratamento de Água com indústria de transformação.

Segundo Cordeiro (2001), as empresas de produção e de prestação de serviços têm buscado novos caminhos onde a qualidade tem sido a tônica. Com o advento da série de normas ISO 9.000 e ISO 14.000, esse fato se intensificou e vários aspectos gerenciais têm se modificado, sendo trilhados novos caminhos. Dessa forma, o preparo de recursos humanos é cada dia mais necessário para se enfrentar esse desafio. Aspectos administrativos mais modernos não têm sido empregados com mais efetividade. Alguns pontos fundamentais devem ser levantados em relação ao funcionamento desses sistemas. Perdas de água no sistema produtivo, perda de energia, produção de rejeitos e perdas de produtos químicos são fatores que precisam ser equacionados.

Os rejeitos gerados nas ETAs constituem-se basicamente nas águas de lavagem dos filtros e partículas dispostas nos tanques de sedimentação. Esses materiais possuem características diferentes e devem ser analisados separadamente. No Brasil, a disposição

desses resíduos tem ocorrido, sistematicamente, em corpos d'água sem nenhum cuidado mais específico, podendo provocar impactos ambientais.

Conforme Barroso e Cordeiro (2002), a visão pontual dos problemas de saneamento advindos com o desenvolvimento, torna seu gerenciamento ineficaz. A Figura 3.11 mostra de maneira geral, a interdependência dos diversos problemas.

Figura 3.11 – Abordagem sistêmica da geração e disposição de resíduos
Fonte: Barroso e Cordeiro (2002)

A importância dos aspectos gerenciais se traduz na elaboração de diagnóstico inicial do funcionamento da ETA, quanto à quantificação e caracterização dos rejeitos, bem como em tornar disponível a legislação a todos os envolvidos no processo. Essas questões são fundamentais na busca de qualidade, que envolvem técnicas e recomendações da série de normas ISO 14.001.

Segundo Oliveira (2002), o Modelo de Gestão adotado pela Companhia de Saneamento do Paraná, por exemplo, visa o crescimento e sustentabilidade da empresa. A SANEPAR é uma empresa estatal com participação privada, responsável pelo saneamento

básico de trezentos e quarenta e dois, dos trezentos e noventa e nove municípios paranaenses. De acordo com Oliveira (2002) a companhia desenvolveu um modelo organizacional que impôs mudanças de cultura e flexibilidade para ampliação de fronteira no setor do saneamento brasileiro; e inseriu-se em um contexto de migração de empresas para o conceito de redes organizacionais, segundo a terminologia adotada, formação descendente de rede intra-organizacional. Verifica-se, no caso da empresa, a aplicação e comprovação de vários dos benefícios que atribuem às redes organizacionais: conciliação dos benefícios da escala com flexibilidade, favorecimento à inovação, redução de custos e estímulo à postura empreendedora (Oliveira, 2002).

A SABESP desenvolveu um modelo de atuação para os gerentes onde mostra que o planejamento, organização e controle são ferramentas, e não a função do gerente. A função do gerente é a de manter a estrutura operando, preparando e criando condições para que as pessoas possam usar seu potencial. Parsekian (1998) concluiu que, para se obter um gerenciamento eficiente, é necessário o desenvolvimento das pessoas envolvidas no trabalho, o que se dá continuamente dia após dia, de forma a propiciar melhoras na execução de sua função e em sua vida, criando um ambiente harmonioso, onde a equipe se torne altamente produtiva. Para obter sucesso na organização o gerente deve definir claramente os objetivos, a política de trabalho, as diretrizes, conhecer as necessidades humanas, promover estímulos, seminários anuais para implementar e discutir a filosofia e estabelecer programas de desenvolvimento, e também realizar reuniões mensais para avaliar e divulgar as informações a todas as pessoas.

Citando o exemplo de outros países, destaca-se o sistema de abastecimento de água localizado no município Areias de Vilar em Portugal. Seguindo uma tendência mundial da crescente importância que as áreas de meio ambiente e qualidade assumem em todas as

atividades econômicas, é que Portugal na área de abastecimento de água, verificou um aumento dos níveis de exigência por parte dos consumidores. É neste contexto de procurar soluções ambientais corretas e qualitativamente satisfatórias que surge, no âmbito do grupo IPE – Águas de Portugal, a empresa Águas do Cávado S.A., concessionária Multimunicipal responsável por todo o processo de produção de água potável, o qual compreende a captação, tratamento e abastecimento de água a 600 mil habitantes, e recolhimento, tratamento e disposição dos resíduos gerados. A Estação compreende ainda uma sala de comando, onde são efetuados o controle e vigilância, tanto da estação de tratamento como do Sistema adutor e um Laboratório de Controle da qualidade da água. (CATÁLOGOS, 2002).

Atenta aos interesses da comunidade, e à satisfação de seus clientes, Águas do Cavado, S.A. implementou um eficaz Sistema de Qualidade no âmbito da norma NP EN ISO 9001 passando, assim, a ser a primeira empresa portuguesa certificada neste domínio. Além de uma qualidade amplamente reconhecida, o sistema permite, ainda, economias que possibilitam um serviço eficiente com ganhos financeiros e asseguram o respeito pelos padrões de qualidade atualmente exigidos. Esta situação traduz-se em claras vantagens para os consumidores:

- Menores custos;
- Garantia de qualidade da água;
- Regularidade de fornecimento e pressão adequada;
- Melhor proteção ambiental com envolvimento dos consumidores.

3.7.1 Manancial

O gerenciamento de mananciais é fundamental na busca de um desenvolvimento, salvaguardando a qualidade ambiental e o uso racional e otimizado dos recursos hídricos do país. A água é um recurso renovável, porém limitado. A redução paulatina de sua disponibilidade, em função da degradação ocasionada por diversos fatores, requer ações imediatas. A possibilidade de utilização de novos recursos hídricos - cada vez mais distantes dos centros urbanos - é logicamente limitada e sem dúvida estaremos brevemente diante do esgotamento das alternativas disponíveis.

O abastecimento público é prioritário dentre a multiplicidade dos usos da água. Assim, cuidados redobrados devem ser tomados neste tipo de utilização, a fim de serem garantidas a qualidade e quantidade de água para o abastecimento público.

A atividade humana polui a água, tão útil e escassa, e essa poluição pode aparecer de vários modos. Uma das principais causas da poluição dos rios é a falta de tratamento adequado dos esgotos sanitários, descarte de resíduos sólidos, de qualquer espécie, em seus leitos, indiscriminadamente.

O grande paradoxo é que os mesmos rios que funcionam como mananciais para os SiTAs, também servem de local de descarte dos resíduos sólidos gerados por estes sistemas. O lançamento desses resíduos tem sido realizado em cursos d'água próximos às ETAs sem nenhum cuidado em relação ao seu tratamento.

O lodo pode ser classificado como “resíduo sólido” pela NBR-10.004 de março de 2004 (em vigor desde setembro de 1987) e, dessa forma, segundo a legislação, não pode ser lançado nos cursos d'água. Seu lançamento pode provocar um isolamento da camada bentônica dos rios, devido à presença de partículas de pequeno tamanho em sua composição;

além de provocarem um aumento da quantidade de sólidos, assoreamentos indesejáveis, mudanças de cor, turbidez, composição química, etc. (Cordeiro, 1993).

O manancial de abastecimento deve ser protegido com o planejamento de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica da qual faz parte, para manter a qualidade da água bruta, evitando-se, assim, prejuízos ao sistema de tratamento de água. Derisio (2000), cita que, toda e qualquer disposição de resíduos no meio líquido deverá se dar de maneira adequada, sendo observados todos os efeitos que conduzem à minimização da carga poluidora e, considerando os efeitos desta, em relação aos demais usos que a água tem a jusante do lançamento da fonte poluidora.

Cada vez mais se faz necessário aumentar e garantir dentro dos padrões de qualidade a produção de água potável e compatibilizar as estações de tratamento já instaladas com a qualidade dos mananciais que, em contrapartida, vêm sofrendo intensa degradação.

Quando a qualidade do manancial decai, uma das alternativas para que as ETAs mantenham a qualidade da água tratada é o uso de maiores dosagens de produtos químicos. Isso pode causar algumas conseqüências para as ETAs, como, por exemplo, aumento da quantidade de resíduos gerados e, conseqüentemente, maior perda de água para a lavagem dos filtros e decantadores; e aumento do consumo de recursos naturais usados na produção desses produtos químicos.

A manutenção das condições dos mananciais é de fundamental importância no processo de tratamento. Dessa forma, a aplicação de legislação ambiental na proteção de mananciais se torna imperativa.

Não há possibilidade de desenvolvimento harmônico sem a recuperação e manutenção da qualidade da água do abastecimento público, pois a disponibilidade deste recurso é um dos principais fatores limitantes das oportunidades de desenvolvimento. A ocorrência deste

conflito deve-se muitas vezes à ausência de visão holística no gerenciamento dos serviços de saneamento e de infra-estrutura, que integram determinadas regiões ou áreas de mananciais.

Lara; Andreoli e Andreoli (1999) verificaram que as companhias de saneamento do Brasil consideram a conservação de mananciais uma questão muito importante, porém existem poucas ações efetivas neste sentido. Durante a pesquisa também notaram que o diagnóstico ambiental das áreas de mananciais não se apresenta como uma prática comum entre as empresas.

Segundo Leite e Andreoli (2005), que analisaram 38 sistemas de tratamento de água no estado do Paraná, os principais problemas que causam degradação ambiental dos mananciais são: excesso de sedimentos transportados para bacia de captação (25,58%), presença de dejetos animais (20,93%) e contaminação por agrotóxicos (17,82%). A contaminação causada pela presença de esgoto doméstico encontra-se em quarto lugar, representando 13,17% das contribuições. A escassez de água, presença de óleos e graxas, ferro, resíduos de postos de gasolina na água e desmatamento, juntos, correspondem a 3,90% dos problemas na captação.

Nesse âmbito, não apenas a qualidade da água pode ser comprometida, mas também sua disponibilidade, corroborando a idéia de que ações imediatas de conservação de mananciais devem ser tomadas, considerando que a água é um recurso que depende diretamente da forma pela qual os outros componentes ambientais são manejados.

Ainda em relação ao estudo realizado por Leite e Andreoli (2005), é importante destacar que, 100% (cem por cento) dos entrevistados consideram a questão, “conservação dos mananciais”, de extrema importância. Apesar disso, apenas 11, dos 38 sistemas, possuem algum tipo de programa para a conservação de mananciais, incluindo desde projetos de despoluição até planos de ações integradas entre órgãos. Os demais sistemas relataram não

possuir programas específicos, sendo que, destas, apenas uma destacou o início de um Programa de Diagnóstico Ambiental e um Plano de Conservação de Mananciais.

Segundo Vieira e Moraes (2005), nos últimos anos tem-se assistido a uma preocupação crescente, por parte das entidades gestoras portuguesas, em adotar, ainda que informalmente, metodologias de avaliação e gestão de riscos nos respectivos sistemas de abastecimento de água.

A experiência adquirida na elaboração e aplicação de um Plano de Segurança da Água (PSA) na empresa Águas do Cávado S. A. constitui um caso-piloto que, por parecer relevante, merece ser partilhada com outras entidades que dela podem se beneficiar (Vieira et. al, 2004). Assim, reporta-se, seguidamente, o processo de elaboração e aplicação desta nova metodologia ao Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Norte do Grande-Porto.

A aplicação de um PSA no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Norte do Grande-Porto demonstra que é possível e desejável a adoção de novos conceitos de avaliação e gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água, abordagem que está em sintonia com as orientações recomendadas pela OMS. A metodologia adotada contribuiu para um melhor entendimento de todo o sistema de abastecimento como uma cadeia de barreiras múltiplas de proteção à contaminação da água, constituindo-se num elemento de grande valia para suporte à análise de conformidade, prevista no Plano de Controle da Qualidade e do Processo.

O Plano de Segurança da Água para Consumo Humano, tal como preconizado pela terceira edição das GDWQ (*Guidelines for Drinking-water Quality*) da OMS publicado em setembro de 2004, é definido como um documento que identifica e prioriza riscos plausíveis que podem verificar-se num sistema de abastecimento, desde a origem de água bruta até à

torneira do consumidor, estabelece medidas de controle para reduzi-los ou eliminá-los e estabelece processos para verificar a eficiência da gestão dos sistemas de controle e a qualidade da água produzida. O seu principal objetivo é o de garantir a qualidade da água para consumo humano através da utilização de boas práticas no sistema de abastecimento de água, tais como: minimização da contaminação nas origens de água, redução ou remoção da contaminação durante o processo de tratamento e a prevenção de pós contaminação durante o armazenamento e distribuição da água. (WHO, 2006)

Os aspectos essenciais para o controle da qualidade e confiabilidade de um sistema de abastecimento de água, de acordo com os preceitos do PSA, descritos por Vieira e Morais (2005) são:

- Fonte/manancial: gestão da bacia hidrográfica e monitoramento da qualidade da água bruta;
- Reservatório de água bruta e Tratamento: monitoramento operacional e da qualidade da água;
- Reservatório de água tratada: controle de níveis de armazenamento;
- Rede de distribuição: monitoramento operacional e de qualidade da água, e pressão.

Assim, o Plano de Segurança da Água (PSA) representa uma mudança de paradigmas na gestão dos sistemas de abastecimento de água. O PSA busca a melhoria da qualidade dos serviços de saneamento, considerando, pela primeira vez, a satisfação dos consumidores e a sustentabilidade ambiental; prevê a verificação da qualidade da água e a confiança dos consumidores.

3.7.2 Energia Elétrica

No Brasil, atualmente, são enfrentados graves problemas com relação à energia elétrica, devido, principalmente, à falta de investimento no setor e a crescente demanda. Tal situação exige dos SiTAs uma gestão eficiente da energia empregada para a potabilização da água.

O custo de energia inerente ao tratamento da água é um ponto importante para que o gerente possa fazer um balanço dos custos envolvidos no sistema. Levando-se em consideração as condições atuais, principalmente quanto à necessidade do uso racional de energia, esse consumo se torna fator primordial no tratamento da água.

Além disso, devido à poluição e escassez de recursos hídricos, os mananciais estão cada vez mais distantes, o que gera um consumo maior de energia para “bombear” esta água até a ETA.

O consumo de energia elétrica nos sistemas de tratamento de água é alto, visto que cerca de 2% do consumo total de energia elétrica no Brasil, o equivalente a 8,3 bilhões de kWh/ano, são consumidos por prestadores de serviços de saneamento em todo o País (PROCEL, 2005).

O dispêndio de energia ocorre principalmente no conjunto de bombas, como é possível observar nos sistemas operados pela SABESP na região metropolitana de São Paulo. De acordo com Hagiuda et al. ¹ (1996 apud Tsutiya, 2001), desse total, 90% são consumidos em motores, 7,5% em serviços auxiliares e 2,5% em iluminação.

¹ HAGIUDA, C.; SANTOS NETTO, L.F.; COURA, S.P. Gestão de energia elétrica da SABESP na Região Metropolitana de São Paulo. VII Encontro Técnico da Associação dos Engenheiros da SABESP. **Revista Saneas**, n.9, set. 1996.

Segundo Tisutiya (2001), o custo de energia elétrica da SABESP, em 1977, representava cerca de 4% dos gastos desta companhia. Após onze anos, em 1988, este custo passou a representar cerca de 12%, sem que o consumo de energia elétrica tivesse se alterado da ordem de $0,6\text{kWh/m}^3$, ou seja, houve um aumento do custo de energia elétrica e consequentemente do gasto de energia elétrica em $\text{R\$/m}^3$.

Parsekian (1998) realizou estudos em diferentes ETAs e um dos pontos abordados foi o consumo de energia elétrica. Com as informações obtidas, pode-se mostrar que, mesmo sendo o custo de energia, envolvido no tratamento da água, um ponto importante para que o gerente possa fazer um balanço dos custos envolvidos no sistema, nenhuma das estações visitadas conhece com precisão qual é o consumo de energia elétrica utilizada para tratar a água.

A Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.) lançou em 2005 um plano de ação para o Programa de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental (Procel Sanear) para o biênio 2006/2007. O programa está voltado para a capacitação técnica das empresas de saneamento no setor energético, destinando recursos financeiros para a implantação de ações que reduzam o consumo de energia elétrica no setor. A Eletrobrás acredita que o setor desperdice mais de R\$ 1,5 bilhão/ano com energia elétrica, sendo que 20% ou trezentos milhões de reais poderiam ser economizados com medidas que melhorassem a conservação de energia elétrica e água, ampliando o uso racional destes insumos nas concessionárias de saneamento e usuários finais (PROCEL, 2005).

Considerando que, o bombeamento e tratamento de água e esgoto representam mais de 2% do consumo total de energia elétrica no Brasil, a meta da Eletrobrás/Procel é fazer o segmento economizar 20%. Ressalta o coordenador do Procel Sanear que, *“Elevadas perdas de água têm relação direta com as perdas de energia elétrica desses operadores. Essa*

ineficiência custa R\$ 300 milhões/ano e faz com que o pagamento de eletricidade atinja R\$ 1,8 bilhão, atualmente o segundo maior item na planilha de custos operacionais”. (PROCEL, 2005).

3.7.3 Produtos Químicos

O decaimento da qualidade da água bruta pode gerar a necessidade de aplicação de quantidade maiores de produtos químicos e, um conseqüente aumento na geração de resíduos (lodo e águas de lavagem dos filtros) nos SiTAs. Por outro lado, a qualidade dos produtos químicos aplicados no tratamento deve ser a melhor possível. Essa qualidade pode influenciar de forma decisiva na concentração de partículas suspensas e dissolvidas, presentes tanto no lodo dos decantadores quanto na água de lavagem dos filtros.

Freqüentemente, questões relativas a impurezas residuais contidas nos produtos químicos aplicados no tratamento de água são omitidas (Masschelein, 1992).

A aplicação de produtos químicos no tratamento de água contribui sobremaneira para a produção de sólidos e metais em uma ETA (Reali, 1999).

O acompanhamento e a avaliação do consumo de produtos químicos e de energia dentro de uma ETA permitem ao gerente verificar possíveis problemas e também criar programas e ações de controle da qualidade da água bruta, diminuindo custos e melhorando o sistema.

Estudos realizados em estações de tratamento de água nos Estados Unidos indicaram que o tratamento químico poderia ser responsável por 100% das concentrações de cromo, cobre e chumbo encontradas nos resíduos e 78% da concentração de zinco (AWWARF & KIWA, 1990).

No Brasil, análises realizadas por Cordeiro (1993) em cinco amostras de sulfato de alumínio comercial mostraram que a presença de contaminantes metálicos merece mais atenção.

Os valores, relacionados na Tabela 3.1, indicam grande variação quanto à quantidade e tipo de impurezas encontradas em um mesmo produto químico proveniente de diferentes fabricantes.

Tabela 3.1- Presença de metais (impurezas) nos produtos químicos utilizados no tratamento de água.

Metais	Cloreto férico* (mg/kg)	Sulfato de alumínio** (mg/kg)	Sulfato de alumínio ^a (mg/kg)	Sulfato de alumínio ^a (mg/kg)	Cal hidratado (mg/kg)	Soda cáustica (mg/L)	Ácido hidro- fluossilico (mg/L)
As	108-122	214-270	-	-	<5-15.5	<0.5	3.4-18
Ba	<5-74	<5	-	-	24-83	<5	0.8-8.7
Cd	<0.5-59	<0.5-7.5	-	-	<5	<0.5	1.8-2.9
Cr	148-568	16-24	ND	ND	<5-24	<0.5	<0.5-2.9
Cu	32-840	<0.2-5.3	29	19	<2-6.1	<0.2	<0.2-0.5
Pb	<0.5-332	<0.5	40	40	<5-21	<0.5	44-55
Ni	1.5-114	<5	ND	ND	<50	<5	<5
Se	129-150	84-104	-	-	<5-50	<0.5	14.7-13.5
Zn	69-7990	<0.5-2.3	24	29	<5-9.5	<0.5	<0.5-1418

ND – Não detectado

a – amostras 2 e 3. Cordeiro (1993)

* solução 30%; peso específico = 1,347 g/mL

** solução 8%; peso específico = 1,33 g/mL. AWWARF & KIWA (1990)

Fonte: Barroso, 2002 (extraído de AWWARF & KIWA², 1990 e Cordeiro, 1993).

Barroso (2002) observou que a adição de produtos químicos na coagulação promove o aumento de sólidos suspensos totais (SST) e das concentrações dos metais Al, Fe, Zn e Ni e

² AWWARF-AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION RESEARCH FOUNDATION, KIWA-KEURINGSINSTITUUT VOOR WATERLEIDINGARTIKELLEN. **Slib, Schlamm, Sludge**. Denver, USA, 1990.

contribui com aproximadamente 37 % da carga total de sólidos (resíduos) produzidos na ETA/São Carlos.

Espera-se o advento da norma técnica “requisitos para avaliação da conformidade dos produtos químicos usados no tratamento de água para consumo humano” e, “critérios para certificação dos fabricantes”, promovida atualmente pelo Comitê Nacional de Qualidade em Saneamento da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES) em parceria com o grupo de trabalho da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Associação Brasileira de Indústria Química (ABIQUIM) e que tem culminado na formação da Comissão de Estudo de Produtos Químicos para Saneamento Básico, Água e Esgoto - CE 10:105.07.

Ressalta-se que a recuperação dos produtos químicos, como o sulfato de alumínio, comumente utilizado em ETAs como coagulante, pode ser feita por meio de tratamento com ácido sulfúrico. A recuperação do sulfato de alumínio proporciona a redução do volume de lodo, além da utilização de alúmen recuperado, evitando, desta maneira, a disposição inadequada do alumínio no meio ambiente.

Segundo Souza (2004), metais presentes nos insumos empregados no tratamento de água do SiTA A, contribuíram para a ocorrência de metais pesados na água tratada em concentrações acima do Padrão de Potabilidade fixado pelo Ministério da Saúde, através da Portaria N° 518 de 25/03/2004. De acordo com análises realizadas pelo autor, apareceram concentrações de Zn; Ni; Cr e principalmente Pb na água tratada, mesmos não sendo detectadas a presença destes metais na água bruta. Segundo o autor, foram encontradas concentrações máximas de 0,45mg/L de Cr e 1,30mg/L de Pb na água tratada, sendo que Portaria 518/04 recomenda no máximo 0,050 mg/L de Cr e 0,01mg/L de Pb.

Leite e Andreoli (2005) analisaram 37 sistemas de tratamento de água no estado do Paraná e concluíram que o consumo médio de sulfato de alumínio (coagulante) dos sistemas

analisados é 16,10mg/L, o valor máximo é 32mg/L e mínimo 5mg/L. Os mesmos autores reportam que o consumo médio de cal nos sistemas do Paraná é 6,6mg/L, máximo é 14,0mg/L e mínimo 1,0mg/L. O consumo médio de cloro é 1,89mg/L, máximo é 4,0mg/L e mínimo 0,5mg/L. Em relação ao consumo de flúor, o valor médio encontrado foi 1,21mg/L, o máximo 5,0mg/L e mínimo 0,5mg/L.

Os mesmos autores concluíram que, 16% dos sistemas estão abaixo da média de consumo de produtos químicos e apresentam IQAD (índice de qualidade da água distribuída) maiores que 98, indicando que pode ser possível obter uma ótima qualidade de água distribuída sem o gasto excessivo de produtos químicos.

3.7.4 Perdas decorrentes do processo

Nos sistemas de gerenciamento e gestão ambiental, insere-se, além do controle da qualidade d'água, um outro importante controle a ser feito, o da quantidade.

Segundo Monticeli e Martins (1993), os serviços e companhias públicas de água perdem de 30 a 40% de água que é retirada dos rios. O Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) - agência do governo do Estado de São Paulo, com competência para controlar a quantidade de água captada nos rios, possui um cadastro parcial, quase sempre desatualizado, dos usuários, e não consegue executar uma política de controle eficaz. Dentre as perdas de água estão incluídas as perdas devido a vazamentos, falta de medições corretas e descontrole da própria receita pelos departamentos e companhias encarregadas pelos serviços públicos de água e esgoto. Estas perdas são altas, dignas de países subdesenvolvidos. Estima-se que 40% da água captada nos rios, não chegam às residências. Despreparo, tarifas baixas,

falta de vontade política e escassez de recursos são os motivos alegados. Países desenvolvidos, como a Alemanha, possuem perdas de 10%. (Monticeli e Martins, 1993),

Os elevados índices de perdas d'água, nos sistemas de abastecimento de água, além de contribuírem para o aumento da escassez deste recurso natural tão precioso e indispensável à vida, indiretamente acabam contribuindo para o aumento do consumo de energia. Esta energia é desperdiçada na medida em que, nem toda a água captada se transforma em água para o abastecimento público, fazendo com que a energia gasta para captar esta água dos mananciais e encaminhá-la até a ETA e a energia consumida em todo o processo de tratamento, da água que retornou para o rio, ou qualquer outro local que não seja para o abastecimento público, seja perdida. Ressalta-se também a quantidade de produtos químicos que são perdidos, diluídos nestas águas.

3.7.5 Resíduos Gerados - Reúso, Redução e Reciclagem

No processo de produção de água potabilizada, considerado como mais uma etapa da indústria da água, há geração de resíduos devido à presença de impurezas na água bruta e a aplicação de insumos (produtos químicos), entre outros. Muitas vezes esses resíduos apresentam características e propriedades diversas, e o que é pior, geralmente desconhecidas.

Cordeiro (1993) descreve os diversos pontos de geração de resíduos em uma estação de tratamento de água e as características desses resíduos:

- Resíduos de lavagem do tanque de armazenamento e de preparo de produtos químicos produzem pequenos volumes de lodo, apresentando alto teor de metais, e se caracterizam por um resíduo essencialmente químico

- Resíduos de decantadores ou flotadores são os resultantes da remoção dos flocos formados através da coagulação-floculação onde ocorre a remoção das partículas por sedimentação ou flotação.
- Água de lavagem dos filtros geram lodos em grande volumes, apresentando um baixo teor de sólidos e caracterizado também por grande parcela de natureza inorgânica, formada por areia, argilas, siltes e metais e também por parte orgânica constituída de substâncias húmicas e organismos, tais como plâncton, bactérias, vírus, etc.

No Brasil, a implantação de sistemas de tratamento de água está sujeita ao licenciamento ambiental conforme a Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), sendo uma obra de utilidade pública causadora de impactos ambientais negativos, com o lançamento de resíduos provenientes dos decantadores e da água de lavagem de filtros em corpos d'água. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) estabelece que *“o lançamento de resíduos líquidos, sólidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final em corpos d'água, além de outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água, está sujeita à outorga do Poder Público”*. Na fixação do valor a ser cobrado pelo uso dos recursos hídricos sujeitos à outorga, devem ser observados: o lançamento desses resíduos, o volume lançado e seu regime de variação, bem como as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

De acordo com a classificação dos resíduos sólidos, pela NBR 10.004/04, *“resíduos sólidos são resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”*. Consideram-se também resíduos sólidos *“os lodos provenientes de estações de*

tratamento de água, e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos, no corpo d'água, ou exijam, para isso, soluções técnicas economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

O lançamento dos resíduos gerados em ETAs, em corpos d'água, é considerado crime ambiental devido aos efeitos diretos causados ao ambiente aquático do corpo receptor, provocando danos à fauna aquática. Constitui-se crime ambiental, de acordo com a Lei 9.605/98, provocar o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagoas, açudes, baías ou águas jurisdicionais brasileiras pela emissão de efluentes ou carregamento de materiais. Se o crime causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade, e ocorrer lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, em desacordo com as exigências estabelecidas em Leis ou regulamentos, a pena imposta ao infrator é de reclusão, de um a cinco anos.

Com os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e baseado na Lei de Crimes Ambientais, são relevantes as questões do lançamento e disposição final dos resíduos sólidos gerados em ETAs, na gestão ambiental integrada “água e solo”.

No campo normativo destaca-se a Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que tem por objeto o estabelecimento de classes de enquadramento dos corpos d'água e nortear o controle dos efluentes líquidos. Segundo Von Sperling (1999), há 14 legislações estaduais, entre estas, 10 estados apresentam parâmetros cujos limites de lançamento são mais restritivos ou não são cobertos pela Resolução CONAMA nº 20/86, que foi substituída pela Resolução nº 357/2005.

Grandin et al. (1993) citam que o volume de lodo gerado no decantador representa cerca de 0,25 a 0,60% do volume de água tratada. Castro et al. (1998) indicaram uma vazão

média de resíduos gerados na ETA/Rio das Velhas, localizada em Belo Horizonte - MG, em torno de 1% a 3% da vazão tratada. Souza Filho & Di Bernardo (1999) citam que o volume dos resíduos líquidos gerados no tratamento de água convencional representa cerca de 1% a 5% do volume de água tratada.

Alguns trabalhos têm mostrado que a concentração de metais nos rejeitos das ETAs pode ultrapassar limites impostos pelo padrão de emissão. Isso foi observado por Cordeiro (1993), Cordeiro (2001) e por Barroso e Cordeiro (2002). Esse fato preocupa, pois pode influenciar na qualidade da água tratada e comprometer ainda mais as condições de lançamento em corpos d'água.

Assim, os gerentes de sistemas que façam resíduos *in natura* nos corpos d'água, devem iniciar ações que permitam avaliar a forma de geração e destino desses resíduos e definir estratégias para essa solução.

A atenção à questão do lançamento e disposição de resíduos de ETAs teve início nos Estados Unidos, a partir de 1930. Em 1965 houve a promulgação do Water Quality Act – WQA, estabelecendo como meta, a “descarga zero”. Ressalta-se que nesse tempo a grande evolução do tema se deu em função principalmente, da “Formação da Consciência” sobre o problema. Todavia, ainda não se dispunha de técnicas, nem de procedimentos que permitissem soluções definitivas ou restrições bem definidas (Cordeiro, 1993).

Na União Européia, a partir de 1970, se desenvolveram, em períodos diferentes, duas proposições básicas à proteção do meio ambiente. O primeiro conjunto de leis consistiu de normas criadas entre os anos de 1970 e 1980. De maneira geral, definem os requerimentos mínimos de qualidade de água exigidos para que não seja prejudicial ao homem e ao meio ambiente. Assim, as agências de tratamento de água têm o comprometimento de conhecer, controlar e dispor seus resíduos de maneira adequada.

No Brasil, a questão dos resíduos de estações de tratamento de água deve ser analisada sob a ótica da legislação vigente, levando-se em conta aspectos relativos: ao conhecimento mais profundo sobre as características físicas, químicas e biológicas desses materiais; as condições de operação dos sistemas de tratamento, que geram esses resíduos; as condições e periodicidade de limpeza de filtros e decantadores nas estações convencionais; a forma e periodicidade da disposição desses resíduos; as condições de lançamento (solo ou águas superficiais); etc.

O lançamento *in natura* de resíduo de decantadores em águas superficiais não é permitido, segundo a NBR 10.004. Assim, deve-se exigir dos gerentes de sistemas de tratamento de água uma nova postura diante dessa situação.

Ocorre que, na prática, existem muitas dificuldades para a aplicação dos instrumentos jurídicos de proteção ao meio ambiente, que, não raras vezes, surtem pouco efeito devido à falta de fiscalização, à imensa quantidade de sistemas sem controle de insumos, tratamento adequado dos resíduos e com a escassez de recursos financeiros.

O Artigo 24 da Resolução do CONAMA Nº357/2005 dispõe que “os *efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis*”.

Achon et al. (2005) realizaram estudo de caso para ilustrar o impacto do lançamento do lodo da ETA de São Carlos - SP no rio Monjolinho. Na Figura 3.12 pode-se notar visualmente o impacto desse lançamento no rio, no ponto exato de lançamento.

Figura 3.12- Fotografia do Rio Monjolinho no ponto de lançamento do lodo da ETA-São Carlos, no ano de 2005.

Fonte: Achon et al. (2005)

Avaliar e gerenciar as unidades de tratamento de um sistema pode ser útil também para minimizar a água utilizada para a limpeza das unidades. Adotar sistemas mais eficientes e garantir economia na água de lavagem dos decantadores e filtros deve ser considerado no projeto de um sistema de tratamento de água.

Segundo Ferreira Filho & Além Sobrinho (1998), a recuperação da água de lavagem de filtros pode trazer benefícios aos processos de tratamento em uma ETA, como a redução no consumo de coagulante. No Brasil já existem ETAs que realizam, com sucesso, o reaproveitamento da água utilizada na lavagem de filtros, como é o caso da ETA do Guaraú (vazão média $33\text{m}^3/\text{s}$) e Alto da Boa Vista ($14\text{m}^3/\text{s}$), ambas em São Paulo, operadas pela SABESP. Os benefícios auferidos no reaproveitamento da água de lavagem de filtros destas ETAs, representam cerca de 880 L/s, ou seja, 2% da água tratada, o que permite o abastecimento de aproximadamente 300.000 habitantes.

Segundo Cordeiro (2001), a elaboração de plano estratégico de funcionamento será a tônica do futuro. Os sistemas existentes deverão se adaptar as novas concepções, pois o

Ministério Público, assim como os órgãos ambientais, estão atentos a essas mudanças e deverão ser mais exigentes quanto a esse problema. Já os novos sistemas, deverão ser projetados com concepções muito diferentes das atuais. Nesses casos, novos projetos deverão contemplar: limpezas constantes dos decantadores, assim, os decantadores de fundo chato sem remoção contínua não mais poderão ser projetados; o sistema deverá prever a recuperação de água de lavagem de filtros; os projetos deverão contar com sistemas de remoção de água de lodo, através de sistemas mecânicos ou naturais (centrífugas, filtros-prensa, leitos de secagem, entre outros).

As características de cada resíduo variam de uma estação para outra, pois, dependendo das operações realizadas durante o processo, o resíduo pode ter determinadas características prejudiciais ao meio ambiente e à saúde da população. Os caminhos a seguir, após a formação destes resíduos, são vários, tais como: dispô-lo em lugar apropriado, ou antes, tratá-lo de forma adequada, para reduzir os custos com transporte e disposição e, se possível, fazer a sua reciclagem dentro da própria indústria ou fora dela. Sendo assim, é imprescindível estudar individualmente cada resíduo, a fim de elaborar um projeto seguro, eficiente e otimizado no que diz respeito ao seu gerenciamento.

3.7.6 Recursos Humanos

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2005), reporta que, no ano de 2000, existiam no Brasil 9848 distritos³, sendo que 8656 deles possuíam sistemas de

³ Os **distritos** são territórios em que se subdividem os municípios, e costumam se subdividir em bairros. Os distritos são submetidos ao poder da prefeitura. Normalmente um município só se subdivide em mais de um distrito quando dentro dele existem povoamentos expressivos em termos populacionais, mas que estão afastados da área urbana principal. (Wikipédia, <http://pt.wikipedia.org/wiki/Distrito>, acessado em ago/2008).

abastecimento de água, o que corresponde a 87,9%. Ressalta-se que, dos sistemas de abastecimento de água existentes, a grande maioria é administrada por entidades municipais (40,90%) e estaduais (48,20%), e o restante por entidades federais (0,28%) e particulares (15,90%).

Salienta-se que, nem todos os distritos que possuem sistemas de abastecimento de água têm tratamento, visto que, dados da mesma fonte mostram que existiam apenas 4560 ETAs (IBGE, 2005) compreendendo as mais diversas tecnologias de tratamento. Além disso, há ocorrências de distritos que não souberam informar o número de estações de tratamento.

Constitucionalmente, cabe aos municípios a responsabilidade pelos serviços de interesse local. O atendimento das regiões metropolitanas e outras com serviços integrados, legalmente instituídas, deve caber aos estados, em conjunto com os municípios envolvidos, diante da predominância do interesse comum. À União compete definir diretrizes gerais e deflagrar, em cooperação com os outros níveis de governo, a implementação de programas de melhoria das condições de saneamento e habitação.

Os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil empregavam no ano de 2000, segundo o IBGE (2005), 60.198 pessoas, deste total 82,13% pertencem ao quadro permanente e 17,87% são temporários ou tercerizados.

De acordo com Brocka (1994), o gerenciamento de qualidade pode ser definido como: *"melhorias sistemáticas e contínuas na qualidade do produto, dos serviços e na vida das pessoas, utilizando todos os recursos financeiros e humanos disponíveis"*. A melhoria é direcionada para satisfazer objetivos amplos, tais como: custo, qualidade, visão de mercado, planejamento e crescimento da empresa.

Para garantir a ecoeficiência dos sistemas de tratamento de água, é fundamental desenvolver uma gestão adequada de recursos humanos, já que estes são o elemento motor daqueles sistemas.

O gerente responsável pelo SiTA deve estar preparado para visualizar todo o processo de maneira sistêmica, empregando procedimentos e ações para gerenciar e preparar os colaboradores para que atuem em todos os setores de forma integrada. Por exemplo, o acompanhamento e a avaliação do consumo de produtos químicos e de energia, dentro de uma ETA, permite ao gerente verificar possíveis problemas e também criar programas e ações de controle da qualidade da água bruta, diminuindo custos e melhorando o sistema.

Desta forma, os recursos humanos devem estar capacitados para atuar na proteção dos mananciais, no recebimento e análise de produtos químicos, garantindo a qualidade dos processos e do produto final, água tratada, que no Brasil deve estar em acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Os recursos humanos nos SiTAs devem atuar de forma a garantir a quantidade e regularidade do fornecimento de água tratada. Além disso, torna-se imprescindível a conscientização e capacitação dos colaboradores para economia de energia elétrica e produtos químicos, redução de perdas e operação de equipamentos, na busca da otimização destes sistemas.

Para investimento em treinamento/capacitação dos recursos humanos é essencial a análise do grau de escolaridade dos colaboradores, permitindo assim a realização de treinamentos e cursos condizentes, motivação e melhoria do grau de instrução, incentivo aos colaboradores na participação de palestras e congressos, e reciclagem constante de conhecimento.

A baixa escolaridade pode comprometer o desenvolvimento de atividades e compreensão durante os treinamentos. Verifica-se um baixo nível de escolaridade na maioria dos SiTAs, conforme evidencia a pesquisa desenvolvida por Parsekian (1998) em onze Estações de Tratamento de Água (ETAs) no Brasil, cujos dados estão ilustrados na Figura 3.13. Através da Figura 3.13, pode-se concluir que o nível de escolaridade dos operadores das ETAs estudadas pela autora é relativamente baixo: 31% apresentaram ensino fundamental incompleto e 29% o ensino fundamental completo, ou seja, 60% do pessoal que está trabalhando no tratamento de água nas ETAs analisadas possui, no máximo, ensino fundamental.

Figura 3.13 - Nível de escolaridade dos operadores das ETAs visitadas.

Fonte: Parsekian (1998)

Ainda nessa pesquisa, Parsekian (1998) cita que 60% dos operadores apresentam no máximo o ensino fundamental completo, a maioria dos gestores das Estações de Tratamento de Água, em torno de 80%, possui o nível superior completo e destes 36% são engenheiros civis. No que se refere aos responsáveis pelos laboratórios de análises químicas e biológicas das ETAs, cerca de 50% apresentam nível superior.

Assim, de acordo com a autora o grau de escolaridade dos responsáveis pela ETA e dos responsáveis pelos laboratórios é satisfatório, com exceção encontrada ao cargo de responsável pela ETA na cidade com população inferior a 100 mil habitantes. Assim, a oportunidade de participar do planejamento das atividades envolvidas no tratamento de água, cursos de segurança no trabalho, campanha antidrogas, combate ao alcoolismo, manuseio, armazenamento e preparação de soluções e suspensões, noções gerais do tratamento de água, entre outros, propicia crescimento pessoal e profissional dos funcionários.

Com o objetivo de sanar a demanda por capacitação em saneamento no país, foi implantada a Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (ReCESA). Essa rede tem como objetivo principal desenvolver o setor de saneamento ambiental por meio da capacitação profissional voltada a operação, manutenção e gestão dos sistemas de saneamento (Brasil, 2007).

O Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP) foi criado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior com o objetivo de promover a eficiência dos sistemas de saneamento. O programa instituiu o Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento, que visa melhorar esses sistemas, por meio da implantação de gestão adequada e capacitação gerencial (PNQS, 2006).

O governo federal também criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), com o objetivo de contribuir com a redução do consumo de energia elétrica nos sistemas de saneamento. O programa investe recurso financeiro para promover o uso eficiente de energia elétrica em prestadoras de serviços do setor de saneamento ambiental, por meio da capacitação de executivos de operadoras estaduais e municipais (PROCEL, 2005).

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) constituiu-se de uma parceria entre entidades do setor de saneamento, organizações não governamentais, entidades normativas, fabricantes de materiais e equipamentos, prestadores de serviços, universidades, centros de pesquisa e demais órgãos da esfera federal, com o objetivo de implementar medidas para conservação da água de abastecimento e eficiência energética nos sistemas de saneamento, promovendo uso racional da água desde o manancial até o consumidor final (Machado, 2008).

As ações propostas pelo programa PNCDA estão destinadas ao treinamento de operadores de manutenção de equipamentos, com o objetivo de reduzir perdas nos sistemas e a quantidade de água empregada na lavagem de decantadores e filtros.

Dessa forma, verifica-se no Brasil um avanço na percepção da necessidade de melhoria relacionada à capacitação de recursos humanos, com o objetivo de atenuar os problemas encontrados e otimizar os sistemas de tratamento de água. Porém, os resultados da aplicação desses programas ainda são incipientes.

3.7.7 Qualidade da água tratada

Quanto à qualidade da água tratada, a Portaria 518 de março de 2004, do Ministério da Saúde, estabelece o Padrão de Potabilidade (reformulação da portaria 1469 de 29 de dezembro de 2000, que entrou em vigor no Brasil a partir de Janeiro de 2003). Na Portaria, são estabelecidos os limites máximos permitidos de dezenas de parâmetros que precisam ser respeitados em toda água, para o consumo humano, distribuída no território nacional. Esta dispõe sobre procedimentos, responsabilidades inerentes ao controle e a vigilância da

qualidade da água para o consumo humano, estabelece padrões de potabilidade e outras providências. Toda água destinada ao consumo humano deve obedecer aos padrões estabelecidos pela Portaria 518 e está sujeita a vigilância de qualidade. Ressalta ainda que o sistema de abastecimento de água deve contar com responsável técnico, profissionalmente habilitado.

Dentre outros parâmetros para garantir a qualidade microbiológica da água, deve ser observado o padrão de turbidez. O atendimento ao limite de turbidez, segundo a Portaria, valores inferiores a 1,0 uT no caso de tratamento convencional ou filtração direta e 2,0 uT para filtração lenta, deve ser verificado mensalmente, com base em amostras, no mínimo, diárias e preferivelmente no efluente individual de cada unidade de filtração. Recomenda-se também a realização de testes para sabor e odor em amostras coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição de acordo com o plano mínimo de amostragem estabelecido para cor e turbidez.

Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro de 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos. O pH, no sistema de distribuição, deve ser mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

As metodologias analíticas para a determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas. Apesar disto, poucas estações no Brasil estão preparadas para realizar os ensaios previstos na Legislação.

Assim, sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pela operação do sistema e as autoridades de saúde pública devem estabelecer entendimentos para a elaboração de um plano de ação e tomada das medidas cabíveis, incluindo a eficaz

comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade.

Leite e Andreoli (2005) analisaram cerca de 38 ETAs no estado do Paraná e concluíram que os sistemas de tratamento de água analisados que possuem maior IQAD (índice de qualidade da água distribuída) são os que consomem menos produtos químicos. Ressaltam também que, provavelmente os SiTAs que possuem menores IQAD e consomem maiores quantidades de produtos químicos em mg/L possuem água bruta de menor qualidade, que pode estar associada a outra variante que influencie a eficiência do tratamento. Assim, todos os sistemas que apareceram acima da média de consumo de produtos químicos, tem IQAD menor que 90, indicando que a baixa qualidade da água captada apresenta grande influência na qualidade da água distribuída, não obstante ao maior consumo de produtos químicos. Os autores verificaram também que, os 38 sistemas analisados apresentam qualidade de água ótima, ou seja, IQAD acima de 80 pontos.

Libânio e Lopes (2005), apresentam uma metodologia, centrada nas etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração, que permite às administrações de sistemas de abastecimento avaliar o desempenho das estações de forma a transcender o simples atendimento ao padrão de potabilidade vigente, visto que, o simples cumprimento da Portaria 518/2004 não, necessariamente, assegura a remoção de cistos e oocistos de protozoários como *Giardia* e *Cryptosporidium*. Os autores destacam ainda que, a avaliação do desempenho das estações de tratamento de água deve transcender o simples atendimento ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 518/2004 e, a performance global da estação de tratamento, consiste na conjunção da eficiência dos processos e operações unitárias inerentes à potabilização.

Assim, deve-se ressaltar a necessidade de melhoria dos processos, operações e gestão, visto que os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Portaria 518/05, normalmente, é uma meta atingida pela maioria dos SiTAs, porém, para alcançar a ecoeficiência, é necessário considerar muito além da qualidade da água tratada.

3.7.8 Implantação do gerenciamento ambiental

Analisando todas as especificidades descritas nos itens anteriores, é possível fazer um diagnóstico das ETAs para implantação de um SGA que vise a melhoria contínua, com a aplicação de ações corretivas definitivas. O diagnóstico de uma ETA deve contemplar a qualidade do manancial, qualidade dos produtos químicos, quantificação de água utilizada nas limpezas de filtros e decantadores, caracterização dos despejos, adotando o seguinte processo:

- Definir estratégias de minimização de resíduos;
- Definir um plano de preparação de recursos humanos;
- Estabelecer pontos de mudanças e implantação dos mesmos;
- Acompanhamento e diagnóstico permanente dos planos adotados;
- Disponibilização da legislação a todos os funcionários.

O esquema da Figura 3.14, representa todas as diferentes etapas envolvidas no processo realizado para produção de água potável e enfatiza a necessidade de um conhecimento e controle das mesmas. Para que este controle seja eficaz, é fundamental que se possa estabelecer: qual o provável impacto ambiental a ser causado; quais as leis, decretos e resoluções que, porventura, estejam sendo transgredidos; as ações dos órgãos responsáveis

pela aplicação das leis vigentes, e quais as possíveis ações que possibilitem a solução mais adequada para o problema. Sem esses procedimentos, qualquer atitude tomada pode ser meramente especulativa, e não encontra embasamento legal para a solução do problema.

Figura 3.14 - Esquema do processo envolvido para produção de água potável, enfatizando a necessidade de controle das diferentes etapas do processo.⁴

Em relação à legislação brasileira, a responsabilização civil e penal, assim como as punições administrativas, objetivam inibir ações que possam resultar na poluição. Dessa forma, pressionam a sociedade, a administração pública e o setor produtivo a adotarem o

⁴ OSHAS 18.000 - Occupational Health and Safety Assessment. Série de normas sobre Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho, do ano de 1999.

gerenciamento correto. Considerando o gerenciamento ambiental como parte integrante do gerenciamento global de uma empresa, deve-se observar os seguintes princípios:

- incluir o gerenciamento ambiental dentre as prioridades corporativas;
- estabelecer um permanente diálogo com as partes interessadas, internas e externas à empresa;
- identificar os dispositivos legais e outros requerimentos ambientais aplicáveis às atividades, produtos e serviços da empresa;
- desenvolver o gerenciamento e comprometer-se a empregar práticas de proteção ambiental, com clara definição de responsabilidades;
- estabelecer um processo adequado de acompanhamento e aferição das metas de desenvolvimento ambiental;
- oferecer, de forma contínua, os recursos financeiros e técnicos apropriados ao alcance das metas necessárias ao adequado gerenciamento ambiental e às melhorias dos níveis de desempenho;
- avaliar rotineiramente o desempenho ambiental da empresa em relação às leis, normas e regulamentos aplicáveis, objetivando o melhoramento contínuo;
- implementar programas permanentes de auditoria do SGA, de forma a identificar oportunidades de aperfeiçoamento do próprio SGA e dos níveis de desempenho;
- promover a harmonização do SGA com outros sistemas de gerenciamento da empresa, tais como: qualidade, saúde, segurança, finanças, planejamento, etc.

3.8 Mudança de paradigmas e Recursos Humanos

Todas as mudanças que ocorrem, atingem, na essência, o principal elemento de todas as transformações, o homem, passando a exigir do trabalhador adaptação imediata, maior responsabilidade, autonomia e novos conhecimentos. A experiência de longos anos foi atropelada pelas inovações, e daí a exigência para que os recursos humanos fossem novamente treinados e orientados, aprendendo a fazer, de maneira nova, o que já faziam há muitos anos. (Boog, 1994).

A implantação de novas técnicas e tecnologias vem exigindo melhor formação básica dos recursos humanos, ou seja, necessidade de trabalhadores polivalentes com maior escolaridade, ou mesmo suprir estas deficiências por meio de conscientização, capacitação, motivação, comunicação e participação.

A crescente atribuição aos municípios, frente às ações relativas ao meio ambiente, fez com que os governantes passassem a perceber a estreita relação entre as questões que envolvem a qualidade de vida dos cidadãos e as questões ambientais. Neste sentido, amplia-se o conceito de saneamento para além dos serviços de abastecimento de água e esgoto, abrangendo ações relativas à proteção do meio ambiente e à promoção da qualidade ambiental.

No entanto, não basta a simples compreensão desta questão por parte do poder público, faz-se necessário também que se criem estruturas legais e administrativas, capazes de enfrentar os complexos problemas atuais e atender a esta nova demanda ambiental.

A sobrevivência e a sustentabilidade das empresas públicas dependerão, num futuro bem próximo, sem sombra de dúvida, da capacidade de atualizar seu modelo de gestão, tendo em vista a adequação deste modelo ao cenário de sustentabilidade. Este cenário envolve a aplicação de critérios ambientais e sociais ao modelo de gerenciamento das empresas

públicas, implicando em melhoria contínua na qualidade, de vida dos indivíduos enquanto empresa e comunidade, e do meio ambiente.

No Tabela 3.2, pode-se observar mudança de paradigmas, ou seja, a visão atual e a nova visão que todos as pessoas envolvidas nos sistemas de saneamento precisam adquirir diante dessa nova perspectiva de ecoeficiência e sustentabilidade.

Tabela 3.2 - Posicionamento frente ao paradigma dominante e alternativo

VALORES	PARADIGMA DOMINANTE	PARADIGMA ALTERNATIVO
Essência	Material (crescimento econômico)	Não material/auto-valorização
	Sistema natural valorizado como recurso	Sistema natural valorizado intrinsecamente
	Dominação sobre a natureza	Harmonia com a natureza
Economia	Força de mercado	Interesse
	Riscos e retribuições	Segurança
	Competição	Cooperação
	Individualidade	Suprimento coletivo/social
Gerenciamento	Dependência de procedimentos	Atenção nas etapas com foco em resultados
	Ações isoladas	Ações inter-relacionadas
	Sigilo	Informação compartilhada
	Curto prazo	Longo prazo
Política	Estrutura autoritária	Estrutura participativa
	Hierarquia	Não hierárquico
	Lei e ordem	Libertação
Sociedade	Centralizada	Descentralizada
	Larga escala	Pequena escala
	Associativa	Comunitária
	Ordenada	Flexível
Natureza	Amplas reservas	Recursos limitados
	Hostil/neutra	Benigna
	Controlável	Delicadamente balanceada
Conhecimento	Confiança ilimitada na ciência e tecnologia	Limites e incertezas para ciência e tecnologia
	Separação de valor/pensamento/sentimento	Interação de valor/pensamento/sentimento
	Racionalidade de meios	Racionalidade de fins

Fonte: Dias et. al. (2003)

O gerente ou líder necessita ter visão sistêmica para a obtenção de resultados com sucesso. Sem este raciocínio o mesmo, provavelmente, encontrará dificuldades em atingir seus objetivos, pois a divisão dos problemas parece facilitar tarefas e questões mais complexas, entretanto impede de enxergarmos as conseqüências de nossos atos e perder a noção de integração com o todo.

O PSA (Plano de Segurança da Água), baseado no princípio das barreiras múltiplas, análise de risco dos pontos críticos de controle e na série de Normas ISO 24500, também representa mudança de paradigmas na gestão dos sistemas de abastecimento de água.

Outro aspecto que deve ser ressaltado diz respeito à formação de equipes que estejam preparadas para enfrentar esse novo desafio. Assim, os gerentes devem propiciar aos colaboradores cursos que permitam conhecer com mais detalhes aspectos técnicos relativos ao problema para que, em conjunto, elaborem soluções.

3.8.1 Participação de Recursos Humanos nos Sistemas de Abastecimento de Água

Antes da concepção do Sistema de Abastecimento de Água (SAA), é necessária a conscientização da importância do sistema em si e de todos os intervenientes à que este está ligado. Esta conscientização deve se dar tanto por parte dos profissionais envolvidos, quanto pelos novos profissionais, que podem ser necessários, e pela população, que é sempre direta ou indiretamente envolvida e atingida por qualquer mudança no meio ambiente.

As etapas apresentadas no item 3.6 e mais especificamente o ciclo PDCA: Planejamento, Implantação e Operação, Verificação e Análise Crítica, precisam ser

consideradas nos SAA, baseando-se em uma política ambiental. Assim, A Tabela 3.3 mostra que os recursos humanos estão inseridos em todas estas etapas e deve-se pensar em cada uma delas para implantação de um SGA, buscando a melhoria contínua dos sistemas e do meio ambiente.

Tabela 3.3 - Participação de recursos humanos em cada uma das etapas do SGA.

ETAPAS	RECURSO HUMANO NECESSÁRIO
Planejamento	escolha da tecnologia apropriada. Necessita de uma equipe interdisciplinar com a participação popular, prefeitura, profissionais qualificados (engenheiros civis, ambientais, químicos, administradores, etc), Comitê de Bacias, entre outros.
Implantação e Operação	necessita de mão-de-obra qualificada, treinada e capacitada dentro das novas tecnologias existentes e também buscar o reaprendizado, ou seja, ser capaz de abandonar certos conceitos e técnicas antigas e ultrapassadas que não funcionam mais.
Execução e Verificação	estabelecer um plano de metas e selecionar profissionais preparados que fiscalizem as obras, materiais consumidos, técnicas construtivas, equipamentos utilizados, interferências com outros sistemas, entre outros.
Ação Corretiva	toda vez que ocorre um problema, este poderá afetar toda a comunidade, assim deve-se buscar resolvê-lo, para isto é necessário ter uma equipe preparada.
Análise Crítica	nesta etapa também é necessário ter uma equipe interdisciplinar, que se baseie em dados concretos, levantamentos em campo e característicos de cada região e sistema, a fim de que os diversos profissionais envolvidos possam tomar decisões almejando a melhora do SAA e conseqüentemente da qualidade de vida da população. Esta análise crítica, vista como uma tomada de decisão, é muito importante. É toda baseada no contingente humano que faz parte do sistema, e é contínua, a fim de alcançar a melhoria , gerando ações pró-ativas e antecipando-se às corretivas.

Fonte: Achon et. al. (2006).

O SAA deve funcionar como um conjunto de elementos visando a consecução de objetivos, é necessário ter sua própria cultura organizacional e, na medida do possível, funcionar de forma ordenada e dinâmica.

- Filosofia administrativa;

- Políticas de atuação;
- Tradição e imagem;
- Processos.

Volschan Jr. e Jordão (2003), relatam uma experiência advinda com a formação de equipes interdisciplinares, na medida em que desenvolveram estudos e projetos de engenharia aplicados ao Saneamento Ambiental de áreas urbanas, valendo-se de um convênio estabelecido entre universidade, estado e prefeitura. Um dos benefícios deste convênio pôde ser percebido na preparação e aproximação da universidade com a realidade profissional, além de permitir que a Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos (SESARH) pudesse cumprir suas atividades de forma ágil, flexível e pragmática de, tecnicamente, assistir aos 25 municípios fluminenses beneficiados. De posse dos estudos e projetos elaborados, puderam então mobilizar-se para a viabilização e obtenção dos recursos financeiros necessários para a realização das respectivas obras de engenharia.

Com o desenvolvimento humano acelerado e o surgimento de novas tecnologias, há uma necessidade urgente em se repensar a maneira que atualmente são tratados os recursos humanos. Em muitas empresas esta nova visão já está sendo assimilada, principalmente, pelos gestores ou líderes. Entretanto, notou-se que pouca importância tem se dado quando se trata de sistemas de saneamento, onde o único e precípuo objetivo dos sistemas é o produto final.

Portanto, deve-se perseguir a avaliação permanente dos sistemas existentes, para seu melhor aperfeiçoamento. A parceria com as Universidades e/ou centros de pesquisa é desejável para a sugestão de novas idéias e implementação de novas maneiras de projetar, executar e manter os sistemas estruturais existentes, na apresentação de planos de gestão dos recursos hídricos.

Uma das ferramentas que podem auxiliar na gestão de recursos humanos são os indicadores, que através do levantamento e organização de dados, permitem que se faça uma análise evolutiva e/ou comparativa dos sistemas, particularmente dos recursos humanos, abrangendo suas deficiências. Para se gerenciar os recursos humanos de qualquer sistema é necessário primeiramente conhecê-los, assim, o levantamento de dados através de questionários e elaboração de indicadores, pode nortear os gestores e verificar a necessidade de recrutamento, contratações, qualificação, capacitação e motivação do atual contingente humano.

3.9 Indicadores para gerenciamento de sistemas de tratamento de água

Os indicadores podem ser ferramentas que auxiliam a organização e mensuração de dados, que precisam ser utilizados com mais propriedade e não simplesmente como indicador momentâneo de qualidade da água bruta, tratada etc.

Para o gerenciamento eficaz e passível de melhoras contínuas, é necessário se ter ferramentas que auxiliem esta tarefa, que é onerosa, mas indiscutivelmente necessária. Assim, os indicadores devem ser instrumentos que permitam mensurar as modificações nas características de um sistema e também avaliar a sustentabilidade de diferentes sistemas.

Para identificação dos padrões sustentáveis é necessário definir descritores, indicadores e parâmetros que mensurem, monitorem e avaliem os sistemas. Neste âmbito, pode-se ter duas formas comparativas de avaliação do sistema: avaliação transversal (compara um ou mais sistemas iguais em locais diferentes) e longitudinal (compara as modificações de um mesmo sistema ao longo do tempo).

A explicação do que são descritores, indicadores e parâmetros encontram-se na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Conceituação de descritor, indicador e parâmetro.

DESCRIPTOR	são as características significativas para a manutenção e o funcionamento do sistema que permitirão alcançar o padrão de sustentabilidade idealizado. É o que os propositores desejam, o que, por eles, é visto como necessário para a sustentação e permanência do sistema.
INDICADOR	é o instrumento que permite mensurar as modificações nas características de um sistema, ou seja, os indicadores deverão estabelecer, para um dado período, uma medida da sustentabilidade do sistema.
PARÂMETRO	são limites idealizados que determinam o nível ou a condição em que o sistema deve ser mantido para que seja sustentável, balizadores fundamentais de um processo de medida de sustentabilidade.

Fonte: Deponti et. al. (2002)

A partir da análise de diferentes SiTAs é possível definir alguns descritores, ou seja, aspectos importantes para o funcionamento do sistemas. Para cada descritor podem ser estabelecidos um ou mais indicadores, lembrando que estes devem ser capazes de mensurar as modificações ocorridas no sistema.

Lundin (1999) apresenta critérios de seleção de indicadores de sustentabilidade para sistemas de abastecimento de água, citando que os indicadores podem ser qualitativos e quantitativos e permitem, segundo Gallopín⁵ (1997) apud Lundin (1999):

- avaliar condições e metas a serem atingidas;
- fornecer informações passíveis de comparações;
- fornecer informações prévias de advertência (prevenir riscos);

⁵ GALLOPÍN, G. C. Indicators and their use: information for decision-making. In: MOLDAN, B.; BILLHARZ, S. **Sustainability indicators: report of the project on Indicators of sustainable development**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1997.

- prever condições futuras e tendências.

Segundo *The Community Indicators Handbook* (1997) um bom indicador deve ser: relevante/pertinente, válido/verídico, tenha credibilidade, seja mensurável, consistente e confiável/fidedigno, comparável, compreensível/perceptível, conducente (que indique uma direção), motivador, comprometido/engajado com o contexto, acessível e eficiente economicamente.

O gerenciamento de sistemas de tratamento de água melhora não só a qualidade do produto final, mas do serviço como um todo, incluindo, a confiabilidade do serviço, satisfação dos clientes, redução de custos e maior facilidade na identificação de problemas. Porém, para que este gerenciamento seja eficaz, são necessárias ferramentas que auxiliem sua implantação. Uma dessas ferramentas são os indicadores, pois organizam dados e permitem avaliar a sustentabilidade dos sistemas.

Miranda e Teixeira (2004) propuseram indicadores de monitoramento, agrupados de acordo com as dimensões de sustentabilidade (sistematizados a partir da literatura) para os sistemas urbanos de abastecimento de água e esgoto, com intuito de orientar políticas públicas para o setor. Neste trabalho, foram definidas as dimensões de sustentabilidade: dimensão ambiental, econômica, social, cultural e política, e os indicadores foram adequados a elas segundo suas características

A construção de indicadores é um trabalho que exige uma equipe interdisciplinar, pois não há uma fórmula pronta, é necessário análise, interpretação e compreensão por parte dos envolvidos. Os indicadores descrevem um processo específico e são particulares a esses processos, e por isso não há um conjunto de indicadores globais adaptáveis a qualquer realidade.

3.10 Análise Crítica

Analisando as referências citadas neste Capítulo 3, verifica-se que existem muitos trabalhos enfocando a eficiência dos processos de tratamento de água e, principalmente, a qualidade do produto final, a água tratada. Isso é extremamente válido e importante, porém, os impactos provenientes da operação inadequada ou ineficiente dos sistemas, podem refletir sobremaneira na própria qualidade da água tratada.

Ao longo do levantamento bibliográfico, notou-se que os sistemas precisam ser mais que eficientes, precisam ser ecoeficientes. Apesar disso, as pesquisas em termos de gerenciamento, ecoeficiência e a série de normas ISO 14000, em sistemas de tratamento de água, ainda são incipientes.

Inicialmente, foi apresentada uma conceituação para cada um dos três itens fundamentais que compõe o título e pressuposto desta pesquisa: ecoeficiência, série de normas ISO 14.000 e gestão ambiental em ETAs.

O conceito de ecoeficiência pode ser limitado, considerando-se apenas a razão entre valor econômico e ambiental, mas se completa através dos preceitos da ISO 14001, dentro da proposta de gerenciamento ambiental, baseado no ciclo PDCA e melhoria contínua. Vale ressaltar que, a importância da inserção da Normas ISO 14001 nesta tese não está na obtenção de certificação dos sistemas e sim, em sua filosofia.

Pesquisas sobre gestão ambiental em sistemas de tratamento de água são escassas. Apesar disso, foram encontrados estudos em outras áreas, mostrando a importância da interdisciplinaridade, a fim de trocar e aproveitar experiências e pesquisas de outras áreas, principalmente, de engenharia de produção, administração e engenharias em geral.

A dificuldade de obtenção e a escassez de referências sobre o escopo desta pesquisa, estende-se ao âmbito internacional. Isto se deve ao fato do tema ser relativamente novo e, também, à dificuldade da própria autora em encontrar artigos e outras fontes relevantes publicadas em meios científicos.

O levantamento bibliográfico, nos remete que a maioria das pesquisas enfoca bastante a tecnologia, determinados processos e operações, que são muito importantes, porém a gestão necessita de visão holística para ser eficiente e não permite que se perca a visão do todo. Neste âmbito, os recursos humanos se apresentam como elementos imprescindíveis e decisivos para os sistemas, são os detentores de toda informação, responsáveis pela tomada de decisão, necessitando de qualificações, capacitação e incentivo.

Neste Capítulo 3 são apresentados impactos ambientais negativos e pontos críticos dos sistemas de tratamento de água. Acredita-se que, a maioria desses impactos, está relacionado principalmente com a gestão desses sistemas, o que pretende-se avaliar nesta pesquisa.

Em relação aos indicadores, há grande dificuldade em encontrar este tipo de ferramenta aplicada em sistemas de tratamento de água. Miranda e Teixeira (2004) propuseram indicadores para monitoramento de sistemas urbanos de abastecimento de água e esgoto, com enfoque para sustentabilidade, considerando uma área de contorno diferente da presente tese. A *Community Indicators Handbook* (1997) apresenta as características que devem ser consideradas na elaboração e análise de relevância e aplicabilidade de um indicador.

O advento da ISO 24512 prevê indicadores para os sistemas de abastecimento de água. Vale ressaltar que, alguns indicadores, assim como o indicador de gestão de lodo sugerido nesta norma, está aquém da realidade brasileira, visto que a grande maioria dos sistemas não trata o lodo e, conseqüentemente, não recicla este resíduo.

Porém, foram encontrados indicadores, deveras avançados, para outras áreas do saneamento, como, por exemplo, para os resíduos sólidos urbanos.

Finalmente, há que se considerar que o Plano de Segurança da Água - PSA, tem um enfoque bastante parecido com esta pesquisa, e amplia a visão para além da estação de tratamento de água.

Assim, a revisão bibliográfica proporcionou uma ampliação de visão, que culminou na área de contorno desta pesquisa, denominado Sistema de Tratamento de Água (SiTA), que considera além da estação de tratamento de água, o manancial, captação e entorno, e o tratamento dos resíduos gerados, conforme ilustrado na Figura 4.1, no Capítulo 4.

A área de contorno, delimitada na Figura 4.1 pela linha pontilhada, engloba o que foi definido nesta pesquisa de Sistema de Tratamento de Água (SiTA).

O SiTA engloba o manancial de abastecimento, seu entorno, a captação e adução de água bruta, a Estação de Tratamento de Água (ETA), a água tratada, o sistema de gestão e a Estação de Tratamento de Resíduos (ETR) e, finalmente, os recursos humanos, que se constituem em elemento fundamental de todo o sistema de tratamento de água.

A Figura 4.2 apresenta, em forma de fluxograma, as etapas desenvolvidas nesta pesquisa.

Conforme o fluxograma apresentado na Figura 4.2, o levantamento bibliográfico sobre o tema, que se concentrou principalmente no início desta pesquisa, estendeu-se ao longo do trabalho. Inicialmente foi estudado o funcionamento dos sistemas de tratamento de água, legislação, normas, principalmente a série de Normas ISO 14000, sistema de gestão ambiental (SGA), conceitos de ecoeficiência e indicadores.

Após o levantamento bibliográfico, realizam-se visitas a diferentes sistemas de tratamento de água, a fim de analisar seu funcionamento *in loco*. Em seguida, foram selecionados cinco SiTAs (A, B, C, D e E) que fariam parte desta pesquisa, considerando-se alguns critérios básicos, citados a seguir:

Localização: Estado de São Paulo;

Tipo de empresa: pública e privada;

Tecnologia de tratamento: ciclo completo;

População abastecida: três faixas (menor que 100.000hab; entre 100.000 e 200.000hab e maior que 200.000hab);

Vazão de projeto: entre 500 e 1500L/s;

Existência de tratamento de resíduos: sim e não

Figura 4.2 - Fluxograma das etapas desenvolvidas nesta pesquisa.

Existência de alguma certificação (norma ISO) de qualidade: sim e não

Com o embasamento teórico, proporcionado durante a fase inicial desta pesquisa, e as visitas preliminares, foi elaborado um formulário para diagnóstico e coleta de dados nos cinco SiTAs selecionados. Este formulário se encontra no APÊNDICE A.

Os principais dados levantados nos cinco sistemas foram: aspectos gerais (projeto, implantação e característica geral), qualidade do manancial e da água bruta, adução de água bruta (distância, energia elétrica e perdas de água), quantidade e gestão dos insumos utilizados (produtos químicos e energia), resíduos gerados nos decantadores e filtros (geração, disposição, tratamento e reutilização), perdas de água no processo (quantidade e monitoramento), recursos humanos (quantidade e qualificação), aspectos relacionados à gestão da qualidade ambiental (política de qualidade, normas, certificação, melhorias gerenciais, sistematização e gestão dos dados encontrados) e legislação pertinente, observando-se sempre as características quantitativas e qualitativas de cada uma das entradas e saídas dos SiTAs

Foram levantados dados do ano de 2005 e, quando disponíveis, dados históricos, através de entrevistas com os gerentes e/ou responsáveis pelo departamento, arquivos digitais disponibilizados, relatórios e anotações manuais em planilhas de controle operacional.

Na Tabela 4.1, encontram-se descritos os principais dados que foram levantados durante as visitas técnicas aos cinco SiTAs.

Tabela 4.1 - Dados levantados durante as visitas técnicas nos SiTAs. (continua)

ITEM	DADOS LEVANTADOS NOS SiTAs
Aspectos gerais	Tipo de empresa (pública ou privada); Tecnologia de tratamento; População da cidade onde se localiza o SiTA; População abastecida pelo SiTA; Vazão de projeto e após as reformas (capacidade atual); Vazão de operação (histórico); Existência ou não de tratamento natural ou mecânico de resíduos (lodo de ALAVAF); Croqui do sistema de tratamento de água existente.
Projeto e Implantação	Data do projeto e início de funcionamento; Breve histórico da implantação e reformas; Localização da ETA; Área total construída e área do terreno onde está localizada a ETA.
Gestão do sistema (questões gerenciais)	Possui sistemas de gestão de qualidade; Possui sistemas de gestão de qualidade ambiental; Possui certificação ISO 9001 e/ou ISO 140001; Pontos positivos relativos à gestão: ‘boas práticas’ adotadas; Manutenção, reformas e melhorias ao longo dos anos.
Gestão dos dados	Forma de apresentação dos dados; Possui sistematização dos dados; Disponibilização de dados e informações.
Manancial – Água Bruta	Situação do manancial e entorno (lançamento de esgoto à montante e ocorrência de eutrofização); Manutenção e programa de conservação dos mananciais; Parâmetros de qualidade da água bruta do manancial - dados históricos (turbidez, cor, OD, DBO, Fe, Mn e clorofila; Como é feito o monitoramento da qualidade da água bruta; Classe do manancial, segundo a Resolução 357/05 do CONAMA; Vazão captada em cada manancial; Captação (sistema de bombeamento ou elevatória, capacidade/potência das bombas e gestão de energia elétrica); Adução de água bruta (distância da captação à ETA e perdas de água) Distância da captação à ETA.
Estação de Tratamento de Água (ETA)	Características gerais das unidades de tratamento; Dimensão e número de unidades; Controles operacionais; Análise das unidades tratamento: Mistura rápida (tipo e controle operacional) Mistura lenta (tipo de flocculador, condições operacionais, ocorrência de sedimentação ou flotação de flocos e manutenção) Sedimentador (tipo de sedimentador ou flotador, dimensão e condições operacionais) Filtros (tipo, meio filtrante, condições e controles operacionais)

Tabela 4.1 – Conclusão.

ITEM		DADOS LEVANTADOS NOS SiTAs
Estação de Tratamento de Água (ETA)		Câmara de contato (volume da câmara e tempo de contato) Reservatórios (de água tratada e água para lavagem, dimensão e volume) Laboratórios (tipo, capacidade, equipamentos e pessoal)
Insumos	Produto Químico	Produtos Químicos utilizados; Forma de aplicação de produtos químicos (manual ou mecanizado); Local de aplicação e eficiência de mistura; Quantidade e qualidade dos produtos químicos; Controle dos produtos utilizados; Possui câmara de contato e tempo de detenção.
	Energia Elétrica	Consumo e gasto de energia elétrica para captar água dos mananciais e encaminhá-la até a ETA (captação e adução); Consumo e gasto de energia elétrica na ETA; Programas de economia de energia.
Água Tratada		Qualidade da água tratada (qualidade e Portaria MS 518/04); Como é feito o monitoramento da qualidade.
Resíduos e Perdas	Resíduo gerado nos decantadores (lodo)	Tipo de sedimentador ou flotador; Produção de lodo (quantidade e características); Forma remoção de lodo (manual, se possui raspadores de lodo, intervalo de tempo de limpeza, água consumida, operários etc).
	Resíduo gerados nos filtros (ALAVAF)	Tipo de filtro e condições operacionais (carreira de filtração, como é feita a lavagem dos filtros, tempo de lavagem, consumo de ar e de água); Produção de ALAVAF (quantidade e características);
	Tratamento dos resíduos	Se possui unidade de tratamento de resíduos (lodo e ALAVAF); Gestão dos resíduos; Disposição dos resíduos gerados e reutilização.
	Perdas de água	Volume de água bruta aduzida (medida na captação), volume de água tratada (medido na entrada da ETA) – dados históricos. Controle de vazão na entrada e saída do tratamento; Existência de vazamentos e manutenção; Perdas de água na adução de água bruta; Perdas de água na estação de tratamento; Quantidade e qualidade da água utilizada para limpeza das unidades e remoção de resíduos (volume – dados históricos).
Recursos Humanos		Número de funcionários; Escolaridade; Treinamento, formação e preparação dos funcionários; Participação dos funcionários em eventos e conhecimento de trabalhos técnicos; Uso de equipamentos de segurança (OSHAS 18.000); Se existe Programa de Gerenciamento dos recursos humanos.

A maioria dos dados, quando disponibilizados pelos SiTAs, tiveram que ser digitados e compilados. Foram calculados valores totais, médios, máximos e mínimos, mensais e anuais, de acordo com o histórico encontrado, no máximo de 10 anos.

Ressalta-se ainda, que alguns dados não foram encontrados ou disponibilizados pelos sistemas conforme previsto no formulário, gerando a necessidade de retorno ao processo inicial, de visita aos SiTAs e reavaliação do formulário. Isto ocorreu devido alguns fatores, citados a seguir:

- Inexistência de alguns dados;
- Indisponibilidade de acesso (arquivamento);
- Forma de apresentação (planilhas digitais ou papel);
- Compilação (médias), organização e quantidade;
- Unidade de medida utilizada (padronização);
- Uma única pessoa detentora de algumas informações;
- Local onde se encontravam determinados dados (informações e dados separados por departamentos);
- Dados conflitantes;
- Necessidade de novos dados não previstos à priori.

Após a fase de coleta de dados, iniciou-se a análise e sistematização, definindo-se os dados que eram passíveis de serem utilizados como indicadores e os dados gerais.

Os dados gerais formaram a base para análise gerencial ampla e, proporcionaram uma caracterização qualitativa e quantitativa de cada SiTA.

Baseando-se na revisão da literatura e nos dados passíveis de serem utilizados para construção de indicadores, foram elaborados indicadores e estes agrupados em oito princípios da ecoeficiência.

Dos oito princípios da ecoeficiência, sete são preconizados pela *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), citados no Capítulo 3, e um último criado de acordo com a necessidade observada durante esta pesquisa, em refletir a parte do conceito da ecoeficiência que preconiza “... *produção de bens e serviços a preços competitivos*”.

A seguir, serão apresentados os princípios da ecoeficiência e a que tipo de indicadores podem se associar, considerando cada especificidade do sistema de tratamento de água.

- Redução da quantidade de material utilizado nos bens e serviços (**Indicadores relacionados aos produtos químicos**);
- Redução da quantidade de energia utilizada nos bens e serviços (**Indicadores relacionados à Energia elétrica**);
- Redução da dispersão de qualquer tipo de material **tóxico** (**Indicadores relacionados aos resíduos gerados – lodo e ALAVAF**);
- Apoio à reciclagem (**Indicadores relacionados ao tratamento de resíduos – lodo e ALAVAF**);
- Maximização do uso sustentável dos recursos naturais (**Indicadores relacionados ao manancial – água bruta**);
- Extensão da durabilidade dos produtos (**Indicadores relacionados as perdas de água**);
- Aumento do nível de bens e serviços (**Indicadores relacionados à qualidade de água tratada, qualidade do serviço – processo de tratamento e gestão dos SiTAs e recursos humanos**).
- Redução de custos (**Indicadores relacionados as despesas e receitas dos SiTAs ou aos custos e tarifas de água**).

Os indicadores elaborados foram aplicados aos cinco SiTAs, o que possibilitou a análise evolutiva de cada SiTA separadamente e o estabelecimento de comparações entre os diferentes SiTAs durante um determinado período de tempo, em sua maioria, ao longo do ano de 2005.

A análise dos resultados e discussões culminou, segundo os preceitos da ISO 14001, na elaboração de diretrizes básicas para implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em sistemas de tratamento de água para abastecimento público. Os passos seguidos para o SGA foram: política, planejamento, implantação e operação, ação corretiva e análise.

Assim, findou-se esta tese nas conclusões e sugestões, que foram elaboradas após uma análise crítica de todo trabalho realizado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Aspectos Gerais

Os cinco sistemas de tratamento de água estudados possuem tecnologia de ciclo completo, porém três possuem decantadores convencionais e dois de alta taxa. Atualmente, três SiTAs utilizam sulfato de alumínio como coagulante e dois cloreto férrico.

Quatro sistemas são autarquias municipais, com exceção do SiTA B, que é uma concessão, com administração privada. Os SiTAs A e B possuem certificações ISO 9001.

A população abastecida varia de 79.000 à 260.000 habitantes, cuja vazão de projeto é de 500 à 1500L/s. Os cinco sistemas de tratamento analisados funcionam 24 horas por dia.

Somente o SiTA D possui tratamento de resíduos gerados nos decantadores (lodo) e nos filtros (água de lavagem de filtro – ALAVAF).

Na Tabela 5.1 estão apresentadas as características gerais dos cinco sistemas de tratamento de água (SiTAs) estudados.

Tabela 5.1- Características gerais dos cinco sistemas de tratamento de água estudados.

Característica geral	SiTA A	SiTA B	SiTA C	SiTA D	SiTA E
Tipo de Empresa	Autarquia Municipal	Concessionária Privada	Autarquia Municipal	Autarquia Municipal	Autarquia Municipal
Tecnologia de tratamento	ciclo completo alta taxa	ciclo completo convencional e alta taxa	ciclo completo convenc. c/ rasp. lodo	ciclo completo convencional	ciclo completo convencional
População abastecida pelo SiTA no ano de 2005	79.000	260.000	240.000	112.200	90.000
Vazão de Projeto (L/s)	300	1.200	500	500	220
Vazão após reformas (L/s)	500	ETA não alterou vazão SiTA reduziu para 830 ⁽¹⁾	1.530	não alterou a vazão	520
Vazão média Operação (L/s) em 2005	359	675	1.135	411	426
Vazão mínima Operação (L/s) em 2005	200	637	1.074	369	411
Vazão máxima Operação (L/s) em 2005	580	722	1.201	427	440
Possui tratamento de resíduos (lodo e ALAVAF)	Não	Não	Não (em implantação - Sistema mecânico)	Sim (Sistema natural)	Não
Possui alguma certificação?	Sim. ISO 9001 ⁽²⁾ (desde 2005)	Sim. ISO 9001 ⁽²⁾ (desde 2000)	Não.	Não.	Não. ISO 9001 ⁽²⁾ (2000 à 2003)
Coagulante utilizado	Cloreto Férrico	Sulfato de Alumínio	Sulfato Férrico	Cloreto Férrico	Sulfato de Alumínio
Possui pré-cloração	Não	Sim	Sim	Sim	Não

⁽¹⁾ Devido à redução na capacidade máxima das adutoras de água bruta (incrustações na tubulação).

⁽²⁾ ISO 9001 – Norma do ano de 2000 (ABNT NBR 9001:2000), especifica requisitos para um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e certifica.

5.1.1 Projeto e implantação

A seguir, são apresentados breves históricos do projeto e implantação dos cinco sistemas de tratamento de água (SiTAs) analisados.

5.1.1.1 Breve histórico do SiTA A

A cidade onde se localiza o SiTA A possui dois sistemas de tratamento de água e 13 poços; 44% da água é captada em mananciais superficiais (rios e córregos) e 56% em poços profundos (subterrâneos).

O SiTA A abastece cerca de 40% da população e foi projetado na década de 40, com tecnologia convencional de ciclo completo, capacidade nominal 300L/s e sulfato de alumínio como coagulante.

Esta sistema passou por diversas reformas, a primeira em 1962 com a ampliação da estação de tratamento e da adutora de água bruta. Novas reformas e ampliações foram feitas nas décadas de 60 e 70.

Na década de 80 e 90 realizaram-se algumas reformas e ampliação geral da ETA aumentando sua capacidade para 500L/s. Na década de 80, alteraram-se os decantadores convencionais existentes para alta taxa. Na década de 90, os 6 filtros existentes passaram para taxa declinante e o meio filtrante para areia e antracito, alterou-se também o coagulante para cloreto férrico (devido a presença excessiva de ferro e manganês na água bruta).

O SiTA A não possui tratamento de resíduos implantado ou projetado.

5.1.1.2 Breve histórico do SiTA B

O SiTA B abastece cerca de 95% da população da cidade e foi projetado e construído na década de 60 para produzir 1200L/s. Em 1995 foi privatizado por um grupo de duas empresas, com concessão até 2025 (durante 30 anos).

Atualmente, o SiTA B encontra-se operando com vazão média de 675 L/s e máxima de 722L/s. Possui tecnologia de ciclo completo com decantadores convencionais e de alta taxa, dois pontos de captação, os quais são usados alternadamente de acordo com a qualidade da água bruta.

A capacidade de tratamento da estação B continuou sendo a mesma, ou seja, 1200L/s. Porém, a capacidade máxima das adutoras de água bruta do SiTA B, a partir de 1995, foi diminuindo significativamente com o tempo, chegando a 830 L/s, devido a incrustações na tubulação das adutoras, cujo material é de ferro fundido.

Após a concessão foram feitas várias reformas, o que incluiu a mudança de parte dos decantadores convencionais para decantadores de alta taxa. Essa, entre outras reformas e melhorias, proporcionaram um aumento da capacidade e eficiência deste sistema de tratamento de água.

O SiTA B não possui tratamento de resíduos implantado, porém existe um projeto (sistema mecânico) que deverá ser implantado por etapas de acordo com o orçamento, sem data confirmada.

5.1.1.3 Breve histórico do SiTA C

A cidade onde se localiza o SiTA C possui dois sistemas de tratamento de água.

O SiTA C foi projetado em 1980 para produzir 500 L/s e abastecer toda cidade. Porém, devido ao aumento na demanda por água (superior ao considerado em projeto) e queda da qualidade do manancial que abastece o outro sistema de tratamento de água da

cidade (composto por duas estações, denominadas ETA 1 e ETA 2), houve necessidade de se ampliar o SiTA C.

Em 1997, uma das estações de tratamento do antigo SiTA da cidade, a ETA 2, foi desativada, encontrando-se em *standy by*. A ETA 1 continua operando com vazão média de 450L/s.

O SiTA C, após a ampliação, passou a ter capacidade de produzir 1530 L/s e atualmente é responsável pelo abastecimento de cerca de 67% da população da cidade onde se localiza. Nesse sistema está sendo implantando um sistema mecânico de tratamento de resíduos, para lodo e ALAVAF, desde o ano 2000, cujo projeto é do ano de 1999.

5.1.1.4 Breve histórico do SiTA D

A cidade onde se localiza o SiTA D possui dois sistemas de tratamento de água. O SiTA D abastece cerca de 60% da população e foi construído em 1982, com capacidade nominal de 500 L/s e tratamento convencional de ciclo completo, cujo projeto é praticamente igual ao do SiTA C, adequado para a vazão.

Atualmente, o SiTA D encontra-se operando com vazão média de 520 L/s e sem alterações na capacidade nominal de tratamento prevista em projeto (500 l/s).

Na década de 90, após intervenção da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), foi implantado um sistema natural de redução de volume de lodo, inicialmente constituído por nove lagoas de lodo, ocupando uma área de aproximadamente 4.000m². Atualmente tem-se 11 lagoas, que ocupam uma área de aproximadamente 5500m².

Em 2003, a primeira lagoa de lodo passou a ser utilizada para separação sólido-líquido da água de lavagem dos filtros. Porém, somente no ano de 2004, a parte líquida começou a ser recuperada, sendo retornada para a entrada da estação de tratamento, no tanque de mistura rápida..

A captação de água bruta do SiTA D é feita a montante do mesmo manancial utilizado para abastecer o SiTA C. Este pode ser um dos motivos do projeto do SiTA D ser idêntico ao do SiTA C. Porém, principalmente na estação de tratamento do SiTA C foram realizadas ampliação e melhorias, o que não observou-se no SiTA D, com exceção do tratamento de resíduos.

5.1.1.5 Breve histórico do SiTA E

A cidade onde se localiza o SiTA E possui sistemas de tratamento de água e mais 21 poços, onde cerca de 50% da água é captada em mananciais superficiais (rios e córregos) e 50% em poços profundos (subterrâneos).

O SiTA E foi projetado em 1958 para produzir 220 L/s.

Em 1969 iniciou-se a construção de poços profundos, ampliando a oferta de água tratada, para acompanhar o aumento expressivo da população da cidade. Atualmente a cidade possui 22 poços em operação contínua com produção de 525 L/s, equivalente à produção proveniente das águas de superfície.

Em 1971 foi inaugurada a segunda captação do SiTA E, que iniciou sua operação aduzindo 250 L/s.

No final da década de 90 ampliou-se a capacidade da estação de tratamento para 440 L/s e, na primeira captação construiu-se uma nova barragem, inaugurada em 1998, ampliando a produção do SiTA E para 350 L/s.

Novas reformas realizadas na SiTA E ampliaram sua capacidade para 520 L/s, o que atualmente representa o abastecimento de cerca de 42% da população da cidade.

O SiTA E não possui tratamento de resíduos implantado ou projetado.

Na Tabela 5.2 apresentam-se os dados referentes à localização das estações de tratamento de água (ETAs), data de projeto e início de funcionamento, e a tecnologia que foi adotada no projeto de cada sistema de tratamento de água estudado.

Tabela 5.2 - Localização das ETAs, data de projeto e início de funcionamento e tecnologia adotada em projeto.

SiTA	Localização da ETA	Data de Projeto	Data de início funcionamento	Tecnologia adotado em projeto
A	Área Urbana residencial	1942	1945	Convencional de ciclo completo
B	Área Industrial Rodovia	1965	1967	Convencional de ciclo completo
C	Área Industrial Rodovia	1980	1982	Convencional de ciclo completo
D	Área Rural Estrada Municipal	1981	1983	Convencional de ciclo completo
E	Área Urbana residencial	1958	1960	Convencional de ciclo completo

Os SiTAs C e D foram projetados há mais de 25 anos, o B e o E há mais de 40 anos e o SiTA A, há cerca de 65 anos atrás. Assim, mesmo após cerca de 40 anos de diferença entre o primeiro e último sistema projetado, todos foram projetados com a mesma tecnologia, convencional de ciclo completo.

Atualmente, após cerca de 25 anos da construção do último sistema de tratamento de água, os SiTAs C, D e E continuam operando com tecnologia convencional e os SiTAs A e B transformaram seus decantadores convencionais em decantadores de alta taxa, porém com fundo plano, dificultando a remoção de lodo.

Ressalta-se também que o projeto dos SiTAs C e D são idênticos, captam água do mesmo manancial, porém em locais distintos. Porém, apesar do SiTA C continuar operando de forma convencional, implantou raspadores de lodo em seus decantadores, para facilitar a

remoção de lodo e limpeza dessas unidades. Esta alteração no SiTA C, configura-se em uma das primeiras etapas do processo de tratamento de resíduos (lodo e água de lavagem de filtros) que está sendo implantado na estação deste SiTA.

5.1.2 Esquemas gerais dos SiTAs

As Figuras 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 ilustram os esquemas gerais (esboço) dos sistemas de tratamento de água A, B, C, D e E.

Figura 5.1- Esquema geral do Sistema de Tratamento de Água A.

Figura 5.2- Esquema geral do Sistema de Tratamento de Água B.

Figura 5.3- Esquema geral do Sistema de Tratamento de Água C.

SiTA D

Figura 5.4- Esquema geral do Sistema de Tratamento de Água D. (continua)

Continuação Figura 5.4 - Esquema geral do Sistema de Tratamento de Resíduos (lodo e ALAVAF).

SITA E

Figura 5.5- Esquema geral (croqui) do Sistema de Tratamento de Água E.

5.1.3 Gerenciamento dos SiTAs

A seguir, estão descritos os aspectos gerais de como é realizada a gestão, enfocando a parte administrativa, em cada sistema de tratamento de água.

5.1.3.1 Gestão no SiTA A

No primeiro semestre de 2005, o departamento de água e esgoto, responsável pelo SiTA A, alcançou a certificação ISO 9001 dos sistemas de tratamento de água e esgoto. Os trabalhos para a implantação do selo de qualidade foram iniciados em maio de 2003, nas unidades de tratamento de água e esgoto, manutenção elétrica e mecânica, recursos humanos e suprimentos, envolvendo 70 funcionários treinados para aprimorar suas atividades de acordo com as normas ISO 9000 e realização de auditorias internas.

A política de qualidade proposta, segundo a gerência, é: *“garantir o abastecimento de água com qualidade, regularidade e tratar de todo o esgoto coletado, devolvendo ao meio ambiente efluentes e resíduos sólidos em conformidade com a legislação ambiental aplicável, contribuindo, assim, com a saúde e bem estar da população e a preservação do meio ambiente”*.

O SiTA A não possui sistema de gestão ambiental, porém inclui o meio ambiente em sua política de qualidade. Possui um departamento que trabalha com educação ambiental para população e desenvolve programas de plantio de mudas e manutenção dos mananciais.

A administração do SiTA A é compartimentada e cada setor é responsável pelos dados que gera.

5.1.3.2 Gestão no SiTA B

Após a privatização em 1995, foram estabelecidos índices de qualidade e produtividade, enfatizando o comprometimento da empresa, responsável pelo SiTA, com a qualidade. Todo este esforço culminou na aquisição da certificação ISO 9001 no ano de 2002. Participou também do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS), sendo finalista, conforme apresenta-se no histórico de prêmios e conquistas a seguir:

- No ano de 1997 recebeu o troféu “Eu Acredito em São Paulo” outorgado pelo Governo do Estado de São Paulo àqueles que mais investiram no Estado nos últimos anos;
- No ano de 1998 tornou-se a primeira empresa da América Latina no setor de saneamento básico a obter a Certificação Internacional de Qualidade ISO 9002 para todos os seus processos de produção;
- No ano de 1999 conquistou o PAQ - Prêmio ABES da Qualidade, o primeiro concedido a uma empresa de saneamento na categoria de 500 pontos, pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental;
- No ano de 2001 foi agraciada com o PPQG – Prêmio Paulista de Qualidade da Gestão e recebeu o reconhecimento anual concedido pelo Instituto Paulista de Excelência da Gestão às melhores organizações públicas e privadas do Estado de São Paulo;
- No ano de 2002 foi re-certificada na norma ISO 9001:2000, conquistou o Prêmio de Excelência em Gestão – Prêmio Banas Qualidade, concedido às empresas com maior grau de desenvolvimento em seus sistemas de gestão e obteve o mais alto nível do Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento – PNQS;
- No ano de 2003 foi considerada pela Revista Exame como uma das 20 melhores empresas do Brasil para se trabalhar, na categoria de 100 a 199 empregados;

- Nos anos de 2004 e 2005 foi eleita a ‘Empresa do Ano de Saneamento Ambiental’, na categoria Empresa Privada, pela Revista Saneamento Ambiental e ainda em 2004 foi classificada entre as 94 melhores empresas na gestão de pessoas pelo jornal Valor Econômico.

O SiTA B não possui sistema de gestão ambiental, porém inclui o meio ambiente em sua política de qualidade. O responsável pelo SiTA B possui acesso a grande maioria das informações e a administração é centralizada.

Observou-se comprometimento, por parte do gerente do SiTA B, em relação a qualidade dos processos e operações, assim como grande preocupação com os consumidores, ou seja, com a satisfação dos clientes. Segundo o coordenador geral do SiTA B, são encomendadas pesquisas junto aos consumidores, para avaliar os serviços prestados pelo SiTA B e por outros sistemas de cidades vizinhas, a fim de estabelecer comparações. Porém, o resultado destas pesquisas não foram fornecidos.

5.1.3.3 Gestão no SiTA C

O SiTA C não possui nenhuma certificação ISO e nenhum sistema de gestão ambiental.

Possui um departamento de produção e operação, no qual encontram-se a maioria dos dados e informações, que a partir de 2003 começaram a ser organizadas e sistematizadas.

O responsável pelo SiTA C possui acesso a grande maioria das informações e a administração do mesmo, é centralizada.

5.1.3.4 Gestão no SiTA D

O SiTA D não possui nenhuma certificação ISO e não possui um sistema de gestão da qualidade ou da qualidade ambiental definido.

O responsável pela estação de tratamento do SiTA D não tem acesso à maioria das informações. A administração do SiTA D é compartimentada, cada setor é responsável pelos dados que gera e normalmente são tomadas medidas paliativas e imediatistas para solução de problemas.

Há necessidade de maior atenção nas unidades de tratamento, principalmente em relação à manutenção e conservação das mesmas.

5.1.3.5 Gestão no SiTA E

O SiTA E não possui nenhuma certificação ISO e não possui um sistema de gestão da qualidade ou da qualidade ambiental definido.

Em agosto de 2000, o SiTA E conseguiu a certificação ISO 9001, que perdurou por três anos, até agosto de 2003. Segundo funcionários do SiTA E, a falta de comprometimento da alta administração dificultou a continuidade desta certificação. Este fato desestimulou os funcionários a continuarem implantando a filosofia da melhoria contínua, o que culminou na perda da certificação em 2003.

Notou-se que esses três anos de certificação proporcionaram ganhos em algumas áreas do SiTA, principalmente devido a padronização e documentação dos procedimentos, que alguns funcionários continuam utilizando, porém sem comprometimento com a melhoria contínua e com o meio ambiente.

A administração do SiTA E é compartimentada, cada setor é responsável pelos dados que gera.

Foram observadas “boas práticas” diferentes em cada um dos SiTAs, que refletiram em melhorias e poderiam estar sendo ampliadas para outros sistemas de tratamento de água.

Dentre as “boas práticas” observadas podem-se citar:

- No SiTA A, implantação do departamento de gestão ambiental, que trabalha com Educação Ambiental, visando a inclusão de alunos do ensino médio e fundamental e da população em geral, aproximando-os do saneamento e do meio ambiente, através de visitas, plantio de árvores e outras atividades relacionadas. Pode-se citar também, os esforços para implantação do sistema de gestão de qualidade e obtenção da certificação ISO 9001 em 2005.
- No SiTA B, reformas na captação e troca das bombas para adução de água bruta; mudança dos decantadores convencionais para alta taxa e dos agitadores dos floculadores de paletas para turbina com escalonamento do gradiente de velocidade; implantação de medidores eletromagnéticos na entrada e saída da estação de tratamento de água (para controle de perdas na ETA); reforma dos filtros e troca das bombas de água para lavagem dos filtros; construção de um reservatório de 10.000m³ e impermeabilização do antigo de 2.000m. Reciclagem dos recursos humanos, através de novas contratações; implantação de uma central de controle on-line; e participação do PNQ (Prêmio Nacional da Qualidade), o que facilitou sobremaneira a implantação do sistema de gestão e obtenção da certificação ISO 9001, com procedimentos padronizados e documentados.
- No SiTA C, projeto e fase final de implantação do sistema mecânico de tratamento de resíduos (lodo e água de lavagem de filtros). Relatórios e planilhas de compilação dos dados, elaboradas pelo departamento de produção e operação. Estudo de gestão dos resíduos dos laboratórios deste SiTA, desenvolvido por iniciativa de pesquisadores externos, apesar de não ter sido implantado. Testes para alterar o coagulante de sulfato

de alumínio para cloreto de polialumínio (PACl), a fim de aumentar a eficiência da coagulação e sedimentação.

- No SiTA D, implantação do sistema natural de tratamento de resíduos (lodo e água de lavagem de filtros), que apesar dos problemas operacionais, eliminou o impacto ambiental do lançamento destes resíduos in natura no corpo d'água à jusante da captação deste sistema e montante da captação do SiTA C.
- No SiTA E, esforços para implantação do sistema de gestão de qualidade e obtenção da certificação ISO 9001, apesar de ter perdurado por apenas três anos. Cadastro de indústrias ao redor da rede de água tratada, por iniciativa do próprio responsável pelo laboratório de análises físico-químicas, o que facilitou sobremaneira a identificação de pontos de vazamentos e os possíveis responsáveis.

Na Tabela 5.3 apresentam-se os resultados relacionados a gestão dos cinco sistemas de tratamento de água, enfocando o tipo de administração, políticas e sistemas de certificação de qualidade e qualidade ambiental.

Tabela 5.3 - Tipo de administração, gestão e certificação da qualidade ambiental e qualidade ambiental dos sistemas.

SiTA	Tipo de administração	Possui Política de Qualidade	Possui Política Ambiental	Possui trabalhos com Educação Ambiental	Possui algum sistema de certificação. Qual?
A	pública	Sim	não	sim	Sim ISO 9001 (2000)
B	Privada (concessão)	Sim	não	não	Sim ISO 9001 (2005)
C	pública	Não	não	não	não
D	pública	Não	não	não	não
E	pública	Não	não	não	não

A administração do SiTA A, D e E é compartimentada, cada setor é responsável pelos dados que gera, e estes na sua grande maioria não são trabalhados.

A partir de 2003 iniciaram-se as primeiras atitudes que mostraram um comprometimento com a gestão do SiTA C e gestão de qualidade operacional, através da preparação de relatórios anuais com dados sistematizados, apesar destas ainda não serem utilizadas como instrumentos de gestão.

Apenas os sistemas de tratamento de água SiTA A e SiTA B possuem sistemas de gestão de qualidade, com certificação ISO 9001, o SiTA A desde o ano de 2005 e o SiTA B a partir do ano de 2000, representando que 2 sistemas de tratamento de água possuem sistema de gestão de qualidade. Porém, nenhum dos cinco sistemas de tratamento de água estudados possuem sistema de gestão ambiental e, conseqüentemente, não possuem Política Ambiental.

Ressalta-se também, a importância de iniciativas, como a do responsável pelo laboratório do SiTA E, que cadastrou as indústrias ao redor da rede de água, facilitando a identificação de pontos de vazamentos e os possíveis responsáveis, quando da alteração significativa de algum parâmetro de qualidade da água. Esta iniciativa poderia estar sendo estendida aos mananciais de abastecimento.

5.1.4 Situação dos dados nos SiTAs

A seguir, tem-se descrita a maneira como foram apresentados e coletados os dados nos sistemas de tratamento de água. Esta descrição reflete a organização e sistematização dos dados gerados por cada um dos sistemas estudados, tanto operacionais como gerenciais.

O SiTA A possui sistematização de uma minoria dos dados. Possui planilhas e relatórios com dados médios mensais, a maioria em papel (não digitalizados), os quais, em sua maioria, somente o responsável pelo SiTA tem acesso. Alguns dados foram obtidos em departamentos específicos como, por exemplo, os relacionados a qualidade da água dos mananciais, perdas e questões ambientais.

O SiTA B possui sistematização de praticamente todos os dados. Possui planilhas em meio eletrônico com dados mensais. A maioria dos dados são digitalizados e o coordenador tem acesso a todos eles, inclusive dados de energia elétrica, perdas, recursos humanos, custos e tarifas. A implantação da ISO 9001 ajudou a sistematizar os dados, visto que, praticamente todos os procedimentos encontram-se descritos.

O SiTA C possui sistematização da maioria dos dados. Possui um departamento de produção que gera relatórios anuais com planilhas e gráficos, em papel e meio eletrônico, desde 2003. Alguns dados relacionados à energia elétrica e recursos humanos foram obtidos em outros departamentos, somente em papel.

O SiTA D não possui sistematização dos dados. Os departamentos são fragmentados e não se comunicam (cada informação pertence a um órgão específico). Geram-se planilhas diárias e horárias em papel; e relatórios anuais, com médias mensais, somente para consumo de produtos químicos, volume de água tratada, vazão e perdas (porém não são medidas, só estimadas em 5%). Dados relacionados a energia elétrica da estação de tratamento deste SiTA não foram fornecidos e da captação foram obtidos em outro departamento (externo à ETA D), onde encontram-se outros departamentos que forneceram dados de recursos humanos e tarifas.

O SiTA E não possui sistematização dos dados. Planilhas em papel com dados diários e horários (não faz controle nem médias, só arquiva). Os departamentos são fragmentados e

alguns dados, quando fornecidos, foram encontrados na sede do departamento de água e esgoto, que fica em outro local.

Na Tabela 5.4 é apresentado um quadro de como foram disponibilizados os dados relacionados à qualidade da água bruta dos mananciais de abastecimento em cada SiTA.

Tabela 5.4 - Forma de disponibilização dos dados de qualidade da água bruta dos mananciais de abastecimento em cada SiTA.

SiTA	Dados relacionados à qualidade da água bruta dos mananciais de abastecimento
A	Tem 2 mananciais. Possui dados misturados (entrada água bruta) e separados para cada manancial.
B	Possui uma única captação composta por 2 mananciais distintos. Tem 2 mananciais. Possui dados separados de cada manancial.
C	Possui um único ponto de captação composto por um manancial. Só tem 1 manancial.
D	Possui um único ponto de captação composto por um manancial. Só tem 1 manancial..
E	Possui 2 pontos de captação localizados em mananciais distintos. Tem 2 mananciais. Possui dados separados para cada manancial.

Na Tabela 5.5 são apresentados o ano e período para os quais foram disponibilizados os dados por cada SiTA, relacionados à captação de água bruta.

Tabela 5.5 - Período de dados coletados nos SiTAs relacionados à qualidade da água bruta.

SiTA	Anos para os quais foram disponibilizados os dados	Período de dados coletados
A	2002 a 2005	4 anos
B	1998 a 2005	8 anos
C	1995 a 2005	11 anos
D	– ⁽¹⁾	– ⁽¹⁾
E	2005	1 ano ⁽²⁾

⁽¹⁾ Não foi possível coletar os dados de qualidade da água bruta do SiTA D, pois a maioria dos dados estavam arquivados e os atuais estavam em planilhas originais em papel, com anotações dos resultados à lápis de todas as análises realizadas.

⁽²⁾ Os dados relacionados à água bruta deste sistema também se encontravam em planilhas, com anotações à lápis de todas as análises realizadas.

Na Tabela 5.5 pode-se observar que os dados de qualidade da água bruta no SiTA D não foram fornecidos e o SiTA E só disponibilizou dados do ano de 2005 e em planilhas com anotações manuais dos valores horários, o que não permitiu avaliar a evolução da qualidade da água bruta dos mananciais desses sistemas.

Na Tabela 5.6 são apresentados o ano e período para os quais foram disponibilizados os dados por cada SiTA, relacionados ao consumo de produtos químicos.

Tabela 5.6 - Período de dados coletados nos SiTAs relacionados ao consumo de produtos químicos.

SiTA	Anos para os quais foram disponibilizados os dados	Período de dados coletados
A	2004 a 2005	2 anos
B	2000 a 2005	6 anos
C	1997 a 2005	9 anos
D	1995 a 2005	11 anos
E	1998 a 2005	8 ano

Na Tabela 5.7 são apresentados o ano e período para os quais foram disponibilizados os dados por cada SiTA e o local, relacionados ao consumo de energia elétrica em kWh e gasto de energia elétrica em reais (R\$).

Tabela 5.7 - Período de dados coletados nos SiTAs relacionados à energia elétrica.

SiTA	Anos para os quais foram disponibilizados os dados	Local à que se referem	Unidade
A	2004 a 2005	Cap. e ETA	R\$
B	2000 a 2005	Cap. e ETA	kWh
C	1995 a 2005	Total geral ⁽¹⁾	R\$
D	2003 a 2005	Cap. e ETA	kWh e R\$
E	2002 a 2005	Só Captação	kWh e R\$

⁽¹⁾ Total geral do SiTA C = ETA1+ETAC+2Captações+2Poços+1nascente. Somente para o ano de 2003 tem-se dados em reais separados (ETA C e Captação da ETA C).

Como pode ser observado na Tabela 5.7, alguns sistemas disponibilizaram somente o consumo (kWh) ou gasto (R\$) de energia elétrica. Além disto, nem todos sistemas possuem dados para a captação e estação de tratamento (ETA) separadamente, e para o SiTA como um todo.

Na Tabela 5.8 são apresentados o ano e período para os quais foram disponibilizados os dados por cada SiTA, relacionados à água tratada.

Tabela 5.8 - Período de dados coletados nos sistemas de tratamento de água relacionados à qualidade da água tratada.

SiTA	Anos para os quais foram disponibilizados os dados	Período de dados coletados
A	2004 a 2005	2 anos
B	2002 a 2005	4 anos
C	1995 a 2005	10 anos
D	2005	1 ano
E	2005	1 ano

5.2 Caracterização qualitativa e quantitativa dos cinco SiTAs

Neste item serão apresentados os resultados da compilação dos dados coletados nos cinco sistemas de tratamento de água, de acordo com os subitens:

- Manancial
- Estação de Tratamento de água
- Insumos
- Água tratada
- Resíduos e perdas
- Recursos Humanos

5.2.1 Manancial, captação e adução de água bruta

A seguir, apresentam-se algumas particulares dos sistemas de tratamento de água estudados em relação ao manancial, captação e adução de água bruta.

A. SiTA A

- O SiTA A possui dois pontos de captação localizados em dois mananciais distintos. O manancial A1, de onde é captada vazão de 250 a 400L/s, está localizado em área de preservação permanente (APP). No entorno dessa captação têm-se processos erosivos, devido à ausência de mata ciliar, que estão comprometendo o rio, provocando o assoreamento de aproximadamente 45% da represa nesta região (Figura 5.6). No ano de 2004, plantaram-se 625 mudas de árvores no entorno dessa captação a fim de minimizar os impactos negativos.

Figura 5.6 - Foto aérea ilustrativa do manancial, onde localiza-se a captação de ação de água A1 do SiTA A.

Fonte: fornecido pelo SiTA A.

- Diante dessa situação, em 2004, iniciou-se projeto de recuperação da mata ciliar no entorno da represa, que visa o plantio de mudas nativas na área do manancial A1.
- Em 2006 iniciou-se projeto de recuperação da Captação A2, de onde é captada vazão de 100 a 200L/s. Esse projeto consiste em plano de manejo para os processos erosivos e assoreamento em função de atividades agrícolas, monitoramento do sedimento da represa, controle do aporte de nutrientes e da formação de macrófitas e demais espécies vegetais, além de estudos de vazão visando a recomposição da mata ciliar do entorno. Para tanto, montou-se um viveiro florestal para a produção de mudas de árvores nativas da região, que serão empregadas na recuperação do entorno da bacia de drenagem da captação A2, para controle de erosão e recuperação de áreas degradadas.

- Na Captação dos mananciais A1 e A2, tem-se sonda multiparâmetros que informa a vazão captada, turbidez, pH e temperatura da água bruta a qualquer instante. Os dois mananciais são monitorados 24 horas por dia e os dados são repassados para a estação de tratamento em tempo real. Diariamente são feitas coletas de amostras manualmente para análises em laboratório na própria estação do SiTA A.

B. SiTA B

- O SiTA B capta água bruta de dois mananciais distintos, mas possui uma única captação. A captação de água bruta é feita preferencialmente em um dos mananciais, o B1, que possui vazão maior que o B2. Porém, em algumas épocas do ano capta-se mais água bruta do manancial B2, devido a sua qualidade.
- O manancial B2, por ser um rio local e sua nascente se localizar no próprio município do SiTA, possui melhor controle de qualidade da água bruta.
- O manancial B1 atravessa outros municípios e recebe o esgoto sanitário, sem tratamento, de dois municípios à montante da captação. Além disso, a ausência de mata ciliar no entorno, causa aumento da turbidez para cerca de 2000 NTU (a média é 52 uT), em época de chuva.
- Na captação, única para os dois mananciais, tem-se sonda multiparametros, que informa a vazão, turbidez, pH e temperatura da água bruta a qualquer instante. Os mananciais são monitorados 24 horas e os dados são repassados para a estação de tratamento em tempo real. Diariamente são realizadas coletas de amostras manualmente para análises em laboratório na própria estação. Na captação é feito “jar-test” para controle de dosagem de produtos químicos toda vez que a turbidez excede 200uT.

- Na Captação, de onde é feita a adução de água bruta dos dois mananciais B1 e B2 para a estação, encontram-se três bombas com capacidade de 830L/s e potência 1050cv cada, sendo que duas estão sempre funcionando. A Figura 5.7 ilustra o esquema de adução de água bruta dos mananciais até a estação do SiTA B. A água bruta é bombeada percorrendo uma distância de aproximadamente 15.000 m.

Figura 5.7- Esquema ilustrativo da captação de água bruta do SiTA B.

- A elevatória de água bruta com 95mca, também possui 3 bombas com capacidade de 830L/s e potência 1050cv, o que permite que a água bruta chegue na estação com pressão de 5m.c.a. A distância da captação até elevatória é 3km e da elevatória até a estação do SiTA B é 12 km.
- Ambos os mananciais não possuem programas de proteção e conservação. Faz-se manutenção preventiva nas bombas, limpeza das grades e caixas de areia. Observou-se preocupação somente com a manutenção dos equipamentos da captação e elevatória.

C. SiTA C

- A captação de água bruta do SiTA C é feita à jusante do mesmo manancial que abastece o SiTA D e é denominada Captação 3, que dista 7.200 m da estação de tratamento (ETA C) do SiTA C. A Captação 3 possui oito bombas, sendo que duas destas (bombas 7 e 8) aduzem água para adutora 4 e desta é encaminhada por gravidade para outro sistema de tratamento de água da cidade, composto por outras duas estações de tratamento (ETA 1 e ETA 2) percorrendo uma distância de aproximadamente 11.000 m, como ilustra a Figura 5.8.

Figura 5.8 - Esquema ilustrativo das captações de água bruta dos dois sistemas de tratamento de água da cidade onde se localiza o SiTA C, incluindo o SiTA D.

- Cada bomba da Captação 3 possui capacidade 250 L/s. Como duas bombas são reservadas para o suprimento de outro sistema de tratamento da cidade (ETA 1 e 2), que muitas vezes não requer tamanha vazão, na estação de tratamento do SiTA C tem-se um tanque que armazena água da adutora 4, com controle de vazão e extravasor para aduzir somente a vazão necessária para ETA 1, determinada de acordo com a qualidade e vazão do manancial que abastece a ETA 1 (Captação 1).
- Do tanque de armazenagem, a água bruta que não é encaminhada para a ETA 1, vai do extravasor para a própria ETA C. Este tanque circular, de aproximadamente 15 m de altura também funciona como redutor de pressão visto que o desnível entre as duas estações de tratamento (ETA C e ETA 1) é grande.
- O manancial da Captação 3 não possui programa de proteção e conservação, sendo somente realizada manutenção, de acordo com a época do ano e necessidade, limpeza das grades, caixas de areia, manutenção e lubrificação das bombas ou algum outro problema decorrente do uso.

D. SiTA D

- A captação da água bruta do SiTA D é realizada a montante do mesmo manancial que abastece o SiTA C, distante aproximadamente 3 Km da estação de tratamento (ETA D) conforme ilustra a Figura 5.8.
- O manancial não possui programa de proteção e há preocupação somente com a manutenção dos equipamentos da captação.

E. SiTA E

- Possui dois pontos de captação em dois mananciais distintos, distantes 16km e 8km da estação de tratamento, ETA E.
- Faz-se manutenção nas bombas de acordo com a época do ano e necessidade, limpeza das grades, caixas de areia, manutenção e lubrificação das bombas.
- Quanto aos mananciais, verificou-se a ocorrência de assoreamento. Recentemente, foi incluído no Plano Diretor da cidade, onde se localiza o SiTA E, uma Lei de Proteção e Recuperação de mananciais, Lei municipal nº 13.944/06.

A Tabela 5.9 apresenta os aspectos gerais relacionados ao controle de qualidade dos mananciais e entorno, programas de conservação, outorga pelo uso da água e distância do manancial à estação de tratamento.

Tabela 5.9 - Aspectos relacionados ao controle de qualidade dos mananciais que abastecem os sistemas de tratamento de água.

Manancial e entorno	Mananciais do SiTA A	Mananciais do SiTA B	Manancial do SiTA C	Manancial do SiTA D	Mananciais do SiTA E
Tem lançamento esgoto à montante da captação?	Não ⁽¹⁾	Sim	Sim	Sim	Sim
Já registrou ocorrência de eutrofização (Algas)?	Sim	-	Sim	-	Não
Possui programa de conservação dos mananciais?	Sim ⁽²⁾	Não	Não	Não	Sim ⁽³⁾
Possui Outorga pelo uso da água?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
O sistema capta água a que distância da estação de tratamento? [km]	70% a 1,6km e 30% a 13,2km	15km	5,4km	3km	50% a 8km e 50% a 16km

⁽¹⁾ Tem usinas e plantio de cana-de-açúcar próxima à captação do manancial A2.

⁽²⁾ No manancial A1, programa de reflorestamento com plantio de árvores e depois manutenção. No manancial A2, previsto para início no ano de 2007, programa de recomposição da mata ciliar e controle de erosão.

⁽³⁾ O Plano Diretor da cidade onde se localiza o SiTA E, possui Lei de Proteção e Recuperação de mananciais (Lei municipal 13.944/06). Porém, ainda está só no papel.

5.2.1.2 Qualidade da água bruta

Neste item serão apresentados os resultados médios anuais de qualidade da água bruta dos mananciais que abastecem os sistemas de tratamento de água A, B e C. Como os SiTAs A e B captam água de dois mananciais distintos, serão apresentados os resultados para os mananciais A1, A2, B1, B2 e C.

Os resultados apresentados neste item referem-se aos valores médios anuais dos dados disponibilizados no período de 1995 a 2005 e os parâmetros da água bruta são: turbidez, cor, OD, DBO, ferro e clorofila.

O gráfico da Figura 5.9 ilustra os valores médios anuais de turbidez da água bruta dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.

Figura 5.9 - Turbidez média anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.

Na Figura 5.9 é possível observar que a turbidez média anual dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C, se encontram dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA para a Classe 2, em que se enquadram estes mananciais.

A Figura 5.10 ilustra os valores médios anuais de cor na água bruta para os SiTAs A, B e C.

Figura 5.10 - Cor média anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.

Conforme ilustrado na Figura 5.10, a cor média anual de três mananciais encontra-se dentro do padrão estabelecido pela Resolução N°357/05 do CONAMA para a Classe 2. Nos anos de 2002 e 2005 a cor do manancial A1 que abastece o SiTA A ultrapassou os limites estabelecidos pelo CONAMA e todos os valores médios anuais de cor da água bruta do manancial que abastece o SiTA C mantiveram-se consideravelmente acima dos padrões.

Na Figura 5.11 são apresentados os valores médios anuais de Oxigênio Dissolvido (OD) na água bruta para os SiTAs B e C.

Figura 5.11 - OD médio anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs B e C.

Os valores médios anuais de Oxigênio Dissolvido da água bruta (OD), apresentados na Figura 5.11, se encontram dentro do padrão estabelecido pela Resolução N°357/05 do CONAMA para a Classe 2, ou seja, acima de 5mg/L de O₂.

Na Figura 5.12 são apresentados os valores médios anuais de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) na água bruta para os SiTAs A, B e C.

Figura 5.12 - DBO média anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.

A Figura 5.13 ilustra os valores médios anuais de Ferro Dissolvido (Fe) na água bruta para os SiTAs A, B e C.

Figura 5.13 - Ferro Dissolvido médio anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.

Conforme ilustrado no gráfico da Figura 5.13, a concentração de ferro dissolvido (Fe) média anual na água bruta dos mananciais dos SiTA A, B e C, se encontra acima do padrão estabelecido pela Resolução N°357/05 do CONAMA para a Classe 2, ou seja, 0,3 mg/L Fe.

Na Figura 5.14 são apresentados os valores médios anuais de manganês (Mn) na água bruta para os SiTAs A, B e C.

Figura 5.14 - Manganês médio anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs A, B e C.

Na Figura 5.15 são apresentados os valores médios anuais de Clorofila da água bruta para os SiTAs B e C.

Figura 5.15 - Clorofila média anual da água dos mananciais que abastecem os SiTAs B e C.

5.2.2 Estação de Tratamento de Água - ETA

Na Tabela 5.10 são apresentadas as características gerais e dimensões das unidades de tratamento dos cinco SiTAs.

Tabela 5.10 - Características gerais e dimensões das unidades de tratamento.

SiTA	Mistura rápida	Mistura lenta (dimensão)	Decantadores (dimensão)	Filtros (dimensão)	Reservatórios (volume total)
A	Calha Parshall	Floculação hidráulica: 2 unidades hidráulicas e 8 mecanizadas ⁽¹⁾ com agitadores desligados. (4x4x4)m ³	2 decantadores de alta taxa com descarga de fundo. (18,6x8,2x4,5)m ³	6 filtros rápidos descendentes com taxa declinante, areia e antracito. (4,8x7,4) m ²	2 semi-enterrados de 2.000m ³ (4.000m ³)
B	Calha Parshall	12 unidades mecanizadas (turbina) com escalonamento do gradiente de velocidade.	4 decantadores convencionais com fundo plano e 6 decantadores de alta taxa com fundo plano e sem descarga de fundo.	4 filtros, só areia	2 enterrados 2.000m ³ e 10.000m ³ (12.000m ³)
C	Calha Parshall com grade ⁽²⁾	16 unidades mecanizadas tipo paletas verticais. (6,9x7,5x3,5)m ³	4 decantadores convencionais com fundo plano e raspadores de lodo. (36x14,5x4,0)m ³	14 filtros taxa declinante, areia e antracito (6,4x2,4) m ²	1 enterrado e 2 semi-enterrados 3.500m ³ e 2x2.000m ³ (7.500m ³)
D	Tanque de mistura rápida	8 unidades mecanizadas tipo paletas verticais. (6,9x7,5x3,5)m ³	2 decantadores convencionais com fundo plano. (36x14,5x4,0)m ³	6 filtros, só areia. Porém, só 3 são utilizados. (6,4x2,4) m ²	1 enterrado 2.000m ³ (2.000m ³)
E	Calha Parshall	8 unidades mecanizadas tipo turbina com escalonamento. (6x6x4)m ³	3 decantadores convencionais com fundo plano. (32x12,8x4,0)m ³	7 filtros rápidos por gravidade com taxa e nível constante, só areia (8,0x2,6) m ²	1 enterrado (1.800m ³)

⁽¹⁾ Os agitadores dos floculadores mecanizados encontram-se desligados, funcionando como hidráulicos. Portanto, a floculação do SiTA A, atualmente, é puramente hidráulica.

⁽²⁾ A mistura rápida do SiTA C prevista em projeto era igual ao do SiTA D. Porém, esse tanque de mistura rápida previsto em projeto foi desativado e construída uma Calha Parshall.

5.2.3 Insumos

Neste item serão apresentados os aspectos gerais, e algumas características quantitativas e qualitativas, dos principais insumos utilizados no tratamento da água: produtos químicos e energia elétrica.

5.2.3.1 Produtos químicos

Na Tabela 5.11 é apresentado um resumo geral dos produtos químicos utilizados nas estações de tratamento de água de cada SiTA.

Tabela 5.11 - Produtos químicos utilizados nas estações dos SiTAs de acordo com o local de aplicação.

SiTA	Produtos Químicos aplicados na Mistura rápida					PQ aplicados após os Filtros			
	Cloro	Cal	Coagulante	Carvão ativado	Polímero	Possui Câmara de contato	Cloro	Flúor	Cal
A	Não	Sim	Cloreto Férrico	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
B	Sim	Sim ⁽¹⁾	Sulfato de Alumínio	Quando necessário	Sim ⁽²⁾	Não ⁽³⁾	Sim	Sim	Sim
C	Sim	Sim	Sulfato e Cloreto Férrico	Quando necessário	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
D	Sim	Sim	Cloreto Férrico	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
E	Não	Sim, após a MR	Sulfato de Alumínio	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim

⁽¹⁾ aplicado cal hidratada só quando a turbidez é alta.

⁽²⁾ Água bruta com 60uT – aplica polímero aniônico; para 500uT - polímero catiônico.

⁽³⁾ Não possui câmara de contato, porém tem dois reservatórios interligados em série, onde o primeiro de 2000m³ funciona como câmara de contato.

A forma como é determinada e realizada a dosagem de coagulante nos SiTAs é apresentada na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 - Determinação da dosagem de coagulante nos SiTAs.

SiTA	Como é feita a dosagem de Coagulante?	Possui aparelho de “jar-test”	Possui dosador automático de coagulante?
A	Baseada em planilha que relaciona turbidez, cor e pH da água bruta.	Sim. Mas só utiliza quando necessário.	Sim. Não está utilizando porque está quebrado (falta de manutenção)
B	Baseada em planilha que relaciona turbidez com vazão da água bruta e controle visual da formação de flocos (béquer com água do decantador).	Sim, na captação. Utilizado toda vez que a turbidez excede 200uT.	Sim. Está funcionando, mas não é utilizado. ⁽¹⁾
C	Baseada em planilha que relaciona turbidez, pH e vazão da água bruta.	Sim	Não
D	Baseada em planilha que relaciona turbidez, pH e vazão da água bruta.	Não	Não
E	Baseada em planilha que relaciona turbidez com vazão da água bruta.	Sim	Sim. Está funcionando, mas não é utilizado. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Não é utilizado, pois, segundo os operadores, este aparelho não funciona adequadamente: não responde ou demora muito para responder a mudanças na qualidade da água bruta, relacionada aos parâmetros de cor e turbidez.

Os produtos químicos utilizados na estação de tratamento do SiTA A são: cloreto férrico, carbonato de cálcio, cloro, flúor e carvão ativado quando necessário. O Cloreto Férrico é aplicado na Calha Parshall (unidade de mistura rápida hidráulica) logo após a menor lâmina líquida de água bruta e em toda a largura da calha, conforme pode ser observado na Figura 5.16.

Figura 5.16 - Calha Parshall, mostrando o ponto de aplicação de coagulante do SiTA A.

Em 2005, foram realizados ensaios no laboratório de Saneamento da EESC/USP em triplicata e de acordo com APHA/AWWA/WEF (2005) que verificaram a presença de impurezas devido a metais pesados, encontrados nos produtos químicos utilizados no SiTA A. Foram coletadas amostras das soluções de cloreto férrico e carbonato de cálcio, no período compreendido entre outubro e dezembro de 2005.

Nas amostras de cloreto férrico do SiTA A foram encontradas 3.052mg de Fe/L e nas amostras de carbonato de cálcio 3mg de Fe/L. Os valores médios e desvios padrão das concentrações dos outros metais analisados são apresentados no gráfico da Figura 5.17.

Figura 5.17 - Valores médios e desvios padrão das concentrações de metais nos produtos químicos empregados na estação de tratamento do SiTA A.

Os resultados apresentados na Figura 5.17 evidenciam a presença de metais pesados nos produtos químicos utilizados no SiTA A. A presença de metais como Pb, que tem efeito cumulativo no organismo, Cd, Cr e Cu representam potencial risco à saúde humana. Nas amostras de carbonato de cálcio do SiTA A foram encontrados metais como Zn, Pb, Cd, Ni, Mn, Cu e Cr em concentrações diversas e nas amostras de cloreto férrico foram encontrados Mn, Zn, Cu e Cr, porém não foram detectados a presença de Pb, Cd e Ni.

Segundo Souza (2004), metais presentes nos insumos empregados no tratamento de água do SiTA A, contribuíram para a ocorrência de metais pesados na água tratada em concentrações acima do Padrão de Potabilidade fixado pelo Ministério da Saúde, através da Portaria N° 518 de 25/03/2004. De acordo com as análises realizadas pelo autor, foram detectadas concentrações de Zn, Ni, Cr e principalmente Pb na água tratada, mesmos não sendo detectadas a presença destes metais na água bruta. Segundo o autor, foram encontradas concentrações máximas de 0,45mg de Cr/L e 1,30mg de Pb /L na água tratada, sendo que Portaria 518/04 recomenda no máximo 0,050mg de Cr /L e 0,01mg de Pb /L, conforme citado no Capítulo 3 desta tese.

Os produtos químicos utilizados na estação de tratamento do SiTA B são: sulfato de alumínio, cal hidratada, cloro gasoso, flúor e ortopolifosfato de sódio; carvão ativado, polímero aniônico e polímero catiônico quando necessário. O Sulfato de Alumínio é aplicado na Calha Parshall, pontualmente e um pouco antes da menor lâmina líquida, conforme ilustra e Figura 5.18.

Figura 5.18 - Calha Parshall, mostrando o ponto de aplicação de coagulante do SiTA B.

Os produtos químicos utilizados na estação do SiTA C são: cloreto férrico, sulfato férrico, cal hidratada, cloro gasoso e flúor; polímero e carvão ativado quando necessário. O Cloreto Férrico e Sulfato Férrico são aplicados na Calha Parshall (unidade de mistura rápida hidráulica) na menor lâmina líquida de água bruta e em toda largura da calha, conforme ilustra e Figura 5.19.

Figura 5.19 - Calha Parshall, mostrando o ponto de aplicação de coagulante e grade para auxiliar a mistura do coagulante no SiTA C.

Os produtos químicos utilizados na estação de tratamento do SiTA D são: cloreto férrico, cal hidratada, cloro, flúor e ortopolifosfato de sódio. O cloreto férrico é aplicado no tanque de mistura rápida, juntamente com a cal, como pode ser observado na Figura 5.20.

Figura 5.20 - Tanque de mistura rápida com adição de cal e cloreto férrico do SiTA D.

Na Figura 5.20, também é ilustrada a chegada da água de lavagem de filtros, que é recuperada, sendo bombeada de uma lagoa de sedimentação.

Os produtos químicos utilizados na estação do SiTA E são: sulfato de alumínio, cal, cloro, ácido fluorssilícico, ortopolifosfato, e polímero quando necessário. O Sulfato de Alumínio é aplicado longitudinalmente na Calha Parshall, conforme ilustra a Figura 5.21.

Figura 5.21 - Ponto de aplicação de sulfato de alumínio na Calha Parshall do SiTA E.

Em 2005, também foram analisados os produtos químicos do SiTA E. Realizaram-se ensaios no laboratório de Saneamento da EESC/USP, em triplicata e de acordo com APHA/AWWA/WEF (2005), verificando a presença de impurezas devido a metais pesados encontrados nos produtos químicos utilizados no SiTA E. Foram coletadas amostras das soluções de sulfato de alumínio, carbonato de cálcio e ortopolifosfato, entre os meses de outubro a dezembro de 2005.

Nas amostras de sulfato de alumínio foram encontradas 1.034mg de Fe /L; nas amostras de carbonato de cálcio 16mg de Fe /L e nas amostras de ortopolifosfato 11mg de Fe/L. O gráfico da Figura 5.22 ilustra os valores médios e desvios padrão das concentrações de metais nos produtos químicos empregados na estação de tratamento de água do SiTA E.

Figura 5.22 - Valores médios e desvios padrão das concentrações de metais nos produtos químicos empregados na estação de tratamento do SiTA E.

Conforme apresentado na Figura 5.22, foram encontrados nas amostras de sulfato de alumínio, carbonato de cálcio e ortopolifosfato impurezas devido a metais pesados como, Fe, Zn, Pb, Cd, Ni, Mn, Cu e Cr, ou seja, todos os metais analisados, em concentrações diversas.

Cordeiro (1993) detectou a presença de Fe, Zn, Pb, Mn e Cu em amostras de sulfato de alumínio coletadas na estação do SiTA E. Porém, não havia detectado a presença de metais como, Cd, Ni e Cr nas amostras de sulfato de alumínio desse sistema.

Barroso (2002) detectou presença de metais como Ni e Zn na água tratada do SiTA E, o que nos remete à possível influência dos resultados apresentados na Figura 5.22, visto que todos os produtos químicos apresentam concentrações destes metais.

5.2.3.2 Energia elétrica

Os resultados de consumo e gasto de energia elétrica nos cinco SiTAs serão apresentados através de indicadores, relacionados ao segundo princípio da ecoeficiência: redução da quantidade de material utilizado nos bens e serviços, no item 5.3.2.2.

Em relação aos dados de energia elétrica nos SiTAs, é importante ressaltar que, somente os SiTAs A, B e C forneceram dados da captação e da estação de tratamento de água separadamente, sendo que o A forneceu apenas o gasto em reais, o B o consumo em kWh e o C em reais e kWh. O SiTA C só forneceu o gasto total geral, considerando à captação mais a estação de tratamento em reais. Finalmente, o SiTA E forneceu dados de consumo e gasto apenas da captação, em reais e kWh.

5.2.4 Água tratada

O controle de qualidade da água tratada nos SiTAs A, B, C e E é automatizado. Para os SiTAs A, B e C tem-se monitoramento da água bruta, decantada e filtrada em qualquer instante e para o E da água bruta e tratada. Através de sensores, tem-se os valores de pH, turbidez, cor, cloro e flúor. Os demais parâmetros de qualidade da água tratada são obtidos

através de análises feitas no laboratório do próprio SiTA ou em laboratório contratado, quando necessário.

O controle de qualidade da água do SiTA D não é automatizado. O monitoramento da qualidade da água tratada é realizado em laboratório próprio, onde são realizadas análises químicas e exames bacteriológicos.

Nos gráficos das Figuras 5.23 a 5.27, são apresentados os valores médios anuais e também o valor de referência da Portaria 518/04 de quatro parâmetros de qualidade da água tratada: turbidez, cor, cloro e flúor. Os dados apresentados nestes gráficos referem-se ao período de coleta de dados em cada sistema, ressaltando que os SiTAs D e E só forneceram dados de qualidade de água bruta para o ano de 2005 e o A para os anos de 2004 e 2005.

Figura 5.23 - Turbidez média anual da água tratada dos 5 SiTAs no período de 1995 a 2005.

Figura 5.24 - Cor média anual da água tratada dos 5 SiTAs no período de 1995 a 2005.

Figura 5.25 - Cloro médio anual da água tratada dos 5 SiTAs no período de 1995 a 2005.

Vale ressaltar que, segundo a Portaria 518/04, a concentração de cloro residual livre na saída da estação de tratamento de água deve ser superior a 0,5mg de Cl_2/L , porém em qualquer ponto da rede de abastecimento de água tratada, a concentração de cloro livre deve ser inferior a 2mg de Cl_2/L e superior a 0,2mg de Cl_2/L .

Figura 5.26 - Flúor médio anual da água tratada dos 5 SiTAs no período de 1995 a 2005.

As Figuras 5.23 a 5.26, ilustram os valores médios anuais de quatro parâmetros de qualidade da água tratada nos cinco sistemas, e apenas o cloro no sistema C está acima do recomendado pela Portaria 518/05.

Porém, analisando os valores máximos anuais de seis parâmetros da água tratada: turbidez, cor, cloro, flúor, ferro e manganês, nos sistemas B e C, notou-se que:

- No sistema B, o valor máximo anual dos seis parâmetros estão de acordo com o estabelecido pela Portaria 518/04 do MS;
- No sistema C, a grande maioria dos valores máximos anuais de turbidez da água tratada estão acima dos valores estabelecidos pela Portaria 518/04. Apresentam picos de concentração de Ferro no ano de 1999 e de Manganês nos anos de 1997, 1999 e 2001, acima da Portaria 518/05.

Durante as visitas, constatou-se que os SiTAs possuem dados dispersos e muitos destes só adquiriram devida importância e começaram a ser organizados depois de exigências legais como, por exemplo, da Vigilância Sanitária e da Portaria 518 de 25 de março de 2004.

5.2.5 Resíduos e perdas

Os principais resíduos gerados nas estações de tratamento de água, que possuem tecnologia de ciclo completo são: o lodo e a água de lavagem de filtros (ALAVAF).

As principais perdas de água, neste tipo de sistema, ocorrem devido à necessidade de limpeza das unidades de tratamento para remoção de resíduos (lavagem de flocladores, decantadores e filtros), e vazamentos nas unidades e/ou tubulações.

A seguir, estão descritos os resultados relacionados à geração do lodo e da ALAVAF, em seguida, ao tratamento e disposição final destes e, finalmente, as perdas de água.

5.2.5.1 Resíduo gerado no decantador (Lodo)

Na Tabela 5.13 são apresentadas as condições gerais de geração de resíduos nos decantadores (lodo) dos cinco SiTAs.

Tabela 5.13 - Geração de resíduos nos decantadores (lodo) dos cinco SiTAs.

SiTA	É realizada descarga de fundo dos decantadores?	Intervalo de limpeza dos decantadores [dias]	De onde vem a água para lavagem dos decantadores?
A	Sim. Uma vez ao dia durante (15 a 20min)	90 dias	Bombeada do reservatório de água tratada .
B	Não	90 dias	Bombeada do reservatório de água tratada .
C	Sim. Três vezes ao dia.	Só descarga completa. 90 dias	Não lava, só descarrega. (água decantada)
D	Não	90 dias	Usa água decantada (bombeada do outro decantador).
E	Não	120 a 180 dias	Usa água tratada (bombeada do reservatório).

No SiTA C, os decantadores não são lavados, porém realiza-se uma descarrega completa de toda a água a cada 90 dias, nesta descarga são descarregados alternadamente um decantador e mais quatro floculadores.

Os raspadores de lodo do SiTA C, ilustrados na Figura 5.27, funcionam por sucção e são acionados manualmente três vezes ao dia.

Figura 5.27- Vista do decantador da estação do SiTA C com detalhe ampliado dos raspadores de lodo que funcionam por sucção.

Ressalta-se que os raspadores de lodo do SiTA C possuem uma estrutura que sempre necessita de manutenção, pois quebram muito, e não acionam automaticamente, como era previsto. Portanto, há previsões de melhorias nos raspadores, com a implantação de um novo apoio sobre trilhos, manutenção geral e automação. Com estas melhorias os raspadores serão acionados automaticamente a cada duas horas e isto permitirá que a lavagem completa do decantador seja realizada uma vez ao ano.

A lavagem de um decantador do SiTA D tem duração aproximada de 6 horas e antes da lavagem é descarregado um decantador inteiro e mais quatro floculadores. Durante uma das visitas ao SiTA D, acompanhou-se a lavagem de um dos decantadores, cujo procedimento será descrito a seguir:

Procedimento de limpeza dos decantadores do SiTA D

O procedimento de limpeza dos decantadores do SiTA D inicia-se com o fechamento da entrada de água floculada que abastece o decantador a ser limpo. Antes disso, é necessário que o sistema opere sem redução da vazão durante a noite toda, para garantir que os reservatórios estejam cheios e não falte água para a população, pois durante a limpeza estará funcionando com metade de sua capacidade, já que possui somente dois decantadores.

Com a entrada de água floculada do SiTA D fechada, inicia-se a retirada da água decantada através de uma bomba instalada no decantador (Figura 5.28). Ressalta-se que, nessa água decantada já foi aplicada grande parte dos produtos químicos.

Figura 5.28 - Bomba instalada para a retirada da água do decantador do SiTA D.

Após a retirada da água superficial, nota-se a grande quantidade de lodo depositado no fundo do decantador da estação do SiTA D, conforme ilustra a Figura 5.29.

Figura 5.29- Lodo depositado no fundo do decantador do SiTA D com detalhe ampliado.

A retirada do lodo acumulado inicia-se com a abertura das comportas (Figura 5.30) para a saída do resíduo do decantador e descarga deste nas lagoas de lodo. Essa abertura é controlada por dois funcionários, um próximo à lagoa e o outro que efetivamente controla a abertura das comportas, para que não ocorra vazão excessiva que provoque o transbordamento das lagoas e também, para verificar algum possível entupimento na tubulação.

Figura 5.30 - Abertura das comportas do decantador do SiTA D.

Após a abertura das comportas inicia-se o processo de retirada do lodo e limpeza do decantador propriamente dito. Através de uma escada os funcionários entram no decantador e, com o auxílio de mangueiras de água e rodos de madeira, fazem a retirada do lodo. Uma das particularidades desse procedimento é que a água utilizada para a limpeza do decantador não é uma água totalmente tratada. A água utilizada para limpeza é retirada do decantador em funcionamento através de uma bomba, conforme ilustra a Figura 5.31.

Figura 5.31 - Bomba que abastece as mangueiras de água para lavagem do decantador do SiTA D.

Durante a lavagem do decantador do SiTA D, os funcionários se revezam em grupos de seis ou sete, pois este procedimento demora em média 6 horas. Dois funcionários utilizam as mangueiras de água (Figura 5.32) e os outros rodos de madeira (Figura 5.33).

Figura 5.32 - Funcionários utilizando mangueiras d'água com alta pressão para facilitar a remoção do lodo no decantador do SiTA D.

Figura 5.33 - Funcionários se esforçam para remover a camada espessa de lodo acumulado no decantador do SiTA D, com o auxílio de rodos de madeira.

Pode-se notar nas Figuras 5.32 e 5.33 que os funcionários não usam EPIs (equipamentos de proteção individual) durante a limpeza dos decantadores, o que pode ocasionar problemas de saúde, visto que o lodo pode conter metais pesados, conforme pesquisas realizadas por Barroso e Cordeiro (2001).

No SiTA D, após o lodo ter sido retirado do decantador, é encaminhado através de tubulações para as lagoas de lodo. Assim, finaliza-se a limpeza do decantador, que estará pronto e em condições para entrar em funcionamento novamente.

Na Tabela 5.14 é apresentado o volume total anual de resíduo gerado nos decantadores dos SiTAs visitados, para o ano de 2005.

Tabela 5.14 - Volume de resíduos gerados nos decantadores, durante o ano de 2005.

SiTA	Volume anual de lodo gerado [m³]
A	228.041 ⁽¹⁾
B	Não é medido.
C	777.285 ⁽²⁾
D	Não é medido.
E	Não é medido.

⁽¹⁾ Estimado de acordo com vazão de descarga de fundo e tempo da descarga.

⁽²⁾ Estimado de acordo com a vazão de sucção dos raspadores de lodo e o tempo, somando-se o volume do decantador e floculadores, quando realiza-se a descarga completa.

O volume anual de lodo, apresentado na Tabela 5.14, para o SiTA A, é estimado de acordo com vazão de descarga de fundo e tempo da descarga, e para o C, é estimado de acordo com a vazão de sucção dos raspadores de lodo e o tempo, somando-se o volume do decantador e floculadores, quando realiza-se a descarga completa.

5.2.5.2 Resíduo gerado no filtro (ALAVAF)

Na Tabela 5.15 são apresentadas as condições gerais de geração de resíduos provenientes da lavagem dos filtros (ALAVAF) dos cinco SiTAs.

Tabela 5.15 - Geração de resíduos nos filtros, água de lavagem de filtros, dos cinco SiTAs.

SiTA	A lavagem dos filtros é feita com ar e água?	Carreira de filtração [horas]	De onde vem a água para lavagem dos decantadores?
A	Sim. ar (30seg) e água (3min)	36	Reservatório elevado com água tratada (ALAVAF)
B	Não. Só água (12min)	30 a 36	Bombeada de um dos reservatórios de água tratada para abastecimento
C	Sim. (3 a 4min)	20 a 40	Reservatório elevado com água tratada (ALAVAF)
D	Não. Só água (15min)	24	Reservatório elevado com água tratada (ALAVAF)
E	Não. Só água (10min)	24	Bombeada do único reservatório de água tratada para abastecimento

Na Tabela 5.16 é apresentado o volume total anual de resíduo, gerado durante a lavagem dos filtros, para o ano de 2005.

Tabela 5.16 - Volume de resíduos gerados nos filtros dos SiTAs durante o ano de 2005.

SiTA	Volume anual de ALAVAF [m³]
A	338.600 ⁽¹⁾
B	Não é medido.
C	286.297 ⁽²⁾
D	Estimado em 6%
E	Estimado em 5%

⁽¹⁾ medido de acordo com o nível do reservatório de água de lavagem dos filtros.

⁽²⁾ medido de acordo com o volume do reservatório de água de lavagem dos filtros.

O volume anual de água e lavagem de filtros (ALAVAF), apresentado na Tabela 5.16, para o SiTA A e C, é medido de acordo com o nível e volume do reservatório de água de lavagem dos filtros.

5.2.5.3 Tratamento e disposição dos resíduos gerados (lodo e ALAVAF)

Na Tabela 5.17 é apresentado os aspectos gerais de tratamento e disposição dos resíduos gerados nos decantadores e filtros (lodo e ALAVAF), dos cinco SiTAs.

Tabela 5.17 - Aspectos gerais e tratamento e disposição do lodo e da ALAVAF. (continua)

SiTA	Possui tratamento do lodo?	O lodo é disposto em local adequado? Onde?	Possui tratamento ou recuperação da ALAVAF	A ALAVAF é disposta em local adequado? Onde?
A	Não	Não. Lançado no corpo d'água	Não	Não. Lançada no corpo d'água
B	Não	Não. Lançado no corpo d'água	Não	Não. Lançada no corpo d'água
C	Não ⁽¹⁾	Não. Lançado no corpo d'água	Sim	Sim. Tanque de sedimentação.
D	Sim. Sistema natural	Sim. Lançado em Lagoas de lodo	Sim	Sim. Lagoas de sedimentação.
E	Não.	Não. Lançado no corpo d'água	Não	Não. Lançada no corpo d'água

⁽¹⁾ Não possui tratamento, porém está em construção desde 2000 um sistema mecânico de redução de volume de lodo, com previsão de início de funcionamento em 2008.

No SiTA A, o lodo dos decantadores e a água de lavagem dos filtros são armazenados em uma caixa localizada perto de um dos reservatórios de água tratada e em seguida são encaminhados, sem nenhum tipo de tratamento, diretamente para um córrego, distante cerca de 1 km da estação.

No SiTA B, o lodo e a água de lavagem dos filtros são descartados em um ribeirão, sem nenhum tipo de tratamento. Segundo o coordenador do SiTA B, existe um projeto de uma estação de tratamento de resíduos para reduzir o volume do lodo dos decantadores e recuperar

a ALAVAF. Esse projeto deverá ser implantado dentro de alguns anos, no mesmo terreno onde se localiza a estação de tratamento. Ressalta-se que no projeto, durante o processo de tratamento do lodo, está prevista a recuperação da parte líquida, que deverá ser encaminhada para entrada da estação.

O SiTA C está em fase final de implantação de uma Estação de Tratamento de Lodo (ETL) e recuperação da ALAVAF. A ETL irá reduzir o volume de lodo, através de um sistema mecânico, para disposição no solo. Atualmente, o lodo dos decantadores do SiTA C é despejado a jusante do manancial onde este mesmo sistema capta água bruta, porém a água de lavagem dos filtros já está sendo recuperada. A água de lavagem dos filtros é encaminhada para um tanque de sedimentação para separação sólido-líquido e depois para entrada de água bruta da estação.

O projeto da estação de tratamento de lodo (ETL) do SiTA C é do ano de 1999 e inclui um tanque de clarificação para ALAVAF, dois adensadores ($ST\% = 5\%$), uma centrífuga ($ST=25\%$) e um terreno (sem impermeabilização) de 8 hectares ao lado da ETA C para disposição final da parte sólida do lodo. Este terreno tem previsão de aproximadamente 10 anos de uso.

Até a data de publicação desta tese, o início de operação da ETL ainda não ocorreu, pois depende da finalização da parte elétrica e licença da CETESB, que ainda não concedeu a Licença de Operação (L.O.). Segundo a CETESB, o terreno para disposição final do lodo está inadequado.

Quando a Estação de Tratamento de Lodo (ETL) do SiTA C estiver pronta, o lodo será encaminhado para uma caixa de recepção e recalado através de bombeamento para dois adensadores mecânicos, mostrado na Figura 5.34, onde serão adicionados polímeros.

Figura 5.34 - Adensadores mecânicos para concentrar o lodo gerado no SiTA C.

O lodo adensado do SiTA C será encaminhado para a centrífuga, ilustrada na Figura 5.35, que promoverá o desaguamento final do lodo.

Figura 5.35- Centrífuga para desaguamento final do lodo gerado no SiTA C.

A água de lavagem dos filtros será encaminhada para um tanque, mostrado na Figura 5.36, para separação sólido-líquido, por sedimentação. A parte sólida se juntará ao lodo proveniente da descarga dos decantadores e seguirá para o tratamento, a parte líquida (água decantada) retornará para a entrada da estação de tratamento. A previsão é que, após o início da operação da Estação de Tratamento de Lodo (ETL), o SiTA C esteja reaproveitando, aproximadamente, 57 L/s de água.

Figura 5.36 - Tanque de clarificação para separação sólido-líquido da água de lavagem dos filtros da SiTA C.

Já o SiTA D, possui tratamento de resíduos tanto para a água e lavagem dos filtros (ALAVAF) como para o lodo dos decantadores. Consiste em um sistema natural, composto por 11 lagoas de lodo, onde as três primeiras são em alvenaria e as restantes são simples escavações no terreno. A área total das lagoas é cerca de 5500m².

A primeira lagoa do SiTA D é utilizada como reservatório e adensador (separação sólido-líquido) para a água de lavagem de filtros, conforme mostra a Figura 5.37. A água decantada é recuperada, sendo bombeada para a entrada da estação, no tanque de mistura rápida.

Figura 5.37 - Lagoa de sedimentação para separação sólido-líquido da água de lavagem de filtros do SiTA D.

O funcionamento das lagoas de lodo do SiTA D é simples. Nesse sistema, a redução de volume de lodo ocorre unicamente pela retirada constante da água decantada (sobrenadante) e pela evaporação que quase não oferece nenhuma influência. A retirada da água sobrenadante é feita através de um tubo de PVC (Figura 5.38), composto por vários pedaços, que são retirados conforme a parte sólida do lodo sedimenta. A água decantada verte no turbo e é encaminhada para o manancial, à jusante da captação e montante da captação do SiTA C.

Figura 5.38 - Tubo de PVC para retirada da água sobrenadante nas lagoas de lodo do SiTA D.

As lagoas de lodo do SiTA D são interligadas em série e o lodo em excesso passa de uma para outra através de um extravasor, que controla o nível de lodo, conforme mostra a Figura 5.39.

Figura 5.39 - Passagem de lodo entre as lagoas do SiTA D (controlada pelo extravasor).

Como descrito anteriormente, o sistema de redução de volume de lodo do SiTA D é composto por duas lagoas pavimentadas e oito que são simples escavações no solo e não possuem nenhum tipo de impermeabilização. Na Figura 5.40 pode-se observar que nas lagoas que não possuem uma base impermeável, há crescimento de grama, mato e até árvores em seu interior.

Figura 5.40 - Presença de vegetação nas lagoas que não são pavimentadas no SiTA D.

Ressalta-se que, o lodo pode conter metais pesados (Barroso e Cordeiro, 2001), porém não foram encontrados poços de monitoramento ao redor das lagoas, apesar de as lagoas estarem localizadas a menos de 2km da captação do SiTA D.

O lodo seco é retirado com o auxílio de pás-carregadeiras e disposto no terreno da própria estação, conforme pode ser observado na Figura 5.41. O local de disposição fica ao lado do reservatório enterrado de água tratada do SiTA D, onde não é realizada análise de impactos no solo, em suas camadas inferiores e lençol freático.

Figura 5.41 - Lodo seco disposto em terreno ao lado da estação do próprio SiTA D .

Finalmente no SiTA E, o lodo e a água de lavagem dos filtros são descartados em um corpo d'água, sem nenhum tipo de tratamento.

Na Figura 5.42, tem-se uma foto tirada em 2005, durante uma das limpezas do decantador do SiTA E, que mostra a situação do rio no ponto de lançamento do lodo.

Figura 5.42 - Fotografia do rio no ponto de lançamento do lodo do decantador do SiTA E, no ano de 2005.

A Figura 5.43, ilustra a situação do rio a aproximadamente dois quilômetros à jusante do local de lançamento do lodo do decantador do SiTA E.

Figura 5.43 - Situação do rio a jusante (2km) do lançamento do lodo do SiTA E no ano de 2005.

5.2.5.4 Perdas de água

Na Tabela 5.18 são apresentados os resultados relacionados ao controle de perdas de água na estação dos cinco sistemas de tratamento de água.

Tabela 5.18 - Controle de perdas de água nas estações de tratamento dos SiTAs. **(continua)**

SiTA	Possui controle de perdas de água?	Possui medidores de vazão na entrada da estação? (Tipo de medidor)	Possui medidores de vazão na saída da estação? (Tipo de medidor)	Como as perdas são medidas?
A	Sim ⁽¹⁾	Sim (eletromagnético)	Não	(Volume de água bruta) - (valor estimado da ALAVAF e descarga de fundo do decantador)
B	Sim	Sim (eletromagnético)	Sim. Na saída dos reservatórios de água tratada. (eletromagnético)	diferença entre os medidores de vazão da entrada e saída.
C	Sim ⁽¹⁾	Sim (eletromagnético)	Não	(Volume de água bruta) – (consumo interno da ETA e ALAVAF, medido no R4 + valor estimado da descarga de fundo do decantador - retorno da ALAVAF)

Tabela 5.18 – conclusão.

SiTA	Possui controle de perdas de água?	Possui medidores de vazão na entrada da estação? (Tipo de medidor)	Possui medidores de vazão na saída da estação? (Tipo de medidor)	Como as perdas são medidas?
D	Não	Sim (eletromagnético)	Não	Estimativa. (Volume de água bruta) – (consumo interno da ETA e ALAVAF, medido no R4).
E	Não	Sim (eletromagnético)	Não	Valor estimado da ALAVAF. Estimado em 5%.

⁽¹⁾ Possui controle de perdas, porém só consideram perdas relacionadas as descargas de fundo e lavagem dos decantadores e filtros.

A forma como é realizado o controle da quantidade de água utilizada na lavagem de filtros e decantadores, que deve ser considerada no cálculo do volume de água perdido em cada sistema, está descrito na Tabela 5.19.

Tabela 5.19 - Controle da quantidade de água utilizada nas lavagens de filtros e decantadores.

SiTA	Como é feito o controle da quantidade de água utilizada nas lavagens de filtros?	Como é feito o controle da quantidade de água utilizada nas lavagens e/ou descargas de decantadores?
A	Mede-se o nível do reservatório e multiplica-se este volume por 1,2 e divide pelo número de filtros lavados no dia.	Calculado a partir da multiplicação da vazão de entrada pelo tempo de descarga de fundo dividido por 2.
B	Calculado através da vazão da bomba pelo tempo gasto para lavar.	Não é feito controle. Estima-se uma média a partir dos volumes dos decantadores.
C	Medidor de vazão na saída do reservatório que armazena ALAVAF. Antes de 2005, media-se a diferença de nível do reservatório por meio de bóia.	Calculado a partir da vazão de sucção dos raspadores de lodo e tempo somado ao volume de um decantador mais quatro flocladores, quando ocorre lavagem completa.
D	Valor fixado em 6% da vazão aduzida. Estimado de acordo com o volume do reservatório de armazenamento da ALAVAF e consumo interno da ETA.	Não é feito controle. Considera-se a quantidade de água utilizada nas lavagens dos decantadores um valor ínfimo, quando comparado à ALAVAF.
E	Valor fixado em 5% da vazão aduzida. Estimado de acordo com a vazão da bomba e o tempo pré determinado de lavagem.	Não é feito controle.

Conforme apresentado na Tabela 5.18, somente o SiTA B possui controle efetivo das perdas de água na estação de tratamento, pois tem medidores de vazão na entrada e saída da ETA.

Ainda em relação ao SiTA B, não é possível fazer a comparação entre a quantidade de água perdida nas lavagens de decantadores e filtros, visto que este controle não é realizado, de acordo com a Tabela 5.19.

Nota-se também que, assim como o SiTA B, os SiTAs D e E não contabilizam os volumes de água utilizados na lavagem dos decantadores e filtros, só estimam este valor. Assim, somente os SiTAs A e C controlam e medem, com mais exatidão, os volumes de lodo e ALAVAF.

Como somente os SiTAs A e C controlam e medem os volumes de água utilizados nas lavagens e filtros e decantadores, na Tabela 5.20 são apresentadas as porcentagens de perdas de água decorrentes da descarga de fundo dos decantadores e lavagem de filtros no SiTA A.

Tabela 5.20 - Porcentagem de perdas de água relacionadas a lavagem de filtros e descarga de fundo dos decantadores no SiTA A.

SiTA A	Descarga de fundo dos decantadores (lodo) [%]	Água utilizada na lavagem dos filtros (ALAVAF) [%]	Total utilizado (perdas) [%]
1995	1,11	1,01	2,12
1996	1,47	1,17	2,63
1997	1,70	0,99	2,69
1998	2,31	1,78	4,08
1999	4,26	2,03	6,29
2000	2,72	2,07	4,79
2001	2,48	2,99	5,47
2002	3,29	2,76	6,06
2003	2,03	3,01	5,04
2004	2,60	3,21	5,81
2005	2,05	3,04	5,09

Na Tabela 5.21 são apresentadas as porcentagens de perdas de água decorrentes da descarga de fundo dos decantadores e lavagem de filtros no SiTA C. Nesta tabela, também se encontram as porcentagens de água relacionadas ao consumo interno da ETA e a água recuperada neste sistema.

Tabela 5.21 - Porcentagem de perdas de água relacionadas a lavagem de filtros e decantadores, consumo interno da ETA e a água recuperada no SiTA C.

SiTA C	Água utilizada na lavagem dos decantadores (lodo) [%]	Água utilizada na lavagem dos filtros (ALAVAF) [%]	Consumo interno da ETA C [%]	Água recuperada [%]	Total utilizado (perdas) [%]
1995	3,80	1,92		0,00	5,72
1996	3,32	1,50		0,00	4,82
1997	4,57	-		0,00	4,57
1998	3,77	-		0,00	3,77
1999	3,79	-		0,00	3,79
2000	3,86	-		0,00	3,86
2001	2,27	1,17		0,00	3,44
2002	2,31	0,94		0,00	3,25
2003	2,18	0,87		0,00	3,05
2004	1,89	0,83		0,00	2,72
2005	2,17	0,80 ⁽²⁾	0,56 ⁽²⁾	0,41 ⁽¹⁾	3,12

⁽¹⁾ água recuperada da lavagem de filtros (retorno da ALAVAF), entre os meses de fevereiro à setembro de 2005.

⁽²⁾ a partir do ano de 2005 a água utilizada na lavagem dos filtros passou a ser computada separadamente do consumo interno da ETA C.

Vale ressaltar que, no SiTA C, somente a partir de 2005 computou-se separadamente os volumes referentes a ALAVAF e consumo interno da ETA. Até o ano de 2001, o volume de ALAVAF e consumo interno da ETA C era estimado e, a partir de 2002, instalou-se medidores de vazão na saída do reservatório que armazena a água de lavagem dos filtros e consumo interno da ETA.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5.21, a porcentagem de água perdida nas descargas e lavagens dos decantadores do SiTA C é consideravelmente maior

que o volume de água utilizado para lavagem dos filtros. Este fato merece destaque, uma vez que a maioria dos gerentes dos sistemas de tratamento de água acreditam que o volume de água utilizado na lavagem dos filtros é sempre maior que qualquer outro tipo de perda de água na estação. Assim, como os SITAs D e E estimam suas perdas computando apenas o volume de ALAVAF, estes poderiam estar mascarando os indicadores de perdas e portanto, tomando decisões gerenciais equivocadas.

5.2.6 Recursos Humanos

A seguir, apresentam-se os dados relacionados aos recursos humanos para os cinco sistemas de tratamento de água estudados.

O corpo técnico responsável pelo sistema de tratamento de água A é composto por 33 funcionários. Na Tabela 5.22 é apresentado o número de funcionários do sistema A por cargo ocupado e sua respectiva qualificação.

Tabela 5.22 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA A. (continua)

Nº de funcionários	Cargo	Escolaridade
1	Coordenador do SiTA (Água)	Nível superior (Química)
1	Coordenador da Manutenção (elétrica e mecânica)	não souberam informar
1	Responsável pelo Laboratório	Nível superior (Química)
5	Técnicos de Laboratório	3 com Nível técnico
		2 com Nível superior
2	Auxiliar de Laboratório	Nível técnico (em andamento)
Serviço terceirizado	Operadores de Captação	não souberam informar
Serviço terceirizado	Operadores de bombeamento	não souberam informar

Tabela 5.22 - conclusão.

Nº de funcionários	Cargo	Escolaridade
5	Operadores de tratamento	3 Nível técnico
		2 com Nível superior
5	Supervisores C.C.O. (Centro de Controle Operacional)	Nível médio com curso de informática (capacitação)
2	Auxiliares de tratamento	Nível fundamental
1	Secretária	Nível médio
1	Técnico Administrativo – área de gerenciamento	não souberam informar
6	Técnico em Manutenção	não souberam informar
3	Zeladores e Serviços Gerais	não souberam informar
TOTAL = 33 funcionários		

Além dos 33 funcionários, o SiTA A possui 1 estagiário e os funcionários das captações são tercerizados.

O corpo técnico responsável pelo sistema de tratamento de água B é composto por 26 funcionários. Na Tabela 5.23 é apresentado o número de funcionários do sistema B por cargo ocupado e sua respectiva qualificação.

Tabela 5.23 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA B.

Nº de funcionários	Cargo	Escolaridade
1	Coordenador Adjunto Água - SiTA	Nível superior
3	Técnicos de Laboratório	Nível técnico
1	Auxiliar de Laboratório	Nível técnico (em andamento)
6	Operadores de Captação	1 com Nível fundamental
		5 com Nível médio
4	Operadores de bombeamento volante (manutenção reservatórios)	2 com Nível médio
		2 Nível técnico
3	Supervisores (centro de controle)	2 com Nível superior
		1 Técnico (em andamento)

Tabela 5.23 - conclusão.

Nº de funcionários	Cargo	Escolaridade
4	Operadores de tratamento	2 Nível Técnico
		2 com Nível superior
1	Técnico em Manutenção	Nível Técnico
3	Zeladores e Serviços Gerais	2 com Nível fundamental
		1 com Nível médio
TOTAL = 26 funcionários		

O corpo técnico responsável pelo sistema de tratamento de água C é composto por 30 funcionários. A Tabela 5.24 apresenta o número de funcionários do sistema C por cargo ocupado e sua respectiva qualificação.

Tabela 5.24 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA C.

Nº de funcionários	Cargo	Escolaridade
1	Gerente Divisão de Tratamento (água)	Nível superior (Tecnólogo em Saneamento)
1	Tecnólogo em Saneamento	Nível superior (Tecnólogo em Saneamento)
3	Escriturário	1 com Nível superior (Ciência da Computação)
		2 com Nível médio
3	Auxiliar de Ofício	1 com Nível técnico (cursando nível superior em Química)
		1 com Nível médio
		1 com Nível fundamental
1	Técnico em contabilidade	Nível médio (cursando nível superior em Administração)
2	Analista de Laboratório Nível Superior	Nível superior (Química)
2	Técnicos de Laboratório	Nível técnico
1	Responsável pelo Laboratório de Biológico	Nível superior (Biologia)
1	Desinfector sanitário	fundamental incompleto

Tabela 5.24 - conclusão.

Nº de funcionários	Cargo	Escolaridade
-	Operadores de Captação (Bombeiros)	não souberam informar
12	Operadores de tratamento	4 com Nível técnico
		3 com Nível médio
		5 com fundamental incompleto
3	Serviços Gerais	2 com Nível fundamental
		1 com fundamental incompleto
TOTAL = 30 funcionários		

O corpo técnico responsável pelo sistema de tratamento de água D é composto por 14 funcionários. A Tabela 5.25 apresenta o número de funcionários do sistema D por cargo ocupado e sua respectiva qualificação.

Tabela 5.25 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA D.

Nº de funcionários	Cargo	Escolaridade
1	Supervisor de ETAs e preservação de mananciais - SiTA	Nível superior
2	Coordenador de Captação, tratamento e distribuição	Nível médio
1	Responsável pelo Laboratório	Nível técnico em química
2	Técnicos de Laboratório	Nível técnico
2	Operadores de Captação	não souberam informar
2	Operadores de tratamento	Nível fundamental
4	Zeladores e Serviços Gerais	não souberam informar
TOTAL = 14 funcionários		

Além dos 14 funcionários, o SiTA D possui 1 estagiário.

O corpo técnico responsável pelo sistema de tratamento de água E é composto por 31 funcionários. A Tabela 5.26 apresenta o número de funcionários do sistema E por cargo ocupado e sua respectiva qualificação.

Tabela 5.26 - Número, cargo e escolaridade dos funcionários do SiTA E. (continua)

Nº de funcionários	Cargo	Formação
1	Gerente Divisão de Tratamento de água e esgoto	Nível superior (Químico)
1	Responsável pelo Laboratório Físico-Químico	Nível técnico em química
1	Responsável pelo Laboratório Biológico	Nível superior (Biólogo) com pós-graduação
1	Técnicos de Laboratório	Nível Técnico
5	Auxiliar de Laboratório	4 Nível técnico e 1 Nível médio
5	Operadores de Captação	Não souberam informar
1	Supervisores (centro de controle – só para poços)	Nível superior
10	Operadores de tratamento	1 com Nível superior
		1 Nível Técnico
		2 com Nível médio
		3 com Nível fundamental
		3 não souberam informar
1	Sector de Educação Ambiental	Nível superior (Assistente social)
1	Adjunto - setor de metrologia (ISO 9001)	não souberam informar
4	Zeladores e Serviços Gerais	Nível fundamental
TOTAL = 31 funcionários		

Além dos 31 funcionários, o SiTA E possui 1 estagiário.

Observou-se no SiTA E a decepção de alguns funcionários devido a falta de interesse e incentivo da alta administração, que resultou em perda da certificação ISO 9.001 que, segundo eles, melhorou sobremaneira os procedimentos, rendimentos no trabalho e eficiência, tanto que muitos ainda seguem alguns dos procedimentos.

A Tabela 5.27 apresenta os resultados quantitativos dos recursos humanos, número de funcionários e operadores dos cinco SiTAs estudados.

Tabela 5.27 - Número total de funcionários e operadores dos cinco SiTAs.

SiTA	Nº de funcionários do SiTA	Nº de operadores da ETA
A	33	5
B	26	4
C	30	12
D	14	2
E	31	10

Na Tabela 5.28 são apresentados os resultados qualitativos, relacionados a qualificação dos recursos humanos, de acordo com o grau de escolaridade e treinamento para capacitação.

Tabela 5.28 - Qualificação dos recursos humanos nos cinco SiTAs.

SiTA	O responsável pelo SiTA possui 3º grau completo?	Porcentagem dos operadores c/ 3º grau	Porcentagem dos operadores com fundamental incompleto	O responsável pelo laboratório do SiTA possui 3º grau completo?	Possui treinamento para capacitação dos funcionários?
A	sim	40%	0% - nenhum	sim	Sim. Durante o 1º mês de admissão.
B	sim	50%	0% - nenhum	não (nível técnico)	Sim ⁽¹⁾
C	sim	0%	42% - 5	sim	Não. Só sala de treinamento
D	não	0%	0% - nenhum	não (nível técnico)	Não.
E	sim	10%	0% - nenhum	um sim e outro não (50% nível técnico)	Não ⁽²⁾

⁽¹⁾ Na ETA B, faz-se uma entrevista todo começo de ano e treinamento para gás cloro e outros para reciclagem.

⁽²⁾ Não possui treinamento, mas estão com pedido de reestruturação dos RECURSOS HUMANOS (plano de carreira).

5.3 Indicadores de ecoeficiência

Nesse item, serão apresentados os indicadores de ecoeficiência elaborados, assim como os resultados de sua aplicação, nos cinco sistemas analisados.

5.3.1 Elaboração dos Indicadores

Na Tabela 5.29 são apresentados os indicadores elaborados, agrupados em oito princípios da ecoeficiência.

Tabela 5.29 - Indicadores elaborados para os SiTAs agrupados em oito princípios da ecoeficiência. (continua)

Princípio	Indicador	Unidade
1. Redução da quantidade de material utilizado nos bens e serviços	1 Consumo anual de produtos químicos (coagulante, cal, cloro e flúor) por volume de água tratada.	mg/L
	2 Eficiência do controle de qualidade dos PQ.	1, 2 ou 3
	3 Eficiência de mistura do coagulante.	1, 2 ou 3
	4 Tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros (tratada, decantada ou bruta).	1, 2 ou 3
2. Redução da quantidade de energia utilizada nos bens e serviços	1 Consumo de energia elétrica (mensal e anual) na captação por volume de água tratada.	kWh/m ³
	2 Consumo de energia elétrica anual na captação por comprimento da adutora de água bruta.	kWh/m
	3 Consumo de energia elétrica anual na captação por volume de água tratada e comprimento da adutora	kWh/m ³ .km
	4 Consumo de energia elétrica (mensal e anual) na estação de tratamento por volume de água tratada.	kWh/m ³
	5 Consumo de energia elétrica anual no SiTA por volume de água tratada.	kWh/m ³
	6 Porcentagem de energia elétrica consumida anualmente na captação e na ETA em relação ao consumo total do SiTA.	%

Tabela 5.29 – continuação

Princípio	Indicador	Unidade
3. Redução da dispersão de qualquer tipo de material tóxico	1 Volume de lodo gerado nos decantadores em litros por volume de água tratada.	L/m ³
	2 Volume de lodo gerado nos decantadores pela área total dos decantadores.	m ³ /m ²
	3 Volume de ALAVAF gerada em litros por volume de água tratada.	L/m ³
	4 Volume de ALAVAF gerada por área total dos filtros	m ³ /m ²
	5 Tratamento do lodo e da ALAVAF	1, 2 ou 3
4. Apoio à reciclagem	1 Porcentagem do lodo reutilizado ou reciclado após tratamento.	%
	2 Porcentagem da ALAVAF reutilizada ou reciclada após tratamento.	%
5. Maximização do uso sustentável dos recursos naturais	1 Indicadores de qualidade da água bruta: relação entre valor médio anual do parâmetro da água bruta e valor estabelecido pelo CONAMA 357/05 para a classe em que o manancial se enquadra.	unitário
	2 Perda de água nas lavagens: volume de água utilizado na lavagem de decantadores e filtros por volume de água tratada	%
	3 Perda de água na ETA em porcentagem: volume de água perdido na ETA por volume de água tratada.	%
	4 Perda de água na ETA por habitante: Volume de água perdido na ETA pela população abastecida.	m ³ /hab.ano
	5 Eficiência do controle da quantidade de água utilizada na lavagem de filtros e decantadores	1, 2 ou 3
6. Extensão da durabilidade dos produtos	1 Indicadores de qualidade da água tratada: relação entre valor médio anual do parâmetro da água tratada e valor estabelecido pela Portaria 518/05.	unitário
	2 Redução da vazão durante o dia.	%
	3 Vazão de operação mínima, média e máxima em relação a vazão de projeto dos SiTAs.	%
	4 Produção <i>per capita</i> de água tratada.	L/hab.dia
	5 Capacidade de reservação do sistema em relação ao volume de água tratada pelo SiTA.	L/m ³
7. Aumento do nível de bens e serviços	1 Disponibilidade área para ampliação da ETA	0, 1, 2 ou 3
	2 Eficiência da sistematização dos dados	1, 2 ou 3
	3 Nível de automação do SiTA	%
	4 Número de funcionários do SiTA por 1000 habitantes abastecidos.	un/1000hab
	5 Número de operadores da ETA pela vazão média de operação.	un/m ³ /s
	6 Nível de escolaridade dos recursos humanos: número de funcionários em cada nível de formação dividido pelo número total de funcionários.	%

Tabela 5.29 – conclusão

Princípio	Indicador	Unidade
8. Redução de custos	1 Gasto de energia elétrica (mensal e anual) na captação, na ETA e no SiTA por volume de água tratada.	R\$/m ³
	2 Gasto de energia elétrica anual na captação por comprimento da adutora de água bruta.	R\$/m
	3 Gasto de energia elétrica anual na captação por volume de água kWh/m ³ .km tratada e comprimento da adutora	
	4 Porcentagem de energia elétrica gasta anualmente na captação e na ETA em relação ao consumo total do SiTA.	%
	5 Custo para tratar a água: gasto total do SiTA em reais por volume de água tratada	R\$/m ³
	6 Tarifa de água paga pelo consumidor, considerando a categoria Residencial até 10m ³ e categoria industrial até 15m ³ .	R\$/m ³
	7 Custo de cada sub-item (energia elétrica, recursos humanos, produtos químicos etc) em relação ao custo total do sistema.	%

De acordo com a Tabela 5.29, foram elaborados um total de 40 indicadores, que podem ser utilizados para análise geral de cada SiTA e também extrapolados para análise comparativa de diferentes sistemas de tratamento de água.

5.3.2 Aplicação dos Indicadores

Na sequência, serão apresentados os resultados da aplicação dos indicadores de cada um dos oito princípios da ecoeficiência, para os cinco sistemas de tratamento de água.

5.3.2.1 Indicadores relacionados ao primeiro princípio da ecoeficiência - Redução da quantidade de material utilizado nos bens e serviços.

Neste item serão apresentados os indicadores relacionados ao consumo anual dos principais produtos químicos utilizados pelos cinco sistemas: coagulante, cal, cloro e flúor. Os

resultados dos indicadores aplicados referem-se ao período compreendido entre os anos de 1995 à 2005, de acordo com o período em que foram disponibilizados os dados pelos SiTAs.

A Figura 5.44 ilustra a evolução dos indicadores de consumo de coagulante em miligramas por volume de água tratada em litros, para os sistemas A, C, D e E.

Figura 5.44 - Indicadores de consumo anual de coagulante em peso por volume de água tratada para os SiTAs A, C, D e E.

Os SiTAs A, C e D utilizam cloreto férrico como coagulante, enquanto o SiTA E sulfato de alumínio. Durante os anos de 1997 a 2001 o SiTA C utilizava, além do cloreto férrico, sulfato férrico como coagulante. Assim, o indicador apresentado na Figura 5.44 foi calculado considerando o consumo total de coagulante do SiTA C, ou seja, consumo de cloreto férrico mais consumo de sulfato férrico.

Analisando a Figura 5.44, o consumo de coagulante por litros de água tratada no SiTA E, que utiliza sulfato de alumínio, é 20mg/L, indicador consideravelmente menor que nos sistemas A, C e D, que utilizam cloreto férrico. O consumo no sistema A está entre 40 e 60 mg/L e nos C e D entre 60 e 120mg/L, praticamente o dobro do A, sendo que o C e D captam água do mesmo manancial.

A Figura 5.45 ilustra a evolução dos indicadores de consumo de coagulante em litros por volume de água tratada no sistema B, que utiliza sulfato de alumínio como coagulante.

Figura 5.45 - Indicadores de consumo anual de coagulante em litros por volume de água tratada para o SiTA B.

A Figura 5.46, ilustra a evolução dos indicadores de consumo de cal por volume de água tratada, para os cinco sistemas de tratamento de água analisados, entre os anos de 1995 à 2005.

Figura 5.46 - Indicador de consumo anual de cal por volume de água tratada para os 5 SiTAs.

A Figura 5.47 ilustra a evolução dos indicadores de consumo de cloro por volume de água tratada, para os cinco sistemas de tratamento de água analisados.

Figura 5.47 - Indicador de consumo anual de cloro por volume de água tratada para os 5 SiTAs.

Na Figura 5.47, o indicador de consumo de cloro no ano de 2005 é praticamente o mesmo para os SiTAs A, B e D, em torno de 4mg/L; para o E não chega a 2mg/L e para o C é cerca de 8mg/L, ou seja, o dobro do consumo do A, B e D. Ressalta-se que, os sistemas B, C e D fazem pré e pós coloração e o consumo do C vem aumentando ao longo dos anos, em 1997 era cerca de 7mg/L, entre 2002 e 2005 cerca de 8mg/L.

A Figura 5.48 ilustra a evolução dos indicadores de consumo de flúor por volume de água tratada, para os cinco sistemas de tratamento de água analisados.

Figura 5.48 - Indicador de consumo anual de flúor por volume de água tratada para os 5 SiTAs.

De acordo com a Figura 5.48, o indicador de consumo de flúor nos SiTAs C e D aumentou ao longo dos anos, praticamente igualando-se no ano de 2005 aos outros três SiTAs. Até o ano de 1999, o consumo de flúor no SiTA C é menor que 1mg/L e entre os anos de 2000 a 2005 a média anual é 3,5mg/L, ou seja, aumentou cerca de 2,5mg/L. No SiTA D também houve aumento no consumo médio anual de flúor.

Analisando as Figuras 5.44 a 5.48 e, traçando um paralelo com os resultados apresentados por Leite e Andreoli (2005), citados no Capítulo 3, o consumo de sulfato de alumínio (coagulante) do SiTA E é o único que está dentro dos valores mínimo e máximo reportados pelos autores. Na Figura 5.46 o consumo de cal nos cinco sistemas é superior ao consumo médio de cal apresentado por Leite e Andreoli (2005) e nos sistemas A, C e D o consumo de cal está acima do valor máximo encontrado pelos autores. Na Figura 5.47, apenas o consumo de cloro do SiTA E está abaixo do valor médio e o SiTA C está acima do valor máximo reportado pelos autores.

Os indicadores apresentados na Figura 5.48 mostram que o consumo de flúor, a partir do ano 2000, em todos os sistemas analisados, é superior aos resultados apresentados por Leite e Andreoli (2005), que analisaram 37 sistemas no estado do Paraná..

Na Tabela 5.30 são apresentados os indicadores relacionados a eficiência do controle de qualidade dos produtos químicos e eficiência de mistura do coagulante.

Tabela 5.30 - Indicadores de eficiência do controle de qualidade dos produtos químicos e de mistura do coagulante para os cinco SiTAs.

SiTA	Eficiência do controle de qualidade dos produtos químicos	Eficiência de mistura do coagulante
A	2	3
B	2	1
C	2	3
D	1	2
E	1	1

Os resultados do indicador de eficiência do controle de qualidade dos produtos químicos, apresentados na primeira coluna da Tabela 5.30, foram definidos de acordo com os seguintes critérios:

Indicador 1: representa baixa eficiência do controle de qualidade dos produtos químicos, ou seja, não é realizado controle de qualidade e não foram encontradas especificações técnicas para solicitação dos produtos.

Indicador 2: representa média eficiência do controle de qualidade dos produtos químicos, ou seja, possui especificações técnicas para solicitação dos produtos, porém verifica-se apenas se o produto recebido está em acordo com estas especificações.

Indicador 3: representa alta eficiência do controle de qualidade dos produtos químicos, ou seja, possui especificações técnicas para solicitação, verifica-se se o produto recebido está em acordo com estas especificações e realizam-se análises para verificar a qualidade dos produtos quanto à presença de impurezas.

A eficiência de mistura do coagulante, apresentado na segunda coluna da Tabela 5.30, para o SiTA C é alta e para o D é média, apesar dos projetos destes sistemas serem idênticos. Porém, o sistema C desativou o tanque de mistura rápida, inicialmente projetado, para melhorar a eficiência da mistura dos produtos químicos.

Na Tabela 5.30 fica evidenciado que controle de qualidade dos produtos químicos utilizados nos sistemas é baixo e no máximo médio, e a eficiência de mistura de coagulante é baixa em dois sistemas, média em um e alta em apenas dois sistemas.

Os resultados do indicador de eficiência de mistura do coagulante, apresentado na segunda coluna da Tabela 5.30, foram determinados de acordo com as condições e local de aplicação do coagulante nas unidades de mistura rápida de cada sistema.

Indicador 1: representa baixa eficiência de mistura do coagulante, ou seja, mistura rápida em calha parshall, com aplicação do coagulante pontualmente e fora da menor lâmina líquida da calha.

Indicador 2: representa média eficiência de mistura do coagulante, ou seja, mistura rápida hidráulica, com boa eficiência de mistura, porém a aplicação do coagulante é pontual.

Indicador 3: representa alta eficiência de mistura do coagulante, ou seja, mistura rápida em calha parshall, com aplicação do coagulante em toda a extensão da calha na menor lamina líquida, e/ou com grade para auxiliar a mistura do coagulante.

Na Tabela 5.31 são apresentados os indicadores relacionados ao tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros.

Tabela 5.31 - Indicadores relacionados ao tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros.

SiTA	Tipo de água utilizada na lavagem dos decantadores	Tipo de água utilizada na lavagem dos filtros
A	1	1
B	1	1
C	2	1
D	2	1
E	1	1

Os resultados dos indicadores de tipo de água utilizada na lavagem de decantadores e filtros, apresentados na Tabela 5.31, foram aplicados de acordo com os seguintes critérios:

Indicador 1: utiliza água tratada para lavagem (após coagulação e desinfecção).

Indicador 2: utiliza água decantada para lavagem (após coagulação).

Indicador 3: utiliza água bruta para lavagem (anterior a coagulação).

Os indicadores apresentados na Tabela 5.31, mostram que apenas os sistemas C e D utilizam água decantada para lavar os decantadores e todos utilizam água tratada, após coagulação e desinfecção, para lavar os filtros. Isso resulta em perdas não só de água, como de produtos químicos e energia elétrica intrínseca, entre outras.

5.3.2.2 Indicadores relacionados ao segundo princípio da ecoeficiência - Redução da quantidade de energia utilizada nos bens e serviços.

Na Tabela 5.32 são apresentados os resultados do indicador de consumo de energia elétrica na captação de água bruta em kWh por volume de água tratada em metros cúbicos, para as captações B, D e E, durante os anos de 2000 à 2005.

Tabela 5.32 - Indicador de consumo de energia elétrica anual nas captações B, D e E em kWh/m³, durante os anos de 2000 à 2005.

ANO	Captação B [kWh/m ³]	Captação D [kWh/m ³]	Captação E [kWh/m ³]
2000	0,75	-	-
2001	0,81	-	-
2002	0,86	-	0,70
2003	0,93	0,45	0,57
2004	0,85	0,44	0,16
2005	0,86	0,48	0,73

A Figura 5.49 ilustra a evolução do indicador de consumo de energia elétrica mensal nas captações B, D e E, em kWh/m³, durante o ano de 2005.

Figura 5.49 - Indicador de consumo de energia elétrica mensal nas captações B, D e E em kWh/m³, durante o ano de 2005.

Na Tabela 5.33 são apresentados os três indicadores relacionados ao consumo de energia elétrica nas captações de água bruta em kWh, por volume tratado (m³), por comprimento da adutora de água bruta (m) e por volume e comprimento combinados (m³.km), no ano de 2005.

Tabela 5.33 - Indicadores de consumo de energia elétrica anual nas captações B, D e E, referente ao ano de 2005.

SiTA	Energia Cap./Vol. Tratado (kWh/m³)	Energia Cap./ m de adutora (kWh/m)	Energia Cap./ m³. km de adutora (kWh/m³ . km)
B	0,86	1202	0,0573
D	0,48	2079	0,1600
E	0,73	746	0,0555

Nota: os SiTA A e C não forneceram dados de consumo de energia elétrica em kWh.

Como o SiTA E possui dois pontos de captação distintos, para o cálculo dos indicadores apresentados na Tabela 5.33 para o sistema E, considerou-se o somatório do

consumo de energia elétrica em cada captação dividido pelo volume de água bruta captada, e a distância de cada captação à estação de tratamento, que é 8 e 16km.

Conforme apresentado na Tabela 5.33, o indicador de consumo de energia elétrica na captação em kWh/m³ do SiTA D (distante 3km da ETA) é praticamente a metade do valor do calculado para os SiTA B (15km) e E (8 e 16Km). Porém, quando se considera o comprimento das adutoras de água bruta, o indicador de consumo de energia elétrica em kWh/m para o SiTA D é o dobro do E e B, e o indicador de consumo em kWh/m³.km é mais que o triplo, sendo que para os SiTAs E e B praticamente se igualam (0,05 kWh/m³.km).

Assim, o comprimento das adutoras de água bruta, devido à distância do manancial de abastecimento à ETA, tem grande influência nos indicadores de consumo de energia elétrica na captação. Ressalta-se que, além da distância, outros fatores que poderiam influenciar são: diferença de cota, diâmetro, perda de carga, porém não foram considerados neste estudo.

Na Tabela 5.34 são apresentados os resultados do indicador de consumo de energia elétrica anual na estação de tratamento de água em kWh por volume de água tratada em metros cúbicos para as estações B e D, durante os anos de 2000 à 2005. Ressalta-se que, os dados de consumo de energia elétrica na ETA D, foram disponibilizados a partir do ano de 2003.

Tabela 5.34- Indicador de consumo de energia elétrica anual nas ETAs B e D em kWh/m³, durante os anos de 2000 à 2005.

ANO	ETA B [kWh/m ³]	ETA D [kWh/m ³]
2000	0,05	-
2001	0,06	-
2002	0,06	-
2003	0,07	0,22
2004	0,06	0,23
2005	0,06	0,23

A Figura 5.50 ilustra a variação anual do indicador de consumo de energia elétrica mensal nas estações de tratamento de água A e D em kWh/m³, durante o ano de 2005.

Figura 5.50 - Indicador de consumo de energia elétrica mensal nas ETAs B e D em kWh/m³, durante o ano de 2005.

Na Tabela 5.34 e na Figura 5.50, nota-se sensível diferença entre o consumo de energia em kWh/m³ nas estação de tratamento B e D, sendo que o consumo na D é 3,8 vezes maior que na B.

Na Tabela 5.35, apresenta-se o indicador de consumo total de energia elétrica por ano nos SiTAs B e D por volume de água tratada, durante o período compreendido entre os anos 2000 a 2005.

Tabela 5.35 - Indicador de consumo de energia elétrica anual em kWh/m³ nos SiTAs B e D.

ANO	SiTA B [kWh/m³]	SiTA D [kWh/m³]
2000	0,80	-
2001	0,87	-
2002	0,92	-
2003	1,00	0,67
2004	0,91	0,67
2005	0,92	0,71

A Figura 5.51 ilustra os indicadores de consumo de energia elétrica anual na captação e na estação de tratamento de água pelo consumo total de energia elétrica dos sistemas, expresso em porcentagem, para os SiTAs B e D, referente ao ano de 2005.

Figura 5.51 - Indicadores de porcentagem de energia elétrica consumida anualmente na captação e na ETA, em relação ao consumo total de energia elétrica nos SiTAs B e D.

Observando os gráficos apresentados na Figura 5.51, nota-se que o consumo de energia elétrica na captação é muito maior que na estação de tratamento dos sistemas B e D. A captação do SiTA B chega a consumir 93,42% da energia elétrica total do sistema e a captação D, 67,52%.

5.3.2.3 Indicadores relacionados ao terceiro princípio da ecoeficiência - Redução da dispersão de qualquer tipo de material tóxico.

Na Tabela 5.36 são apresentados os indicadores de volume anual de lodo gerado nos decantadores por volume de água tratada, em L/m^3 , e por área total dos decantadores, em m^3/m^2 , referente ao ano de 2005.

Tabela 5.36 - Indicadores de volume de lodo gerado nos decantadores dos cinco sistemas estudados.

SiTA	Volume de lodo gerado nos decantadores por volume de água tratada [L/m³]	Volume anual de lodo gerado nos decantadores pela área total dos decantadores [m³/m²]
A	20,51	750,15
B	Não é medido	Não é medido
C	21,72	372,26
D	Não é medido	Não é medido
E	Não é medido	Não é medido

Conforme apresentado na Tabela 5.36, o indicador de volume de lodo em L/m³ no sistema A é praticamente igual ao C, aproximadamente 20 L/m³. Estes dois sistemas possuem descarga de fundo, apesar do decantador do SiTA C ser convencional com fundo plano (raspadores por sucção) e do A, de alta taxa.

O indicador de m³/m² de área do decantador, apresentado na segunda coluna da Tabela 5.36, para o sistema A é o dobro do sistema C. Porém, este indicador pode causar equívocos na interpretação dos resultados, visto que, normalmente o decantador de alta taxa requer menor área de implantação. Assim, o indicador de volume de lodo em m³/m² pode não ser o melhor indicador, quando se analisa decantadores diferentes.

Na Tabela 5.37 são apresentados os indicadores de volume anual de água de lavagem de filtros (ALAVAF) por volume de água tratada em L/m³ e por área total dos filtros em m³/m², referente ao ano de 2005.

Tabela 5.37 - Indicador de volume de ALAVAF por volume de água tratada.

SiTA	Volume de ALAVAF gerada por metro cúbico de água tratada [L/m³]	Volume anual de ALAVAF gerada por área total dos filtros [m³/m²]
A	30,36	1603,33
B	Não é medido	Não é medido
C	8,00	1331,37
D	Não é medido ⁽¹⁾	Não é medido ⁽¹⁾
E	Não é medido ⁽²⁾	Não é medido ⁽²⁾

⁽¹⁾ Estimado em 6% do volume tratado.

⁽²⁾ Estimado em 5% do volume tratado.

O indicador de ALAVAF em L/m³, apresentado na Tabela 5.37, para o sistema C é 26% do A. Porém, o indicador apresentado na segunda coluna, em m³/m², para o sistema C é 83% do A, ou seja, valores mais próximos, podendo representar um indicador mais adequado quando se compara o volume de ALAVAF em diferentes sistemas.

Comparando os indicadores da primeira coluna das Tabela 5.36 e 5.37, para o SiTA C o volume de resíduos gerados nos decantadores, em L/m³, é 67% do gerado nos filtros, enquanto que para o A, isto se inverte, o volume de lodo é 271% do ALAVAF. Assim, nem sempre o volume de resíduos gerados nos filtros pode ser mais representativo.

A Tabela 5.38 apresenta os indicadores de tratamento de lodo e água de lavagem de filtros (ALAVAF) para os cinco sistemas. Os indicadores apresentados na Tabela 5.38, também representam, implicitamente, a porcentagem de resíduos que não é lançada *in natura* nos corpos d'água.

Tabela 5.38- Indicadores de tratamento de lodo e ALAVAF.

SiTA	Lodo tratado	ALAVAF tratada
A	1	1
B	1	1
C	1	2
D	3	3
E	1	1

Os resultados dos indicadores de tratamento de lodo e ALAVAF, apresentados na Tabela 5.17, foram aplicados considerando-se a porcentagem do volume de resíduo gerado que é tratado, conforme descrito a seguir.

Indicador 1: o volume gerado não é tratado;

Indicador 2: o volume gerado é parcialmente tratado;

Indicador 3: o volume gerado é tratado.

Os indicadores apresentados na Tabela 5.38, refletem a ausência de tratamento de lodo e não-recuperação da ALAVAF, na grande maioria dos sistemas estudados.

5.3.2.4 Indicadores relacionados ao quarto princípio da ecoeficiência - Apoio à reciclagem

O indicador de porcentagem do lodo reutilizado ou reciclado após tratamento é 0% para os cinco SiTAs.

O indicador de porcentagem da ALAVAF reutilizada ou reciclada após tratamento para os SiTAs A, B e E é 0%, para o C é 51,25% e para o D é maior que 0%, porém, o volume de água recuperada não é medido, o que impossibilita a aplicação correta deste indicador para o SiTA D.

Vale ressaltar que outros resíduos gerados tais como: resíduos de laboratórios, papéis, matéria orgânica, embalagem dos produtos químicos etc, não foram analisados nesta pesquisa. Porém, é importante que estes sejam considerados para avaliação desse quarto princípio da ecoeficiência e no sistema de gestão ambiental.

Neste trabalho, considerou-se apenas o lodo e a ALAVAF devido ao grande volume de resíduos que estes representam e quando dispostos de maneira inadequada, provocam sérios impactos negativos ao meio ambiente.

Observou-se que apenas um sistema visitado, o SiTA D, possui tratamento desses resíduos e apenas dois, o C e novamente o D, recuperam a água de lavagem de filtros. Porém, em nenhum dos cinco sistemas estudados nesta pesquisa o lodo é reutilizado ou reciclado após tratamento. O SiTA D possui tratamento do lodo, porém este não é reutilizado ou reciclado, sendo apenas disposto em um terreno (sem impermeabilização) ao lado da estação de tratamento de água.

5.3.2.5 Indicadores relacionados ao quinto princípio da ecoeficiência - Maximização do uso sustentável dos recursos naturais

Os indicadores de qualidade da água bruta para o ano de 2005 são apresentados na Tabela 5.39. Estes indicadores foram calculados a partir do valor médio anual de cada parâmetro da água bruta, dividido pelo valor de referência da resolução do CONAMA 357/05, para cada um dos 6 parâmetros considerados (turbidez, cor, OD, DBO, ferro e manganês). Para o indicador de OD, considerou-se o inverso do valor médio anual deste parâmetro dividido pelo valor mínimo estabelecido pelo CONAMA 357/05, cujo valor é 5mg/L.

Tabela 5.39 - Indicadores de qualidade da água bruta.

SiTA	Turbidez	Cor	OD*	DBO	Ferro	Manganês	Clorofila
A1	0,32	1,76	-	0,26	2,20	1,30	-
A2	0,13	0,87	-	0,22	2,30	1,20	-
B1	0,52	0,59	0,85	0,98	4,37	0,80	0,06
B2	0,45	0,55	0,89	0,78	4,67	0,90	0,06
C	0,60	4,05	0,86	0,30	11,60	1,10	0,29

*Este indicador foi calculado através da fórmula: **(5 ÷ valor médio anual de OD da água bruta)**

Analisando os indicadores de qualidade da água bruta, apresentados na Tabela 5.38, é possível verificar que os valores médios anuais de turbidez dos mananciais dos sistemas A, B e C estão abaixo do valor estabelecido pelo CONAMA 357/05, para Classe II, em que se encontraram os mananciais destes três sistemas. Os valores médios anuais de OD, DBO e Clorofila também se encontram abaixo do estabelecido pelo CONAMA 357/05.

Em relação aos valores médios anuais de cor, os indicadores mostram que a cor dos mananciais A1 e C estão consideravelmente acima do valor médio anual estabelecido pelo CONAMA 357/05, sendo que o indicador de cor para o manancial do sistema C é 4,05 e para o A1 é 1,76.

Em relação aos valores médios anuais de Ferro, os cinco mananciais dos três sistemas, A, B e C, possuem valores médios anuais acima de 0,3mgFe/L, que o é valor recomendado pelo CONAMA 357/05. O indicador de Ferro para o manancial do sistema C é 11,60.

Em relação os valores médios anuais de Manganês, os dois mananciais que abastecem o sistema A e o manancial C, possuem valores médios anuais acima de 0,1mgMn/L, conforme Tabela 5.39.

Os indicadores de perda de água, relacionados ao volume de água descartado durante as lavagens de decantadores e filtros, e volume de água perdido anualmente na ETA, em relação ao volume de água tratada e a população abastecida, encontram-se na Tabela 5.40.

Tabela 5.40 - Indicadores de perdas de água nas lavagens de decantadores e filtro e na ETA, em relação ao volume de água tratada e população abastecida.

SiTA	Perda de água nas lavagens: volume de água descartado ⁽¹⁾ por volume de água tratada [%]	Perda de água na ETA em porcentagem: volume de água perdido ⁽²⁾ na ETA por volume de água tratada [%]	Perda de água na ETA por habitante: volume de água perdido na ETA pela população abastecida [m³/hab.ano]
A	5,09	5,09 ⁽³⁾	7,18
B	Não é medido	2,64	2,13
C	2,97	3,12 ⁽⁴⁾	5,27
D	Não é medido. Estimado em 6%	Não é medido	6,95 ⁽⁵⁾
E	Não é medido. Estimado em 5%	Não é medido	7,50 ⁽⁵⁾

⁽¹⁾Volume **descartado** = volume de água utilizado na lavagem de decantadores e filtros, volume descartado durante a remoção de lodo (descargas de fundo de decantadores) e antes da lavagem dos decantadores (volume das unidades – flutuadores e decantadores). Para o SiTA C

⁽²⁾Volume **perdido** = diferença entre o volume medido na saída e na entrada da ETA.

⁽³⁾ O SiTA C não mede o volume perdido. Porém, considera-se o volume descartado como o volume total perdido na ETA.

⁽⁴⁾ O SiTA C não mede o volume perdido. Porém, considera como perdas de água o volume descartado, mais o volume de água consumido internamente na ETA, menos o volume de ALAVAF recuperado.

⁽⁵⁾ Para aplicação deste indicador nos SiTAs D e E considerou-se apenas o volume descartado, que é estimado.

A Tabela 5.40 apresenta dois tipos de indicadores de perdas de água, o primeiro expresso em porcentagem em relação ao volume de água aduzido e o outro relacionado a população abastecida pelo SiTA, o que pode representar indicadores de comparação. O indicador de perdas de água em m³/hab.ano, apresentado na terceira coluna da Tabela 5.40, é maior que 5% em quatro sistemas e, para apenas um, é cerca de 2%.

A Figura 5.52 ilustra a evolução do indicador de perda anual de água em porcentagem, resultado do volume de água perdido anualmente na ETA em relação ao volume de água tratada no mesmo período, para os sistemas de tratamento de água A, B e C, durante o período compreendido entre os anos de 1994 à 2005.

Figura 5.52 - Indicador de perda anual de água nas ETAs A, B e C durante os anos de 1994 à 2005.

Conforme ilustra a Figura 5.52, no ano de 1997, o indicador médio de perdas de água do SiTA B encontrava-se acima de 3%, em 2000 houve uma queda significativa, quando este atingiu cerca de 2%, que se manteve abaixo de 3% até 2005, ano em que este indicador é 2,64%. No SiTA C houve uma redução ainda mais significativa no indicador de perdas nos últimos 10 anos, em 1994, 5,54% e em 2005, 3,12%. Porém, no SiTA A não ocorreu o mesmo, visto que o indicador de perdas aumentou com o passar dos anos, de cerca de 2% em 1995 para 5,27% em 2005.

A Figura 5.53 apresenta a evolução do indicador de perda mensal de água em porcentagem, resultado do volume de água perdido mensalmente na ETA em relação ao volume de água tratada no mesmo período, para os sistemas de tratamento de água A, B, C, D e E, referente ao ano de 2005. Apesar dos SiTAs D e E só estimarem as perdas, o indicador referente à estas ETAs foi inserido na Figura 5.23, para fins de comparação. O SiTA E estima os valores de perdas de água em 6% e o SiTA D estima em 5%, de acordo com cálculos empíricos dos volumes de água utilizados nas lavagens de filtros.

Figura 5.53 - Indicador de perda mensal de água nas cinco ETAs no ano de 2005.

Na Figura 5.53, apenas o indicador de perdas do SiTA B pode ser considerado concreto e preciso, visto que, é o único sistema analisado que possui medidores de vazão na captação e saída da estação de tratamento.

A Tabela 5.41 apresenta os indicadores relacionados à eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores e da água utilizada na lavagem de filtros (ALAVAF).

Tabela 5.41 - Indicador de eficiência do controle da quantidade de lodo e ALAVAF.

SiTA	Eficiência do controle da quantidade de lodo gerado	Eficiência do controle da quantidade de ALAVAF
A	2	3
B	1	1
C	2	3
D	1	1
E	1	1

Os resultados do indicador de eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, apresentados na Tabela 5.41, foram determinados de acordo com as condições de medição da quantidade de resíduo gerado (lodo) durante as lavagens e/ou descargas para limpeza dos decantadores.

Indicador 1: representa baixa eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de lodo gerado não é medido ou estimado e/ou considera-se apenas o volume do decantador.

Indicador 2: representa média eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de lodo gerado é estimado. A descarga de fundo é estimada de acordo com a vazão de lodo multiplicado pelo tempo de descarga e para a lavagem soma-se o volume do decantador (e floculadores) e volume de água utilizado durante a lavagem.

Indicador 3: representa alta eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de lodo gerado é medido. Medem-se as descargas de fundo, o esvaziamento das unidades antes da lavagem e a água utilizada durante a lavagem para remoção do lodo.

Os resultados do indicador de eficiência do controle da quantidade de água utilizada nas lavagens de filtros, apresentados na Tabela 5.41, foram determinados conforme descrito a seguir:

Indicador 1: representa baixa eficiência do controle da quantidade de água utilizada na lavagem dos filtros, ou seja, o volume de água de lavagem de filtros não é medido, apenas considera-se o volume calculado através de uma porcentagem estimada e fixa.

Indicador 2: representa média eficiência do controle da quantidade de água utilizada na lavagem dos filtros, ou seja, o volume de água de lavagem de filtros é estimado através de

uma média, de acordo com a vazão da bomba multiplicada pelo tempo de lavagem e considerando-se uma média do número de lavagens.

Indicador 3: representa alta eficiência do controle da quantidade de lodo gerado nos decantadores, ou seja, o volume de água de lavagem de filtros é medido, considerando-se a vazão da bomba multiplicada pelo tempo de lavagem, comparando-se com o volume do reservatório (próprio para ALAVAF) que armazena a água utilizada para as lavagens e considerando-se todas as lavagens realizadas (anotando cada um dos volumes gerados).

Considerando os indicadores apresentados na Tabela 5.41, apenas dois sistemas, SiTAs A e C, possuem eficiência média e alta do controle quantidade de resíduos gerados nos decantadores e filtros.

5.3.2.6 Indicadores relacionados ao sexto princípio da ecoeficiência - Extensão da durabilidade dos produtos

Os indicadores de qualidade da água tratada para o ano de 2005 são apresentados na Tabela 5.42. Esses indicadores foram calculados a partir do valor médio anual de cada parâmetro da água tratada, dividido pelo valor de referência da portaria 518/05, para cada um dos 6 parâmetros considerados (turbidez, cor, cloro, flúor, ferro e manganês). Para o indicador de cloro, considerou-se o máximo estabelecido pela 518/05, cujo valor é 2mg/L e para o Flúor 1,5mg/L.

Tabela 5.42 - Indicadores de qualidade da água tratada.

SiTA	Turbidez	Cor	Cloro	Flúor	Ferro	Manganês
A	0,29	0,19	0,51	0,51	-	0,00
B	0,33	-	0,56	0,46	0,07	0,10
C	0,34	0,30	1,35	0,45	0,13	0,00
D	0,60	0,00	0,65	0,47	0,37	0,00
E	0,37	0,06	0,63	0,48	-	-

Os indicadores de qualidade da água tratada, apresentados na Tabela 5.42, mostram que os valores médios anuais dos seis parâmetros de qualidade da água tratada estão em acordo com o estabelecido pelo Portaria 518/05, com exceção apenas do cloro no sistema C, cujo valor está 35% acima do recomendado.

Os indicadores relacionados a redução da vazão durante o dia e, vazão de operação mínima, máxima e média dos SiTAs, divididos pela capacidade nominal de tratamento, considerando-se a vazão de projeto após as reformas/ampliações, são apresentados na Tabela 5.43.

Tabela 5.43 - Indicadores de alterações de vazão durante o dia e vazão de operação em relação a vazão de projeto.

SiTA	Redução da Q durante o dia (%) [*]	Qop. mín/Qp após reformas (%)	Qop. méd/Qp após reformas (%)	Qop. máx/Qp após reformas (%)
A	66%	40%	72%	116%
B	12%	76%	78%	86%
C	10%	70%	74%	78%
D	13%	74%	82%	85%
E	7%	79%	82%	85%

^{*}Redução da Q durante o dia (%) = $[1 - (Q_{\text{mín dia}}/Q_{\text{máx dia}})] \times 100$

Qop: vazão de operação e Qp: vazão de projeto

De acordo com os indicadores apresentados na Tabela 5.43, os sistemas não possuem sobrecarga em relação à vazão média. Apenas um sistema, que reduz 66% a vazão durante o dia, possui sobrecarga de 16% quando opera com vazão máxima, sendo que neste sistema a capacidade de reservação é alta, cerca de 0,90 L/m³, enquanto a média dos outros sistemas é 0,17 L/m³.

Na Tabela 5.44 são apresentados os indicadores de produção *per capita* de água tratada e capacidade de reservação de água tratada nos SiTAs.

Tabela 5.44 - Indicadores de produção per capita de água e capacidade de reservação.

SiTA	Produção <i>per capita</i> de água tratada ⁽¹⁾	Capacidade de reservação ⁽²⁾
	[L/hab.dia]	[L/m ³]
A	392	0,90
B	219	0,19
C	399	0,21
D	316	0,15
E	415	0,13

⁽¹⁾ Volume anual total de água tratada pelo SiTA em litros, dividido pela população abastecida pelo sistema de tratamento de água e por 365 dias.

⁽²⁾ Capacidade de reservação = Volume dos reservatórios da estação em litros dividido pelo volume de água tratada pelo SiTA em metros cúbicos.

5.3.2.7 Indicadores relacionados ao sétimo princípio da ecoeficiência - Aumento do nível de bens e serviços

A Tabela 5.45 apresenta o primeiro indicador relacionado ao aumento do nível de bens e serviços, que é o indicador de disponibilidade de área para ampliação da ETA.

Tabela 5.45 - Indicador de disponibilidade de área para ampliação da ETA.

SiTA	Disponibilidade de área para ampliação da ETA
A	1
B	1
C	2
D	3
E	0

Os resultados do indicador de disponibilidade de área para ampliação da ETA, apresentados na Tabela 5.45, foram determinados conforme descrito a seguir:

Indicador 0: pouca área disponível e não possui terrenos vazios no entorno

Indicador 1: pouca área disponível, mas possui terrenos vazios no entorno

Indicador 2: média área, com terrenos vazios no entorno

Indicador 3: grande área para ampliação.

Conforme apresentado na Tabela 5.45, somente uma estação de tratamento possui grande disponibilidade de área para ampliação, enquanto uma possui média e as outras três pouca disponibilidade. Esse indicador pode ser de grande importância, quando da necessidade de melhorias, reformas, ampliações e tratamento de resíduos.

O indicador de eficiência da sistematização dos dados gerados nos sistemas é apresentado na Tabela 5.46.

Tabela 5.46 - Indicador de eficiência da sistematização dos dados gerados nos sistemas.

SiTA	Eficiência da sistematização dos dados gerados no SiTA
A	2
B	3
C	3
D	1
E	1

Na Tabela 5.46, o indicador 1 representa baixa eficiência, o 2 média e o 3 alta eficiência da sistematização dos dados gerados no SiTA. Estes resultados foram determinados de acordo com a quantidade e forma de sistematização dos dados, apresentado no item 5.1.4.

Para atingir a ecoeficiência é importante a conscientização dentro da empresa de que cada indivíduo ou elo da cadeia produtiva pode colaborar em seu próprio estágio de produção, assim como, pode afetar elementos de outros estágios, contribuindo para a melhoria global e, consequentemente, o nível de bens e serviços.

Neste âmbito, os indicadores relacionados aos recursos humanos nos SiTAs são primordiais para avaliar o sétimo princípio da ecoeficiência.

O indicador de nível de automação do SiTA é 0% para os cinco sistemas, visto que nenhum sistema é automatizado.

Na Tabela 5.47 são apresentados os indicadores relacionados à quantidade de recursos humanos: número de funcionários do SiTA por 1000 habitantes abastecidos e número de operadores da estação de tratamento pela vazão média de operação.

Tabela 5.47 - Indicadores de quantidade de recursos humanos para os cinco SiTAs.

SiTA	Nº de funcionários SiTA/ 1000hab ⁽¹⁾ [un/1000hab]	Nº de operadores ETA/ Qop média ⁽²⁾ [un/m³/s]
A	0,42	13,94
B	0,10	5,93
C	0,13	10,57
D	0,12	4,87
E	0,34	23,47

⁽¹⁾Nº func.SiTA/ 1000hab = [(Número de funcionários do sistema) ÷ (População abastecida ÷ 1000)]

⁽²⁾Nº de operadores ETA/ Qop média (m³/s) = [(Número de operadores da estação de tratamento do SiTA) ÷ (Vazão de operação média em m³/s)]

O SiTA B, que é uma concessão privada, possui o menor número de funcionários por 1000 habitantes abastecidos, conforme indicador apresentado na Tabela 5.47. No sistema A, o indicador de número de funcionários é o quádruplo do B, e no E é o triplo. Também se observa, grande discrepância no indicador de número de operadores pela vazão média, cujos valores variam de 4,87 a 23,47 un/m³/s.

A Tabela 5.48 apresenta os indicadores relacionados ao nível de escolaridade dos recursos humanos em cada SiTA analisado. Este indicador foi calculado de acordo com o número de funcionários em cada nível de formação dividido pelo número total de funcionários de cada sistema, expresso em porcentagem.

Tabela 5.48 - Indicadores de nível de escolaridade dos recursos humanos em cada SiTA.

SiTA	Fundamental Incompleto (%)	Fundamental (%)	Médio (%)	Técnico (%)	Superior (%)	Não souberam informar
A	0,00	6,06	24,24	18,18	18,18	33,33
B	0,00	11,54	38,46	30,77	19,23	0,00
C	23,33	10,00	23,33	23,33	20,00	0,00
D	0,00	14,29	14,29	21,43	7,14	42,89
E	0,00	22,58	9,68	22,58	16,13	29,03

Os indicadores apresentados na Tabela 5.48 demonstram que três sistemas não souberam informar a escolaridade de alguns de seus funcionários. O nível de escolaridade é variável nos sistemas: poucos funcionários com nível superior no SiTA D, apenas 7%, enquanto nos outros sistemas, este indicador varia de 15 a 20%. O índice de analfabetismo no sistema C é relevante, com mais de 20% dos funcionários com fundamental incompleto. Porcentagem de técnicos maior do que nível superior, porém a soma da porcentagem destes dois níveis supera os outros níveis, representando em média 41% do total.

A Figura 5.54 ilustra os resultados da aplicação do indicador de nível de escolaridade dos recursos humanos considerando os cinco SiTAs analisados.

Figura 5.54 - Indicadores de nível de escolaridade dos recursos humanos em porcentagem, considerando os 5 SiTAs analisados.

Analizando a Figura 5.54 e traçando um paralelo com a Figura 3.13, apresentada no Capítulo 3, nota-se uma considerável evolução, apesar da autora (Parsekian,1998) ter estudado 11 estações, houve um aumento considerável no nível superior, de 4% reportado pelo autora para 17% nesta pesquisa, e o fundamental incompleto diminui de 31% para 5%. Segundo Parsekian (1998), 60% dos funcionários possuíam, no máximo, ensino fundamental e este nível de qualificação representa menos de 40% nesta pesquisa, mesmo considerando os 19% que não souberam informar. O nível técnico e médio praticamente se manteve, com um relativo aumento de 4% e 6%, respectivamente.

5.3.2.8 Indicadores relacionados ao oitavo princípio da ecoeficiência - Redução de custos

Na Tabela 5.49 são apresentados os resultados do indicador de gasto de energia elétrica na captação de água bruta em reais por volume de água tratada em metros cúbicos, para as captações A, C, D e E, durante os anos de 2002 à 2005.

Tabela 5.49 - Indicador de gasto de energia elétrica anual nas captações em R\$/m³.

ANO	Captação A [R\$/m ³]	Captação C [R\$/m ³]	Captação D [R\$/m ³]	Captação E [R\$/m ³]
2002	-	-	-	0,07
2003	-	0,10	-	0,07
2004	0,12	-	-	0,03
2005	0,13	-	0,13	0,14

A Figura 5.55 ilustra a variação do indicador de gasto de energia elétrica mensal nas captações A, D e E em R\$/m³, durante o ano de 2005.

Figura 5.55 - Indicador de gasto de energia elétrica mensal nas captações A, D e E, durante o ano de 2005.

O indicador de gasto de energia elétrica no mês de novembro de 2005, na Captação do SiTA E, em R\$/m³ é relativamente maior quando comparado aos outros meses, conforme ilustra a Figura 5.55. Analisando os dados de consumo de energia elétrica dos anos anteriores, na captação E, referente ao mês de novembro, não foi observado esse pico. Assim, pode ter havido erro de digitação ou transposição de dados pelo próprio sistema, o que provavelmente causou o aumento no indicador de consumo de energia elétrica (R\$/m³) na captação deste sistema, no mês de novembro de 2005.

Na Tabela 5.50 são apresentados três indicadores, relacionados ao gasto de energia elétrica nas captações de água bruta em kWh, por volume de água tratada (m³), por comprimento da adutora de água bruta (m) e por volume e comprimento combinados (m³.km), no ano de 2005.

Tabela 5.50- Indicadores de gasto de energia elétrica anual nas captações.

SiTA	Energia Cap./Vol. Tratado (R\$/m³)	Energia Cap./ m de Adutora (R\$/m)	Energ. Cap./ m³. km de Adutora (R\$/m³ . km)
A	0,1277	656	0,0588
C	0,0985	594	0,0166
D	0,1343	582	0,0448
E	0,1388	142	0,0106

Os indicadores de gasto de energia elétrica na captação, apresentados na Tabela 5.50, mostram que o gasto de energia na captação em R\$/m³ é maior no sistema E, porém, quando consideramos o comprimento da adutora de água bruta, o indicador de gasto em R\$/m de adutora passa a ser menor no sistema E, assim como o indicador de R\$/m³.km, demonstrando que a distância do manancial à estação pode influenciar sobremaneira o indicador de gasto de energia elétrica.

A Tabela 5.51 apresenta os resultados do indicador de gasto de energia elétrica na estação de tratamento de água em reais (R\$) por volume de água tratada em metros cúbicos para as estações A, C e D, durante os anos de 2003 à 2005.

Tabela 5.51- Indicador de gasto de energia elétrica anual na ETA em R\$/m³.

ANO	ETA A [R\$/m ³]	ETA C [R\$/m ³]	ETA D [R\$/m ³]
2003	-	0,03	-
2004	0,04	-	-
2005	0,04	-	0,06

A Figura 5.56 ilustra a variação do indicador de gasto de energia elétrica mensal nas estações de tratamento de água A e D em R\$/m³, durante o ano de 2005.

Figura 5.56 - Indicador de gasto de energia elétrica mensal nas ETAs A e D, durante o ano de 2005.

Os indicadores de gasto de energia elétrica total no SiTA A é 0,17 R\$/m³, no C é 0,13 R\$/m³ e no D é 0,19 R\$/m³, para o ano de 2005.

Os indicadores de gasto de energia elétrica anual na captação e na estação de tratamento de água pelo gasto total de energia elétrica dos sistemas, expresso em

porcentagem, para os SiTAs A, C e D são apresentados na Figura 5.57. Esses indicadores foram baseados em dados do ano de 2005, com exceção do SiTA C, que referem-se à 2003.

Figura 5.57 - Indicadores de porcentagem de energia elétrica gasta anualmente na captação e na ETA, em relação ao gasto total de energia elétrica nos SiTAs A, C e D.

Observando os gráficos apresentados na Figura 5.57, nota-se que o indicador de gasto de energia elétrica em porcentagem é maior na captação dos sistemas A, C e D. No SiTA C, o gasto de energia elétrica na captação é 77,32% do gasto total de energia do sistema, enquanto no A é 74,67 e no D 68,25%

A Tabela 5.52 apresenta os indicadores de custo para tratar a água e tarifa paga pelo consumidor, considerando a categoria Residencial até 10m³ e Industrial até 15m³. Nesta tabela, também encontra-se o custo dos sistemas de água e esgoto juntos, pois os sistemas B, D e E só forneceram o custo total (água + esgoto).

Tabela 5.52 - Indicadores de tarifa, custo do tratamento de água e custo total (água e esgoto) em reais (R\$) por volume de água tratada em metros cúbicos (m³).

SiTA	Tarifa de água Categoria Residencial até 10m³ (2005)	Tarifa de água Categoria Industrial até 15m³ (2005)	Custo para tratar a água R\$/m³ - 2002	Custo para tratar a água R\$/m³ - 2005	Custo água+esgoto R\$/m³ - 2002	Custo água+esgoto R\$/m³ - 2005
A	R\$ 6,351/mês	-	-	-	-	-
B	R\$ 6,50/mês	-	-	-	-	R\$ 1,22/m³ ⁽¹⁾
C	R\$ 6,33/mês	R\$14,65/ mês	R\$ 0,23/m³ ⁽²⁾	R\$ 0,27/m³ ⁽²⁾	-	-
D	R\$ 6,90/mês	R\$35,12/ mês	-	-	R\$ 0,65/m³ ⁽³⁾	R\$ 0,96/m³ ⁽³⁾
E	-	-	-	-	R\$ 0,83/m³ ⁽⁴⁾	R\$ 1,12/m³ ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Indicador fornecido pelo SiTA B, que inclui custos operacionais e administrativos de água e esgoto, sem encargos financeiros, seguros e devedores duvidosos, dividido pelo volume de água produzido (m³). Porém, a cidade não possui tratamento de esgoto, só coleta.

⁽²⁾ Indicador fornecido pelo SiTA C, que inclui custos com pessoal, salários dos funcionários, produtos químicos, laboratórios, equipamentos e materiais permanentes, energia elétrica, combustível e almoxarifado.

⁽³⁾ Indicador calculado de acordo com dados coletados no SiTA D, inclui custo total (água + esgoto). Foram computadas despesas com pessoal, produtos químicos, energia elétrica, serviço de terceiros e despesas fiscais.

⁽⁴⁾ Indicador fornecido pelo SiTA E, que inclui custo total (água + esgoto) computando despesas com pessoal, salário dos funcionários, produtos químicos, laboratórios, equipamentos e materiais permanentes, energia elétrica, combustível, obras e manutenções em geral.

Os indicadores de tarifa de água, apresentados na Tabela 5.52, são praticamente os mesmos, em média R\$0,65/m³, considerando a categoria residencial até 10m³. Em relação aos indicadores de custo, nenhum sistema soube informar precisamente qual o custo para tratar a água em R\$/m³, com exceção do sistema C, onde este indicador é 0,27 R\$/m³, segundo o coordenador do sistema. Os custos fornecidos por três sistemas, o B, D e E, incluem despesas de água e esgoto e são praticamente os mesmos, em média R\$1,10/m³.

Ainda em relação aos indicadores da Tabela 5.52, nota-se uma lacuna na grande maioria dos sistemas quando se analisa os indicadores de custo para tratar a água em R\$/m³. Isto decorre do fato de os sistemas não trabalharem os dados separadamente para os sistemas de água e esgoto ou, muitas vezes, alguns custos são desprezados, o que dificulta sobremaneira a construção de um indicador de custo real e confiável.

Em relação a porcentagem de despesas, considerando água e esgoto, os dados do ano de 2005 coletados no SiTA D mostraram que, 50,76% dos custos são despendidos com recursos humanos, 22,05% com energia elétrica, 18,67% serviço de terceiros, 7,15% produtos químicos e 1,37% despesas fiscais, conforme ilustra a Figura 5.58.

Figura 5.58 - Porcentagem de despesas do SiTA D, considerando gastos com água e esgoto.

A Figura 5.59 ilustra a porcentagem de despesas no SiTA E, considerando dados do ano de 2005 para água e esgoto. Neste SiTA 28,80% dos custos são despendidos com recursos humanos, 20,46% com energia elétrica, 10,09% com juros, 6,84% com obras e instalações e, os 33,81% restantes com materiais, combustível, telefonia e manutenções.

Figura 5.59 - Porcentagem de despesas no SiTA E, considerando gastos com água e esgoto.

5.4 Proposta de um SGA para SiTAs, baseado na ISO 14.001.

A Figura 5.60 apresenta um fluxograma ilustrativo e simplificado, de pontos importantes para o gerenciamento ambiental, que devem ser observados em um sistema de tratamento de água.

Subseqüente a análise do referido fluxograma, propõe-se um **Sistema de Gestão Ambiental (SGA)** em SiTAs, tendo em vista os resultados apresentados nesse Capítulo 5, onde muitos itens importantes são desconsiderados ou negligenciados pelos SiTAs.

Figura 5.60 - Fluxograma ilustrativo e simplificado de um sistema de tratamento de água e as condições e leis que devem ser observadas.

O fluxograma apresentado na Figura 5.60 representa a dimensão e dificuldade de se gerenciar um sistema de tratamento de água.

Existe grande quantidade de fatores que afetam direta e indiretamente a qualidade da água tratada, o funcionamento do sistema de tratamento de água e, principalmente, a qualidade ambiental. Esses fatores estão relacionados com o manancial, produtos químicos, características das unidades de mistura rápida, mistura lenta, decantação e filtração, laboratórios, condições gerais de operação e, principalmente, recursos humanos.

Após o estudo dos sistemas de tratamento de água, constatou-se que não existe qualquer planejamento, sem um profundo conhecimento do “objeto” que se deseja planejar. Existe uma grande diferença entre melhoria gerencial e implantação de um sistema gerencial. Infelizmente, constatou-se que a maioria dos SiTAs visitados não possuem sistema gerencial integrado, principalmente em relação ao meio ambiente.

Assim, para planejar, primeiramente precisa-se conhecer, analisar dados existentes e todos seus intervenientes, medir o que existe e verificar a necessidade de mais medições, para só então planejar e, a partir deste planejamento, definir metas.

O gerenciamento ambiental, em sistemas de tratamento de água preconiza por uma melhor qualidade não só da água que abastece a população, mas uma melhor qualidade dos serviços prestados, conservando e preservando o meio ambiente, através do uso racional dos recursos naturais e minimização dos impactos ambientais causados por esta atividade.

O primeiro ponto a ser considerado para que se possa iniciar um processo de melhoria da qualidade ambiental com ênfase na sustentabilidade seria a definição de uma Política Ambiental.

Esta **Política Ambiental**, nada mais é que o conjunto de descritores, os gargalos do sistema. Como definido anteriormente na revisão, são “características necessárias para sustentação e permanência do sistemas”, ou seja, o que os propositores desejam.

Porém, não se pode ter descritores e/ou Política Ambiental sem conhecer o sistema e seus impactos ambientais. Por isso, o levantamento de dados, assim como, a organização e

compilação dos dados existentes, padronizando-os e construindo indicadores passíveis de serem aplicados, que mensurem o sistema, é fator primordial para a elaboração desta política e em seguida o estabelecimento de objetivos e metas.

As etapas para implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nas ETAs, levando à melhoria contínua, poderia ser dividido em etapas:

1º Definição de uma Política Ambiental;

2º Definição de objetivos e metas – após conhecer o sistema (levantamento de dados);

3º Planejamento - plano de ação;

4º Monitoramento (indicadores);

5º Correção;

6º Análise de risco e prevenção.

Devem ser considerados também, os aspectos envolvidos para implantação do SGA, preconizado pela Norma ISO 14001:

- Desenvolvimento de uma política Ambiental;
- Criação de indicadores ambientais;
- Treinamento de pessoas envolvidas;
- Manual de gestão ;
- Revisão gerencial.

Diante desta nova perspectiva de ecoeficiência e sustentabilidade e analisando os resultados dos SiTAs visitados, verificam-se necessidades, antes não vislumbradas, assim crescem as dificuldades, principalmente em relação à:

- recursos humanos – responsáveis por definir e implementar;
- definição de pontos críticos de controle;
- aplicação e cumprimento de medidas preventivas;
- investimento em capacitação e melhoria dos sistemas.

5.4.1 Diretrizes para implantação de um SGA em SiTAs

A seguir, são apresentadas as diretrizes básicas para implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em Sistemas de Tratamento de Água (SiTAs), visando a ecoeficiência destes sistemas, baseando-se nos conceitos da ISO 14.001, conforme ilustra a Figura 5.61.

Figura 5.61 - Entradas e saídas do Sistema de Gestão Ambiental aplicado em Sistemas de Tratamento de água.

▪ **Objetivo do SiTA:**

Produzir água com qualidade (dentro dos padrões de Potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/04), em quantidade suficiente para atender todos consumidores, com regularidade e baixo custo (mínimo possível).

▪ **Sugestão de uma POLÍTICA AMBIENTAL para um SiTA:**

Buscar a ecoeficiência do SiTA através do fornecimento de água tratada com qualidade, quantidade e regularmente para toda população abastecida, com menor custo possível e reduzindo progressivamente os impactos ambientais negativos.

Para tanto, esta política ambiental deve seguir os seguintes princípios:

- 1- Implantar um **Sistema de gestão ambiental (SGA)**;
- 2- Conservar e proteger os mananciais de abastecimento, minimizando impactos negativos.
- 3- Minimizar o consumo de energia elétrica;
- 4- Minimizar o uso de produtos químicos,
- 5- Reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos sólidos, líquidos e gasosos gerados durante todo o processo e tratamento;
- 6- Reduzir perdas de água;
- 7- Conscientizar e capacitar os recursos humanos para que possam atuar em conformidade com esta política e com o SGA implantado.

▪ **Definir Indicadores de ecoeficiência e sustentabilidade para um SiTA:**

É necessário definir indicadores passíveis de serem aplicados no sistema, conforme exemplificado na Tabela 5.29 (Indicadores elaborados para os SiTAs, separados por oito princípios da ecoeficiência)

- **Analisar**
 - Possibilidade de utilização do conceito dos 3Rs (redução, reúso e reciclagem) no sistema
 - Ciclo de vida do produto / serviço

- **Estudar como organizar e implantar uma equipe para o SGA**
 - Comprometimento da alta administração;
 - Gestão de recursos humanos;
 - Treinamento/capacitação.

- **Estabelecer os passos para um programa de capacitação / treinamento**
 - Planejar;
 - Estabelecer metas;
 - Mensurar: elaborar indicadores, definir parâmetros;
 - Verificar.

5.4.1.1 Ferramentas gerenciais

A sistematização dos dados e o conhecimento dos aspectos operacionais possibilitam a identificação dos intervenientes e dos impactos ambientais preponderantes em uma Estação de Tratamento de Água de ciclo completo.

A fim de se identificar os impactos que cada atividade pode provocar no meio ambiente, a matriz de impactos ambientais torna-se uma ferramenta importante. A matriz

visa facilitar a visualização dos possíveis impactos ambientais nas fases de projeto, implantação e operação de um sistema de tratamento de água, definindo áreas críticas, facilitando e balizando a definição de indicadores, auxiliando a elaboração de uma política ambiental e plano de gestão ambiental para os SiTAs.

Na Tabela A2, no Apêndice A, tem-se um exemplo de uma Matriz de interação aplicado a um SiTA hipotético, onde apresentam-se os impactos ambientais inerentes a este sistema, utilizando-se o método de interação entre as ações impactantes e os fatores ambientais, identificando os aspectos positivos e negativos de cada atividade. Esta matriz, baseou-se também, na proposta de Wiecheteck (2002).

De acordo com Canter (1996), a matriz de interação indica o ponto de interação de uma ação ou atividade que causará uma mudança no fator ambiental, sendo bastante utilizada em estudos de impacto ambiental. Com base na identificação dos impactos ambientais é possível propor ações mitigadoras, encontrando-se soluções que conservem o meio ambiente e melhorem a qualidade do serviço.

A matriz de impactos ambientais, apresentada na Tabela A.2, facilita a visualização dos possíveis impactos ambientais nas fases de projeto, implantação e operação de um sistema de tratamento de água, definindo áreas críticas.

Segundo Philippi Jr et. al. (2004) é importante que medidas mitigadoras sejam aplicadas a todos os impactos negativos de projeto, implantação e operação de qualquer atividade impactante.

Em função dessa matriz, buscou-se também entender quais são os impactos ambientais causados pela principal ação impactante dos SiTAs, que é o lançamento de resíduos gerados nos decantadores (lodo) em corpos de água.

A partir do levantamento dos impactos ambientais oriundos do lançamento *in natura* do lodo em corpos d'água, elaborou-se uma rede de interação que identifica os impactos

diretos e indiretos dessa prática tão comum entre os sistemas de tratamento de água. Esta rede de interação é apresentada na Figura A1, Apêndice A. Dentre os impactos mais relevantes, apresentados na Figura A1, tem-se:

- Depleção na concentração de OD;
- Alteração da biota aquática;
- Mortalidade da comunidade bentônica de invertebrados;
- Mortalidade de peixes;
- Redução do volume útil do rio;
- Deficiências renais no ser humano;
- Doenças cardiovasculares etc.

A rede de interação, apresentada na Figura A.1, exemplifica uma outra ferramenta importante, que pode auxiliar a gestão ambiental dos SiTAs.

5.5 Análise crítica dos resultados

Para que a primeira etapa do ciclo PDCA, preconizado pela ISO 14001, possa ser realizada, é necessário o conhecimento prévio dos sistemas de tratamento de água, seus impactos, e o que realmente é medido, quais dados estão disponíveis. Este conhecimento prévio se tornou necessário pois, a maioria dos SiTAs visitados não possuem programas de gestão ambiental estruturado.

Durante as primeiras visitas técnicas aos SiTAs foi observado que são gerados, diariamente, muitos dados. Estes não são trabalhados, apenas utilizados como indicadores momentâneos, apesar de serem uma fonte imensurável de informações.

Para que os SiTAs atinjam a ecoeficiência, não basta que sigam a legislação e efetuem controle da poluição. Precisam considerar que todas as atividades são passíveis de impactos positivos e/ou negativos e que, de alguma forma, interferem no meio ambiente.

Avaliando as principais etapas de produção de água tratada para abastecimento público, foi elaborado o esquema da Figura 4.2, que ilustra a área de contorno desta pesquisa, ou seja, o Sistema de Tratamento de Água (SiTA). A referida figura, ilustra uma série de intervenientes para que a água captada dos mananciais possa ser consumida com segurança pela população, dentro dos padrões de potabilidade, estabelecidos pela Portaria 518/05. Em vista disso, cada etapa tem sua importância pontual no todo, pois é o conjunto de atividades e etapas que produzirão a água tratada com qualidade, confiabilidade, em regularidade e com menor custo possível, dentro dos princípios da ecoeficiência.

O enfoque desta pesquisa é para as etapas de produção de água potável, desde a captação até os reservatórios das ETAs, incluindo os resíduos gerados durante o tratamento. Não foram avaliadas as etapas de distribuição e pós uso da água, visto que estas não faziam parte do objetivo.

A compilação e sistematização dos dados, apresentados neste Capítulo 5, foram bastante trabalhosas e demoradas, devido à quantidade e forma de apresentação dos dados pelos sistemas de tratamento de água. Parte do levantamento de dados históricos também acarretou grande dificuldade em virtude da resistência ou demora de retorno dos responsáveis, dificuldade de acesso, até mesmo, indisponibilidade e ausência de alguns dados.

A proposta desta pesquisa foi elaborar indicadores a partir de dados existentes nos sistemas, o que mostrou-se adequada, devido a grande quantidade de dados gerados nestes sistemas. Apesar disto, a aplicação de alguns indicadores não foi possível em certos sistemas, devido, principalmente, à falta de padronização das unidades de medidas, forma de apresentação e indisponibilidade de determinados dados.

Muito embora outros indicadores sejam necessários, a ausência ou indisponibilidade de dados poderia impossibilitar sua aplicação ou torná-los imensuráveis e imperceptíveis.

Por ser uma pesquisa abrangente, e não teria como ser diferente dentro do escopo proposto, alguns resultados menos relevantes foram desconsiderados. Porém, ressalta-se que, para avaliar a ecoeficiência em SiTAs, todos os intervenientes devem ser considerados e os indicadores são extremamente relevantes na medida em que fornecem uma medida clara e bem objetiva da situação geral do sistema para a tomada de decisão.

Os resultados obtidos, inclusive com aplicação dos indicadores, são incipientes e precisam ser ampliados para outros sistemas, para que se possa estabelecer parâmetros para esse tipo de sistema e, assim, estabelecer conclusões mais contundentes.

A profundidade do estudo influencia os resultados, na medida em que, quase todas as atividades no SiTA são interligadas e interdependentes. Assim, a construção de indicadores que padronizem os dados e resultados é fundamental para estabelecer comparações entre diferentes estações de tratamento de água, e entre cada uma ao longo do tempo, a fim de avaliar sua evolução.

6 CONCLUSÕES

- Esta pesquisa buscou fornecer uma nova visão, do intitulado sistema de tratamento de água, para que os projetos executivos futuros considerem impreterivelmente o manancial, o entorno e os resíduos gerados durante o processo de tratamento de água.
- Na captação de água bruta não há planos de proteção dos mananciais e do entorno para a maioria dos SiTAs analisados, há preocupação somente com a manutenção dos equipamentos da captação.
- A visão do conceito dos 3Rs, quando existente nos SiTAs analisados, se resume aos dois últimos, ou seja, reúso e reciclagem, sendo o conceito de redução incipiente nestes sistemas.
- Os indicadores de ecoeficiência aplicados aos SiTAs apontaram, entre outros, para a necessidade de melhorias, padronização e estabelecimento de parâmetros para aumento do nível de bens e serviços, seja na sistematização dos dados, quantidade e nível de escolaridade dos funcionários e operadores dos sistemas.
- Dificuldade de avaliação e conclusão de alguns princípios da ecoeficiência, devido a ausência de parâmetros (padrões) para os indicadores, inclusive na literatura correlata.
- A maioria dos dados encontrados nos SiTAs não são sistematizados e tampouco utilizados como indicadores e instrumentos de gestão para estes sistemas.
- Os sistemas de tratamento de água, apesar de estarem enquadrados em sistemas de saneamento, estão muito mais comprometidos com a qualidade de seu produto final do que com a qualidade ambiental, que é preconizado pelo termo saneamento.
- Como indústrias de produção de água potável, os SiTAs não absorveram conceitos importantes visando melhorias e a ecoeficiência das empresas de água.

- Se faz urgente e necessário conhecer melhor os sistemas de tratamento de água, padronizar os dados gerados, elaborar indicadores e aplicá-los em diferentes SiTAs, a fim de estabelecer parâmetros para este tipo de sistema.
- Os cinco sistemas analisados não podem ser considerados ecoeficientes, seja em relação ao resultados dos indicadores aplicados, aspectos gerenciais, análise qualitativa e quantitativa, ausência de dados ou ineficiência na sua sistematização.
- O planejamento, estabelecimento de metas e aplicação de indicadores em diferentes sistemas são fundamentais para o estabelecimento de um parâmetro balizador, que poderá ser seguido pelos sistemas de tratamento de água.
- Necessidade da implantação de um modelo de gestão, que forneça subsídios para a geração e a padronização dos dados.

7 SUGESTÕES

- Aplicar os indicadores elaborados nesta tese em mais sistemas de tratamento de água, avaliando sua viabilidade e implantação para melhoria dos sistemas de tratamento de água, e estabelecer parâmetros a serem seguidos por este tipo de sistema.
- Aprofundamento na análise dos princípios da ecoeficiência e elaboração de indicadores, avaliando a possível interferência entre diferentes indicadores.
- Avaliar a aplicabilidade da ISO 24512, que estabelece diretrizes para gestão dos serviços de abastecimento de água potável.
- Verificar se os sistemas de tratamento de água cumprem os padrões de potabilidade da Portaria 518, considerando todos os parâmetros preconizados por esta, assim como verificar a possível influência de indústrias ou outro tipo de atividade poluente próximo aos mananciais e rede de distribuição.
- Analisar diferentes mananciais que são utilizados e prováveis, verificando seu possível comprometimento e quais as causas, avaliando conjuntamente os dados da CETESB e dos comitês de bacias.
- Buscar divulgação mais ampla da necessidade de uma gestão ecoeficiente.
- Elaborar cursos de capacitação que enfoquem a questão da ecoeficiência e gestão ambiental.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Rio de Janeiro, 1987. 48p.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 14.001. Sistema de gestão ambiental - Especificações e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ACHON, C.L.; BARROSO, M. M; CORDEIRO, J.S. **Gestão de recursos humanos em estação de tratamento de água**. In: XXX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS), Anais. Punta del Este - Uruguai, cd, VI-Achon-Brasil-1, 2006. 14p.

ACHON, C.L.; SOARES, L.V.; MEGDA, C.R. **Impactos ambientais provocados pelo lançamento *in natura* de lodos provenientes de Estações de Tratamento de Água**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais. Campo Grande – MS, ABES, cd, I-020, 2005. 15 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório anual ANEEL 1999** - Balanço da atuação da Agência Nacional de Energia Elétrica, no ano de 1999, em suas principais áreas: fiscalização, concessão, regulação e mediação. ANEEL, 1999.

AGENDA 21, **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. (1992: Rio de Janeiro). Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION / AWWA, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION / WEF, WATER ENVIROMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. Ed. Washington DC, USA, 2005.

AWWARF-AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION RESEARCH FOUDATION, KIWA-KEURINGSINSTITUUT VOOR WATERLEIDINGARTIKELEN. **Slib, Schlamm, Sludge**. Denver, USA, 1990

BARROSO, M. M. **Problemática dos metais e sólidos no tratamento de água (Estação Convencional de Ciclo Completo) e nos resíduos gerados**. São Carlos. 140p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2002.

BARROSO, M.M. e CORDEIRO, J. S. **Problemática dos metais nos resíduos gerados em estações de tratamento de águas**. In: Anais do 21 ° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, cd, I – 065, 2002.

BOOG G. G (Coordenador). **Manual de Treinamento e desenvolvimento ABTD**. São Paulo: MAKRON Books, 1994. 595 p.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 237** de 19 de dezembro de 1997. Procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental como instrumento de gestão ambiental. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 1997.

_____. **Lei 9.433** de 8 de Janeiro de 1997. Política Nacional dos Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.

_____. **Lei 9.605**. Lei da Vida – A lei dos Crimes Ambientais. Brasília, DF, 1998.

_____. **Lei 6.938** de 31 de Agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 1981

_____. **Portaria N° 518 de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde, 2004.

_____. **Resolução CONAMA N° 357** de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2005.

_____. **Lei N.º 6938** de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Congresso nacional, 1981.

_____. **Lei N.º 11.445** de 05 de janeiro de 2007. **Política Nacional do Saneamento Básico**. Congresso nacional, 2007.

_____. (2007) **Ministério das Cidades**. MEC, Ministério da Educação, Seminário sobre capacitação em saneamento, 2007. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/noticias/MEC_sedia_seminario_sobre_capacitacao_em_saneamento>. Acesso em: 13 jan. 2008.

BROCKA, B. e BROCKA, M. S. **Gerenciamento da qualidade**. São Paulo. Makron Books, 1994.

CANTER, L. W. (1996). **Environmental Impact Assessment**. Mc Graw Hgill, 2d ed., USA, 1996. 660p.

CASTRO, A. A; DIAS, A .M.V; RENNÓ, C.R.A ; CÉSAR, L.A S.; DEMATTOS, M.; MONTEIRO, J.A S. **O Problema de Caracterização Qualitativa dos Efluentes Gerados nas ETAs - O Caso da UTR do Rio das Velhas**. In: Anais do XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. II – 059. ABES, 1998.

CATÁLOGOS. **Catálogo da Estação de Tratamento de Água de Areias de Vilar-Portugal: Águas do Cavado**. Catálogos Promocionais, Portugal, 2002.

CORDEIRO, J.S. **Disposição, tratabilidade e reúso de estações de tratamento de águas**. São Carlos. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1981.

_____. **O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de águas.** São Carlos. 342p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1993.

_____. **Gerenciamento Integrado de Resíduos de Estações de Tratamento de Águas.** 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, cd ,I – 062, 2001 .

DAEE, FUNDAP. **Semana de debates sobre recursos hídricos e meio ambiente.** Consórcio Inter-municipal das Bacias dos Rios Piracicaba Capivari. Piracicaba, São Paulo 1992.

DERISIO, J. C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental.** Editora Signus, 2º edição, São Paulo/SP, 2000.

DIAS, A. P.; ROSSO, A.; DA SILVA, T. C. R. **Concepção Sistêmica: uma perspectiva para o saneamento ambiental.** In: Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, ABES, 2003.

DI BERNARDO, L. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água.** Rio de Janeiro, ABES. v.1. 1993.

FIGUEIREDO, S.V.A. **Conflitos relativos ao uso de água.** In: Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura (Silva, D.D. & Pruski F.F. eds) Brasília, DF: MMA; SRH; Abeas. Viçosa, MG: UFV. 1997. p.37-44.

DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. **Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas.** Artigo técnico. UFRGS - Porto Alegre, 2002.

FERREIRA, R. A. R. **Uma avaliação da certificação ambiental pela norma NBR ISO 14001 e a garantia da qualidade ambiental.** São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo ,1999.

FERREIRA FILHO, S. S. & ALÉM SOBRINHO, P. **Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, vol. 3, nº 3 e nº4, 1998. p. 128 – 136.

FUNKS, J. L. **O gerente como fator de sucesso nas empresas de saneamento básico.** In: Anais do 14º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, ABES, 1987.

GRANDIN, S.R.; ALÉM SOBRINHO, P.; GARCIA JR, A. D. **Desidratação de Lodos Produzidos em Estações de Tratamento de Água.** In: Anais do XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 2, Tomo II, ABES, 1993.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2005). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2000.** Disponível em <www.ibge.gov.br>: Acesso: 21 novembro 2006.

ISO, International Standardization Organization. **ISO/TC 224. Information Brochure**. ISO 24500 séries - Guidelines to improve governance and quality of water services: International standardization for service activities relating to drinking water supply systems and wastewater systems. Comitê ISO/TC 224. 2004. 6p. Disponível em <<http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=1319873&objAction=browse&sort=name>>. Acessado em 20 fevereiro 2006.

LARA, A.I.; ANDREOLI, C.V.; ANDREOLI, F.N. **Conservação de mananciais: a visão das companhias de saneamento**. In: Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. ABES. II - 059, CD. 1999.

LEITE, B. Z. e ANDREOLI, C. V. **Relação entre o consumo de produtos químicos e a qualidade da água distribuída em diversos sistemas de tratamento de água do Paraná**. In: Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Mato Grosso do Sul, ABES. I-108, CD. 2005.

LUNDIN, M. **Assessment of the environmental sustainability of urban water systems**. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden, 1999. 55p.

LIBÂNIO, M. e LOPES, V.C. **Metodologia para avaliação da performance de estações de tratamento de água**. In: Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Mato Grosso do Sul, ABES. I-009, CD. 2005.

The Community Indicators Handbook (1997). **Measuring Progress Toward Healthy and Sustainable Communities**. Seattle, 1997. 145p.

MACHADO, J. C. (2008). Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/saneamento-ambiental/programas-e-acoes-1/pncda>>. Acesso em: 15 jan. 2008.

MASSCHELEIN, W. **Unit Processes in Drinking Water Treatment**. New York Marcel Dekker, inc. EUA, 1992.

MESQUITA, M. **Competências para a melhoria contínua da produção: estudo de caso de uma empresa de autopeças**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Eng. de Produção, São Carlos, 2001.

MIRANDA, A. B. e TEIXEIRA, B. A. N. **Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, vol. 9, nº 4, 2004. p. 269 – 279.

MONTICELI, J. J. e MARTINS, J. P. S. **A luta pela Água – Nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari**. Capivari, SP, 1993. 124p.

OLIVEIRA, A. C.; FERNANDES, B. H. R. **Modelo de Gestão da Sanepar Teoria e Conceito – Revista Técnica da Sanepar**. Curitiba, SP, v.17, 2002. p.06-19.

PARSEKIAN, M. P.S. (1998). **Análise e proposta de formas de gerenciamento de Estação de Tratamento de Águas de Abastecimento Completo em cidades de porte médio do**

Estado de São Paulo. São Carlos. 183p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. DE A. ; BRUNA, G. **Curso de gestão Ambiental.** Barueri, SP: Manole, 2004. 1045p.

Plano de Bacia Hidrográfica 2000 – 2003 / UGRHI – PCJ. Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí - **Relatório Final - Fase 3.** COPLAENGE - Projetos de Engenharia Ltda. São Paulo, 2003. 184 p. RT.FEH01.EC.GER / RHI.003. http://www.agenciadeaguapcj.org.br/fr/gestaobacias_planodebaciaspcj.htm, acessado em dez/2006.

PNQS. (2006). Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento: Histórico. Disponível em: <<http://www.pnqs.com.br/institucional/historico.html>>. Acesso em: 21 set. 2006.

PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Informativo Eletrobrás do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**, ano 17, n. 72, Rio de Janeiro, Brasil, 2005. <http://www.eletrobras.com.br/elb/portal/main.asp>, acessado em 20/10/2006.

REALI, M.A.P. Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs. In: REALI, M.A.P (Coord.). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES, 1999. 250p.

RENNÓ, C. R. A. (2006). **Gestão das atividades e serviços relacionados com os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.** In: Seminário Nacional Regulação no Saneamento – O papel das agências reguladoras. Gramado-RS. ABES/ABAR, 2006.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento.** Ministério das Cidades. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2005. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS, 2005. <http://www.snis.gov.br/>, acessado em junho de 2006.

SOUZA, F. G. C. **Ocorrência de sólidos e metais na água tratada e nos resíduos gerados em ETA convencional de ciclo completo com descargas diárias.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

SOUZA FILHO, A.G.; Di BERNARDO, L. **Caracterização e clarificação da água de lavagem dos filtros de uma ETA que utiliza cloreto férrico como coagulante primário.** In: Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. II-058, CD ROM. Rio de Janeiro, ABES. 1999.

TISUTIYA, M. T. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.** 1ª edição – São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2001. 185p.

VIEIRA, J.M.P., VALENTE, J.C.T., MORAIS, C., PEIXOTO, F. **Planos de segurança de qualidade da água: Um caso de estudo.** In: Anais do XI Encontro Nacional de Saneamento Básico. Faro, 2004.

VIEIRA, J.M.P. e MORAIS, C. **Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento**. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Universidade do Minho. SIG – Sociedade Industrial Gráfica Ltda, 2005, 173p.

VITORINO, S. **Uma contribuição ao desenvolvimento de estratégia para implantação de sistema de gestão ambiental – SGA com fundamento na NBR ISO 14001**. 1997. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

VOLSCHAN JR., I. e JORDÃO, E. P. **Universidade, Estado e Prefeituras: integração para o saneamento ambiental de municípios fluminenses**. Trabalho VIII-003. In: Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville – SC. ABES, 2003. 504p.

VON SPERLING, M.; NASCIMENTO, L.V. **A Resolução CONAMA 20/86 e as legislações estaduais de classificação das águas e lançamento de efluentes**. (CD ROM) In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.

WBCSC. **World Business Council for Sustainable Development**. Verfaillie, H.A. e Bidwell, R. **Medir a Eco-eficiência: um guia para comunicar o desempenho da empresa**. Monsanto Company e Environmental Resources Management plc. 40p. Londres, 2000. <http://www.wbcsd.org/web/publications/measuring-eco-efficiency-portuguese.pdf>, último acesso nov/2007.

WIECHETECK, G. K. **Gestão Ambiental de Sistemas de Tratamento de Água**. In: XXVIII Congresso Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cancun-México, 2002.

WHO. **World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: incorporating first addendum**. Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. Electronic version for the Web. Library Cataloguing-in-Publicatio, p.48-83, 2006. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/, acessado em nov/2006.

WRI, World Resources Institute. **World Resources 1998-99**: Environmental change and human health, 1999.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Tabela A1 – Formulário para levantamento de dados. (continua)

I - Dados Gerais

Nome:

Endereco:

Cidade:

Responsável:

Empresa é autônoma, municipal, estatal ou privada?

Área disponível (dimensões do terreno):

Topografia do terreno:

II – Projeto do SiTA

1. Vazão de projeto:
2. Tecnologia de tratamento:
3. Capacidade de cada unidades:
4. Quantidade de cada unidade:

II - Água Bruta

II.A- Captação de água bruta:

1. Manancial superficial:
2. Manancial subterrâneo:
3. Distância da captação:
4. Manutenção da captação:
5. Condição dos mananciais e do entorno (vegetação):
6. Programa de proteção dos mananciais:
7. Enquadramento do corpo d'água (CONAMA Nº 357/05):

II.B- Características da água bruta: Valor médio mensal (histórico – 10 anos)

[illegible]

Tabela A1 – continuação.**V - Dados de Projeto do SiTA**

1. Tecnologia Empregada:
2. Número de bombas na captação:
3. Potência das bombas:
4. Tempo de funcionamento (horas/dia):
5. Consumo de energia elétrica (total mensal em kWh – histórico 10 anos):

6. Características da Coagulação (mistura rápida):

Tabela V.1- Características da Coagulação (mistura rápida)

tipo de mistura	pH coagulação	Tempo (s)	G médio (s^{-1})

7. Características da Floculação:

Tabela V.2 - Características da Floculação (mistura lenta)

tipo de mistura	pH coagulação	Tempo (s)	nº de câmaras	G médio (s^{-1})

8. Dimensão das Unidades:

Tabela V.3 - Dimensão das diversas unidades da ETA

Unidade	nº de unidades	profundidade (m)	largura (m)	comprimento (m)	volume (m^3)
Floculador					
Decantador					
Filtro					
Reservatório					

9. Características do decantador:

Tabela V.4 - Características do decantador

Decantador		Tempo de limpeza	frequência de limpeza	Tipo de limpeza	Tipo de fundo
Convencional	Alta Taxa			() manual	() plano
	() placas planas () duto de seção quadrada			() mecânica	() inclinado () tronco de pirâmide

10. Característica dos Filtros:

Tabela V.5 - Característica dos Filtros

Meio filtrante	Intervalo entre lavagens	Vazão na Lavagem (L/s)	Duração de lavagem	Método de lavagem	Água de lav. proveniente
() areia					
() areia e antracito					

Tabela A1 – continuação.

11. Reservatórios:

Tabela V.6 - Característica dos Reservatórios

Reservatório	Altura (m)	Volume (m ³)	Desnível (m)	Finalidade	Quantidade
retangular					
circular					

VI - Dados Operacionais - Funcionamento do SiTA

1. Número de bombas em funcionamento:

2. Potência das bombas:

3. Tempo de funcionamento (horas/dia):

4. Consumo de energia elétrica:

5. Características da Coagulação (mistura rápida):

Tabela VI.1- Características da Coagulação (mistura rápida)

tipo de mistura	pH coagulação	Tempo (s)	G médio (s ⁻¹)

6. Características da Floculação:

Tabela VI.2 - Características da Floculação (mistura lenta)

tipo de mistura	pH coagulação	Tempo (s)	nº de câmaras	G médio (s ⁻¹)

7. Características do decantador:

Tabela VI.3 - Características do decantador

Decantador		Tempo de limpeza	freqüência de limpeza	Tipo de limpeza	Tipo de fundo
Convencional	Alta Taxa			() manual	() plano
	() placas planas () duto de seção quadrada			() mecânica	() inclinado () tronco de pirâmide

8. Característica dos Filtros:

Tabela VI.4 - Característica dos Filtros

Meio filtrante	Intervalo entre lavagens	Vazão na Lavagem (L/s)	Duração de lavagem	Método de lavagem	Água de lav. proveniente
() areia					
() areia e antracito					

Tabela A1 – conclusão.**VII - Laboratório**

1. Possui laboratórios:
2. Quais equipamentos:
3. Manutenção dos equipamentos (frequência):
4. Quais análises de rotina:
5. Quem é responsável (formação):

VIII - Tratamento e Disposição dos resíduos**VIII.A - Água de lavagem dos filtros**

1. Processo de lavagem:
2. Quantidade de ar e água utilizada na limpeza:
3. Disposição desta água:
4. Tratamento desta água:
5. Recuperação desta água:

VIII.B - Lodo dos decantadores

1. Quantidade de lodo gerado:
2. Processo de limpeza dos decantadores:
3. Quantidade de água utilizada na limpeza:
4. Disposição do lodo:
5. Tratamento do lodo:
6. Recuperação da água livre presente no lodo:
7. Recuperação da parte sólida presente no lodo:

IX - Recursos Humanos

1. Qualificação dos operadores:
2. Existe treinamento dos funcionários:
3. Sistematização dos dados:
 - 3.1. Operações mecanizadas
 - 3.2. Operações automatizadas:
 - 3.3. Possui computadores:
 - 3.3. Utilização de "software" específico:
4. Turnos de trabalho:
 - 4.1. Número de funcionários por turno:
 - 4.2. Formação:
 - 4.3 Atividade desenvolvida:

X - Equipamentos de Segurança

1. Tipos de equipamentos:
2. Utilização dos equipamentos:
3. Acidentes ocorridos (manipulação de produtos):
3. Acidentes ocorridos (manipulação de equipamentos):

XI – Legislação Disponível no SiTA

1. Quais:
2. Todos tem acesso:

Tabela A2 - Matriz de interação nas fases de projeto, implantação e operação de um sistema de tratamento de água hipotético.

FATORES AMBIENTAIS		AÇÕES IMPACTANTES		PROJETO						IMPLANTAÇÃO				OPERAÇÃO						
				Captação de água – manancial de abastecimento	Adução de água bruta – distancia da cap. à ETA	Sistema elevatório – (bombeamento)	Tecnologia de tratamento de água adotado	Características das unidades de tratamento	Alternativa de tratamento dos resíduos de ETAs	Compatibilidade com o projeto	Geração de empregos	Ruídos	Remoção de vegetação	Área de implantação	Aumento do transito de veículos	Produção de água com qualidade	Consumo de produtos químicos	Geração de resíduos	Consumo de água na limpeza das unidades	Consumo de energia
MEIO FÍSICO	Ar																			
	Solo	-	-								-	-				-				
	Águas superficiais	-		-												-	-	-	-	
	Águas subterrâneas	-														-	-		-	
MEIO BIÓTICO	Fauna aquática	-										-				-				
	Cobertura vegetal	-									-					-				
MEIO ANTRÓPICO	Saúde e saneamento	-			+		-	-						+		-				
	Estrutura viária		-										-	-						
	Qualificação operacional				+			+						+						
	Energia elétrica		-	-	-		-										-	-	-	
	População	-					-			-		-	-	+		-				-
	Área de risco	-													-					
	Disponibilidade/Vol ume de água						-	-			-						-	-	-	
	Disponibilidade/qua ntidade de produtos químicos				-			-									-		-	

(+) impacto positivo (-) impacto negativo

A Figura A.1 apresenta a rede de interação elaborada a partir do levantamento dos impactos ambientais oriundos do lançamento *in natura* do lodo de ETAs em corpos de água.

Figura A.1 - Rede de Interação dos Impactos Ambientais gerados pelo lançamento *in natura* do lodo proveniente de ETAs