



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
**Centro de Tecnologia e Ciências**  
**Faculdade de Engenharia**

**José Rogério da Conceição Ramos**

**Avaliações técnico-operacionais em Estações de Tratamento de Água dos municípios das regiões leste e dos lagos do Estado do Rio de Janeiro, com propostas de melhorias para futura implantação de sistema de gestão ambiental baseado nas normas ISO 14.000.**

Rio de Janeiro  
2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

José Rogério da Conceição Ramos

**Avaliações técnico-operacionais em Estações de Tratamento de Água dos municípios das regiões leste e dos lagos do Estado do Rio de Janeiro, com propostas de melhorias para futura implantação de sistema de gestão ambiental baseado nas normas ISO 14.000.**

Dissertação apresentada, como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Odir Clécio da Cruz Roque.

Rio de Janeiro  
2008

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CTC/C

R 175

Ramos, José Rogério da Conceição

Avaliações técnico-operacionais em estações de tratamento de água dos municípios das regiões leste e dos lagos do Estado do Rio de Janeiro, com propostas de melhorias para futura implantação de sistema de gestão ambiental baseado nas normas ISO 14.000. / José Rogério da Conceição Ramos. – 2008.

204 f.: il.

Orientador: Odir Clécio da Cruz Roque

Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Engenharia.

Bibliografia: f.196-204

1. Gestão ambiental – Teses. 2. Água – Qualidade – Normas – Teses.  
3. ISO 14.000 – Teses I. Roque, Odir Clécio da Cruz. I. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Faculdade de Engenharia. II. Título.

CDU 504.06

Autorizo apenas para fins acadêmicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

Assinatura

Data



José Rogério da Conceição Ramos

**Avaliações técnico-operacionais em Estações de Tratamento de Água dos municípios das regiões leste e dos lagos do Estado do Rio de Janeiro, com propostas de melhorias para futura implantação de sistema de gestão ambiental baseado nas normas ISO 14.000.**

Dissertação apresentada, como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em 19 de março de 2008.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Odir Clécio da Cruz Roque.  
Faculdade de Engenharia da UERJ

---

Prof. Dr. Ubirajara Aluízio de Oliveira Mattos.  
Faculdade de Engenharia da UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Georgina Muniz Washington.  
Faculdade de Engenharia da UERJ

---

Prof. Dr. Marcelo Bessa de Freitas.  
Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca da FIOCRUZ

Rio de Janeiro  
2008

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por atender meus pedidos e não me deixar esmorecer nos momentos mais difíceis.

À minha família pela base estrutural de ensinamento (amor, carinho, educação, retidão moral, respeito ao próximo e outros), importante na minha formação.

À minha esposa Renata, pela paciência e compreensão pela minha ausência e por estar sempre ao meu lado nos meus momentos mais críticos desta jornada.

Aos meus colegas de turma pelo companheirismo e união de todos, estarão sempre em minha memória.

Aos meus colegas de trabalho, pelas informações fornecidas, tornando viável o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do PEAMB/UERJ pela competência na passagem de suas experiências profissionais e dos profundos conhecimentos das matérias ministradas.

Ao meu orientador, Professor Odir, pelas observações que foram fundamentais na formatação deste trabalho.

## RESUMO

RAMOS, José Rogério da Conceição. *Avaliações técnico-operacionais em estações de tratamento de água dos municípios das regiões leste e dos lagos do Estado do Rio de Janeiro, com propostas de melhorias para futura implantação de sistema de gestão ambiental baseado nas normas ISO 14.000*. 2008. 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Na gestão de recursos hídricos, as questões relacionadas aos impactos ambientais causados pelas Estações de Tratamento de Água não podem ser negligenciadas, devendo ser avaliadas em todos seus aspectos. Neste trabalho foram avaliadas as condições técnicas-operacionais e a gestão de seis Estações de Tratamento de Água de pequeno porte situadas nas regiões leste e dos lagos do estado do Rio de Janeiro. Os resultados apresentam dados de produção de água tratada, perdas de água contabilizadas com lavagem de filtros e descargas de decantadores e as não contabilizadas, gastos de energia e produtos químicos, produção de resíduos e seu destino final, bem como levantamento da capacitação do pessoal de operação, comparados com valores de literatura para ETAs consideradas eficientes. A partir da discussão dos resultados concluiu-se que há necessidade de correções de operação e manutenção das ETAs e monitoramento da qualidade das águas bruta e tratada, recomendando-se que a empresa de saneamento, efetivamente, implante melhorias para uma posterior implantação, em cada unidade, de um sistema de gestão ambiental, baseado nas normas ISO 14.000.

**Palavras chaves:** Gestão de Recursos Hídricos; Estação de Tratamento de Água; Sistema de Gestão Ambiental; Normas ISO 14.000.

## ABSTRACT

In Water Resources Management the questions related with environmental impact caused by Water Treatment Plants (WTPs) cannot be neglected, and they must be evaluated in every aspect. In this work it was evaluated the technical and operational conditions and the management of six small Water Treatment Plants located on the regions East and the Lakes of the State of Rio de Janeiro. The result presents data on treated water production, entered water losses caused by filter cleaning and decantors discharges, and not-entered losses, energy and chemical products expenses, residual production and its final destination, also the survey of operational staff capacitation compared to the literature values to the considered efficient WTPs. From the discussion of the results we conclude that corrections on the operation and maintenance of the WTPs are necessary, and a management of the raw and treated water quality, also we recommend to the sanitation service company to improve effectively in a future implantation a system of ambient management in each unit, based on ISO 14.000.

**Keywords:** Water Resources Management, Water Treatment Plants, Environmental Management System, Norms ISO 14.000.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 2.1 - 12 Regiões Hidrográficas e as 56 subdivisões - PNRH -----                   | 23  |
| Figura 2.2 - Captação de bacia e sub-bacias e seus exutórios -----                       | 25  |
| Figura 2.3 - Aumento demográfico em bacia hidrográfica -----                             | 26  |
| Figura 2.4 - Problemas da urbanização sem planejamento -----                             | 27  |
| Figura 2.5 - A gestão de recursos hídricos do Brasil -----                               | 38  |
| Figura 2.6 - Tecnologias de tratamento de água -----                                     | 60  |
| Figura 2.7 - ETA de ciclo completo -----                                                 | 62  |
| Figura 2.8 - Decantação em uma ETA -----                                                 | 64  |
| Figura 2.9 - Filtro lento -----                                                          | 67  |
| Figura 2.10 - Lavagem de um filtro lento -----                                           | 68  |
| Figura 2.11 - Filtro rápido em carga -----                                               | 69  |
| Figura 2.12 - Sistema de cloração com cilindros de 45 Kg. -----                          | 73  |
| Figura 2.13 - Início e final da lavagem de um filtro. -----                              | 77  |
| Figura 2.14 - Início e final da lavagem de um filtro. -----                              | 77  |
| Figura 2.15 - Decantador fora de carga. -----                                            | 78  |
| Figura 2.16 - Decantador sendo esvaziado para lavagem -----                              | 78  |
| Figura 2.17 - Visão necessária de um gerente de ETA -----                                | 82  |
| Figura 6.1 - Captação no Rio Bacaxá -----                                                | 120 |
| Figura 6.2 - Captação no Rio Bacaxá -----                                                | 120 |
| Figura 6.3 - Captação na Serra do Sambê -----                                            | 121 |
| Figura 6.4 - Vista geral da ETA 1 -----                                                  | 122 |
| Figura 6.5 - Captação no Rio Casseribu -----                                             | 131 |
| Figura 6.6 - Vista do Prédio da ETA 2 -----                                              | 131 |
| Figura 6.7 - Captação no canal Imunana -----                                             | 139 |
| Figura 6.8 - Vista do Prédio da ETA 3 -----                                              | 139 |
| Figura 6.9 - Vista da ETA 4 -----                                                        | 147 |
| Figura 6.10 - Elevatória de água tratada (quatro conjuntos grandes e dois pequenos) ---- | 153 |
| Figura 6.11 - Dois conjuntos menores -----                                               | 153 |
| Figura 6.12 - Vista do prédio da ETA 5 -----                                             | 154 |
| Figura 6.13 - Filtro sendo lavado -----                                                  | 157 |
| Figura 6.14 - Descargas de um decantador -----                                           | 157 |
| Figura 6.15 - Captação Rio Ubatiba -----                                                 | 163 |

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 6.16 - Vista da ETA 6 -----                                                | 163 |
| Figura 6.17 - Lavagem do tanque de sulfato -----                                  | 175 |
| Figura 6.18 - Resíduos da lavagem -----                                           | 175 |
| Figura 6.19 - Perda não contabilizada -----                                       | 176 |
| Figura 6.20 - Perda não contabilizada -----                                       | 176 |
| Figura 6.21 - Perda não contabilizada -----                                       | 176 |
| Figura 6.22 - Perda não contabilizada -----                                       | 176 |
| Figura 6.23 - Armazenamento de Cal -----                                          | 179 |
| Figura 6.24 - Armazenamento de Sulfato -----                                      | 179 |
| Figura 6.25 - Sacos de plásticos de sulfato de alumínio vazios -----              | 181 |
| Figura 6.26 - Sacos de plásticos de sulfato de alumínio vazios -----              | 182 |
| Figura 6.27 - Laboratório de uma ETA, sem todos os equipamentos necessários ----- | 185 |
| Figura 6.28 - Laboratório da ETA 1 com os equipamentos básicos -----              | 186 |
| Figura 6.29 - Fluxograma simplificado da gerência das ETAs -----                  | 188 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 6.1 - A quantificação das perdas físicas da ETA 1 -----                 | 124 |
| Gráfico 6.2 - Produtos químicos consumidos na ETA 1 -----                       | 125 |
| Gráfico 6.3 - Parâmetros físico-químicos da água bruta afluente a ETA 1 -----   | 127 |
| Gráfico 6.4 - Dados da Energia Elétrica consumida e o seu custo na ETA 1 -----  | 129 |
| Gráfico 6.5 - A quantificação das perdas físicas da ETA 2 -----                 | 133 |
| Gráfico 6.6 - Os produtos químicos consumidos na ETA 2 -----                    | 134 |
| Gráfico 6.7 - Valores médios diários do pH da água bruta afluente a ETA 2 ----- | 135 |
| Gráfico 6.8 - Consumo e custo da energia Elétrica da ETA 2 -----                | 137 |
| Gráfico 6.9 - Quantificação das perdas físicas na ETA 3 -----                   | 141 |
| Gráfico 6.10 - Consumo de produtos químicos na ETA 3 -----                      | 142 |
| Gráfico 6.11 - Parâmetros físico-químicos da água bruta afluente a ETA 3 -----  | 144 |
| Gráfico 6.12 - Consumo e custo da energia elétrica na ETA3 -----                | 145 |
| Gráfico 6.13 - As perdas físicas na ETA 4 -----                                 | 149 |
| Gráfico 6.14 - Os produtos químicos consumidos na ETA 4 -----                   | 150 |
| Gráfico 6.15 - Consumo e custo da energia na ETA 4 -----                        | 152 |
| Gráfico 6.16 - As perdas físicas na ETA 5 -----                                 | 156 |
| Gráfico 6.17 - Produtos químicos consumidos na ETA 5 -----                      | 158 |
| Gráfico 6.18 - Consumo e custo da energia elétrica na ETA 5 -----               | 160 |
| Gráfico 6.19 - As perdas físicas na ETA 6 -----                                 | 165 |
| Gráfico 6.20 - Produtos químicos consumidos na ETA 6 -----                      | 166 |
| Gráfico 6.21 - Parâmetro Físico-Químico da água bruta na ETA 6 -----            | 167 |
| Gráfico 6.22 - Consumo e custo da energia elétrica na ETA 6 -----               | 169 |
| Gráfico 6.23 - Perdas físicas nas ETAs -----                                    | 174 |
| Gráfico 6.24 - Consumos dos Produtos químicos nas ETAs -----                    | 177 |
| Gráfico 6.25 - Consumo e custos mensais de energia elétrica nas ETAs -----      | 183 |
| Gráfico 6.26 - Escolaridade dos Operadores das ETAs -----                       | 187 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 3.1 - Série ISO 14000 – Gestão Ambiental – Comitê ISO/TC207 -----                                    | 101 |
| Quadro 4.1 - Mapa de Produtividade de uma Estação de Tratamento de Água -----                               | 109 |
| Quadro 6.1 - Produtividade da ETA 1, referente ao ano de 2006 -----                                         | 123 |
| Quadro 6.2 - Produtividade da ETA 2, referente ao ano de 2006 -----                                         | 132 |
| Quadro 6.3 - Produtividade da ETA 3, referente ao ano de 2006 -----                                         | 140 |
| Quadro 6.4 - Produtividade da ETA 4, referente ao ano de 2006 -----                                         | 148 |
| Quadro 6.5 - Produtividade da ETA 5, referente ao ano de 2006 -----                                         | 155 |
| Quadro 6.6 - Produtividade da ETA 6, referente ao ano de 2006 -----                                         | 164 |
| Quadro 6.7 - Soma dos mapas de Produtividade das seis ETAs de pequeno porte, referente ao ano de 2006 ----- | 172 |



## LISTA DE TABELAS

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 3.1 - Usos múltiplos segundo as classes e as formas dos usos da água -----           | 30  |
| Tabela 3.2 - Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano -----        | 44  |
| Tabela 3.3 - Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção -----            | 44  |
| Tabela 3.4 - Principais doenças de veiculação hídrica -----                                 | 57  |
| Tabela 3.5 - Coagulantes primários e faixas de pH em que são utilizados -----               | 63  |
| Tabela 3.6 - Limites recomendados de íon fluoreto -----                                     | 70  |
| Tabela 3.7 - Vantagens e desvantagens dos desinfetantes (oxidantes) usados na água -----    | 71  |
| Tabela 3.8 - Compostos e Produtos a base de Cloro para Desinfecção da Água -----            | 74  |
| Tabela 3.9 - Subgrupo tarifário para a maioria das instalações do setor de saneamento ----- | 90  |
| Tabela 3.10 - Subgrupo tarifário para a maioria das instalações do setor de saneamento ---  | 91  |
| Tabela 3.11 - Normas NBR relacionadas ao controle de qualidade dos produtos químicos --     | 94  |
| Tabela 6.1 - Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 1. Valores médios diários --      | 126 |
| Tabela 6.2 - Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 2. Valores médios diários --      | 134 |
| Tabela 6.3 - Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 2. Valores médios diários --      | 143 |
| Tabela 6.4 - Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 4. Valores médios diários --      | 151 |
| Tabela 6.5 - Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 5. Valores médios diários --      | 158 |
| Tabela 6.6 - Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 6. Valores médios diários --      | 167 |
| Tabela 6.7 - Dosagens dos produtos químicos gastos nas ETAs. Valores médios diários --      | 178 |
| Tabela 6.8 - Resíduos gerados com o uso do Sulfato de Alumínio Sólido nas ETAs -----        | 180 |
| Tabela 6.9 - Resíduos gerados com o uso da Cal Hidratada nas ETAs -----                     | 181 |
| Tabela 6.10 - Resíduos gerados nas ETAs durante o tratamento da água -----                  | 182 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|         |                                                   |
|---------|---------------------------------------------------|
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas          |
| ANA     | Agência Nacional de Águas                         |
| ANEEL   | Agência Nacional de Energia Elétrica              |
| AWWA    | American Works Water Association                  |
| BS      | British Standards                                 |
| CBH     | Comitê de Bacia Hidrográfica                      |
| CECA    | Comissão Estadual de Controle da Água             |
| CEDAE   | Companhia Estadual de Águas e Esgotos             |
| CERHI   | Conselho Estadual de Recursos Hídricos            |
| CIPA    | Comissão Interna de Prevenção de Acidentes        |
| CNRH    | Conselho Nacional de Recursos Hídricos            |
| COMPERJ | Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro |
| CONAMA  | Conselho Nacional do Meio Ambiente                |
| DOERJ   | Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro        |
| EIA     | Estudo de Impacto Ambiental                       |
| EPI     | Equipamento de Proteção Individual                |
| ETA     | Estação de Tratamento de Água                     |
| FEEMA   | Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente  |
| FUNDRHI | Fundo Estadual de Recursos Hídricos               |
| IEF     | Instituto Estadual de Florestas                   |
| IQA     | Índice de Qualidade das Águas                     |
| ISO     | International Organization for Standardization    |
| kVA     | Quilo-volt-ampére                                 |
| kVarh   | Quilowatt-ampére-reativo-hora                     |
| kW      | Quilowatts                                        |
| kWh     | Quilowatt-hora                                    |
| MMA     | Ministério do Meio Ambiente                       |
| NBR     | Norma Brasileira Regulamentada                    |
| NEPA    | National Policy Environmental American            |
| NR      | Norma Regulamentadora                             |
| OHSAS   | Organization Health and Safety Assessment Series  |
| ONG     | Organização Não-Governamental                     |

|        |                                                   |
|--------|---------------------------------------------------|
| PCMSO  | Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional  |
| PDCA   | Plan-Do-Check-Action                              |
| PNCDA  | Programa Nacional de Desperdício de Água          |
| PNRH   | Política Nacional de Recursos Hídricos            |
| PROCON | Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos    |
| RIMA   | Relatório de Impactos ao Meio Ambiente            |
| SABESP | Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo    |
| SENAI  | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial       |
| SERLA  | Fundação Estadual de Rios e Lagos                 |
| SESI   | Serviço Social da Indústria                       |
| SESMT  | Serviço Especializado em Segurança e Medicina     |
| SGAI   | Sistema de Gestão Ambiental Integrado             |
| SGI    | Sistema de Gestão Integrado                       |
| SLAP   | Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras |
| SMS    | Saúde, Meio Ambiente e Segurança                  |
| SRH    | Secretaria de Recursos Hídricos                   |
| SST    | Segurança e Saúde no Trabalho                     |
| STD    | Sólidos Totais Decantáveis                        |
| WRC    | Water Research Center                             |

## SUMÁRIO

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>INTRODUÇÃO</b>                                                                     | 17  |
| <b>1. CONTEXUTALIZAÇÃO DO TEMA</b>                                                    | 20  |
| 1.1. Caracterização do Problema                                                       | 20  |
| 1.2. Objetivo                                                                         | 21  |
| 1.2.1. <u>Objetivos Específicos</u>                                                   | 21  |
| <b>2. REFERÊNCIAL TEÓRICO</b>                                                         | 22  |
| 2.1. A Gestão dos Recursos Hídricos                                                   | 22  |
| 2.1.1. <u>A Conceituação de Bacia Hidrográfica</u>                                    | 24  |
| 2.1.2. <u>A Importância da Água na Sociedade</u>                                      | 28  |
| 2.1.3. <u>As Legislações Acerca dos Usos das Águas no Brasil</u>                      | 31  |
| 2.1.4. <u>A Legislação e a Qualidade da Água para Consumo Humano</u>                  | 39  |
| 2.1.5. <u>A Gestão dos Recursos Hídricos no Estado do Rio de Janeiro</u>              | 45  |
| 2.2. As Características Físicas, Químicas e Bacteriológicas da Água                   | 47  |
| 2.2.1. <u>Características Físicas da Água</u>                                         | 48  |
| 2.2.2. <u>Características Químicas da Água</u>                                        | 51  |
| 2.2.3. <u>Características Bacteriológicas da Água</u>                                 | 55  |
| 2.3. Tratamento de Água para Consumo Humano                                           | 57  |
| 2.3.1. <u>O Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano</u>                  | 58  |
| 2.3.2. <u>As Tecnologias de Tratamento de Água</u>                                    | 59  |
| 2.3.3. <u>Os Procedimentos Operacionais em uma ETA</u>                                | 75  |
| 2.4. A Gestão de uma ETA de Ciclo Completo                                            | 80  |
| 2.4.1. <u>A Gestão dos Recursos Humanos</u>                                           | 83  |
| 2.4.2. <u>As Perdas Físicas e os Resíduos Gerados em uma ETA de Ciclo Completo</u>    | 85  |
| 2.4.3. <u>A Gestão da Energia Elétrica</u>                                            | 87  |
| 2.4.4. <u>O Gerenciamento dos Produtos Químicos</u>                                   | 93  |
| <b>3. OS SISTEMAS DE GESTÃO</b>                                                       | 98  |
| 3.1. O Sistema de Gestão Ambiental                                                    | 98  |
| 3.1.1. <u>As Normas da Série ISO 14000</u>                                            | 100 |
| 3.1.2. <u>A série ISO 14000 como ferramenta na diminuição dos impactos ambientais</u> | 102 |
| 3.1.3. <u>O Sistema de Gestão Ambiental segundo a Norma ISO 14001</u>                 | 103 |
| 3.2. O Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional (OHSAS 18001)               | 104 |

|             |                                                               |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------|-----|
| <b>3.3.</b> | <b>Os Sistemas de Gestão Integrada</b>                        | 107 |
| <b>4.</b>   | <b>METODOLOGIA</b>                                            | 109 |
| <b>5.</b>   | <b>LEVANTAMENTO DE DADOS</b>                                  | 110 |
| <b>5.1.</b> | <b>Apresentação das ETAs</b>                                  | 110 |
| <b>6.</b>   | <b>AVALIAÇÕES DOS DADOS OPERACIONAIS</b>                      | 116 |
| <b>6.1.</b> | <b>Avaliações dos dados operacionais das ETAs</b>             | 117 |
| 6.1.1.      | <u>Quantificação dos Sólidos Produzidos</u>                   | 117 |
| 6.1.2.      | <u>Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 1</u>             | 120 |
| 6.1.3.      | <u>Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 2</u>             | 131 |
| 6.1.4.      | <u>Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 3</u>             | 139 |
| 6.1.5.      | <u>Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 4</u>             | 147 |
| 6.1.6.      | <u>Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 5</u>             | 154 |
| 6.1.7.      | <u>Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 6</u>             | 162 |
| <b>6.2.</b> | <b>Os dados operacionais das seis ETAs</b>                    | 171 |
| 6.2.1.      | <u>Perdas Físicas nas ETAs</u>                                | 173 |
| 6.2.2.      | <u>Produtos Químicos Consumidos nas ETAs</u>                  | 177 |
| 6.2.3.      | <u>Geração de Resíduos nas ETAs</u>                           | 180 |
| 6.2.4.      | <u>Consumos e Custos mensais da Energia Elétrica nas ETAs</u> | 183 |
| 6.2.5.      | <u>Equipamentos nas ETAs</u>                                  | 184 |
| 6.2.6.      | <u>Recursos Humanos nas ETAs</u>                              | 186 |
| <b>7.</b>   | <b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>                             | 189 |
| <b>7.1.</b> | <b>Conclusões</b>                                             | 189 |
| <b>7.2.</b> | <b>Recomendações</b>                                          | 192 |
|             | <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                             | 196 |

## INTRODUÇÃO

Com a Revolução Industrial e o conseqüente aumento na diversidade dos processos produtivos e com todos eles demandando consideráveis quantidades de água, inicia-se o uso indiscriminado dos recursos hídricos, tanto como provedores de água limpa, como receptores (rios, lagos e mares) de rejeitos industriais, acrescido dos esgotos domésticos sem o devido tratamento. Em pleno século XXI esta situação ainda perdura em muitas regiões do nosso planeta, provocando a degradação dos recursos hídricos e disseminando, principalmente nas populações mais pobres, várias doenças e mortes relacionadas ao uso da água inadequada para o consumo (Júnior, 2001).

De acordo com Tundisi (2003), considerando a totalidade da água doce existente no nosso planeta, 68,9% estão dispostos nas calotas polares e geleiras, 29,9% compõe a quantidade de água doce subterrânea, 0,9% está disposta em outros tipos de reservatórios e somente 0,3% pode ser encontrada nos rios e lagos, sendo esta última quantidade a que apresenta as melhores condições de acesso para a captação desta água.

No século XX a população mundial triplicou e o consumo de água aumentou em seis vezes neste mesmo período, pois o crescimento populacional trouxe mais fábricas, mais desperdícios e no topo do consumo de água doce, está a atividade agrícola de larga escala, que corresponde a cerca de 70% de toda água doce consumida no planeta (Júnior, 2001).

Atualmente no Brasil, cerca de 75% dos seus habitantes estão concentrados nas regiões onde ocorreram processos de urbanizações, sendo este um importante fator preponderante para que as bacias hidrográficas dos grandes centros urbanos tenham rápido comprometimento na qualidade e por conseguinte, na qualidade de seus recursos hídricos, fazendo com que a disponibilidade de água de boa qualidade seja cada vez mais escassa (Reali, 1999).

Com o crescimento demográfico desordenado nas cidades brasileiras, principalmente nas regiões metropolitanas, a demanda por água tratada é cada vez maior, fazendo com que novas Estações de Tratamento de Água (ETAs) surjam sem o devido planejamento que vislumbre uma solução definitiva em curto prazo para a adequada disposição de seus resíduos.

Segundo Cordeiro (2003), mesmo apresentando formas diversas de manutenção e operação nas muitas unidades espalhadas pelo Brasil, as ETAs devem ser consideradas como unidades industriais.

Estas unidades são integrantes e fundamentais em um sistema de abastecimento de água para consumo humano, tendo como objetivo principal a transformação da água bruta em água potável de acordo com legislação vigente no país, a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde. A água tratada tem papel fundamental para a saúde pública, pois seus benefícios sociais e promoção da saúde são impactantes benéficamente em qualquer comunidade (Heller, 1997).

Como toda unidade industrial de transformação, uma Estação de Tratamento de Água (ETA) é composta de vários processos e também pode produzir impactos ambientais negativos em suas atividades, sendo a produção de resíduos (lodo dos decantadores, águas provenientes das lavagens dos filtros e os resíduos da casa de química), o principal problema para os gerentes deste tipo de unidade, uma vez que a água bruta, matéria prima do processo, ao ser tratada, recebe produtos químicos como sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato ferroso, polieletrólito, cal, cloro ou seus derivados, flúor entre outros que depende da qualidade da água gerando produtos complexos sob a forma sólida, semi-sólida ou líquida que necessitam ser encaminhadas ao meio ambiente sem gerarem impactos.

O gerente de uma ETA, como de qualquer unidade industrial, deve ter a visão geral de quais benefícios esta unidade é capaz de gerar para a comunidade em seu entorno e, como concomitantemente, é capaz de causar impactos ambientais negativos importantes, atingindo uma comunidade que supostamente foi beneficiada pelo projeto, principalmente com relação aos recursos hídricos quando afetados.

O conhecimento da qualidade da água bruta a ser tratada é fundamental, pois a gestão e a operação de uma ETA estão diretamente ligadas a este fator, podendo ser determinante nas dosagens dos produtos químicos e nas quantidades e qualidade de lodos gerados nos decantadores e das águas provenientes das lavagens dos filtros.

O gerente de uma ETA tem que manter a atenção constante quanto ao que acontece a montante e a jusante de sua unidade, sem esquecer que este tipo de unidade industrial tem que produzir um produto (água potável) em quantidade suficiente que atenda a demanda exigida, com excelente qualidade; atendendo aos parâmetros legais, ao menor custo possível, pois sendo essencial à vida, tem que ser acessível a todas as pessoas.

A visão ampla de um gerente de ETA deve ser fruto de atualização técnica, assim como dos profissionais que atuam sob seu comando, pois tendo conhecimento de toda a situação fica mais fácil para que haja o comprometimento do gestor na otimização do processo, procurando formas de reduzir o consumo de produtos químicos, buscando os de

melhor qualidade e procedência, da redução do consumo de energia elétrica, nas mais diversas formas e, prioritariamente, da conscientização dos operadores quanto a importância da minoração dos impactos ambientais, considerando ações que busquem a redução da produção de resíduos e a melhora na qualidade do produto final.

Segundo Parsekian (1998) não existe uma visão ampla na análise dos problemas relacionados ao tratamento de água por parte dos gerentes, fazendo com haja uma fragmentação das soluções e com isso, os problemas advindos dos processos e das operações existentes em uma ETA não recebem soluções adequadas. Muitas vezes a dificuldade de se visualizar adequadamente um problema em uma ETA pode acarretar em aumento dos custos financeiros, pois se fará necessário uma nova avaliação para que se chegue a uma resolução que seja adequada.



## **1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA**

### **1.1. Caracterização do Problema e a Apresentação das ETAs Estudadas**

As ETAs em estudo são seis e foram concebidas como alternativas provisórias para suprir o abastecimento dos municípios de Rio Bonito (ETA 1), Tanguá (ETA 2), Itaboraí (ETAs 3, 4 e 5) e Maricá (ETA 6), no estado do Rio de Janeiro.

Com o passar do tempo essas unidades de tratamento tornaram-se fundamentais para o abastecimento público dos municípios em que estão localizadas, observando que o volume de água distribuída atualmente não consegue suprir a atual demanda por água potável e que a cada ano cresce rapidamente.

Segundo a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) (1985), através de seu Plano Diretor de Abastecimento de Água para a Região Metropolitana, os municípios de Maricá e Itaboraí (antes de sua emancipação, o município de Tanguá era 5º distrito de Itaboraí e tinha outra solução para seu abastecimento), seriam abastecidos com água proveniente do sistema Imunana-Laranjal, onde o abastecimento do município de Maricá ficaria condicionado à construção de uma ETA de ciclo completo (coagulação, floculação, decantação/flotação, desinfecção, fluoretação e alcalinização), com vazão de 180 m<sup>3</sup>/h e o restante da demanda seria suprida pela água proveniente da ETA Laranjal, resultado da ampliação da sua capacidade de tratamento decorrente da construção das barragens que viriam possibilitar a regularização da vazão do rio Macacu.

Quanto ao município de Itaboraí, este deveria ser abastecido pela ETA Itambi (não construída), mas é suprido, de forma não satisfatória, por três ETAs, que totalizam uma vazão média de água distribuída de, aproximadamente, 21.600 m<sup>3</sup>/dia, para uma população de pouco mais de 187.000 habitantes, segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2000.

Este cenário configura uma oferta de água de pouco mais de 115 l/hab./dia, caracterizando um estresse hídrico, onde a população mais vulnerável economicamente é atendida de forma precária pelo sistema de abastecimento público tendo que recorrer às alternativas de abastecimento que favorece a ocorrência de várias doenças de veiculação hídrica.

As ETAs no Brasil, em sua maioria, carecem de uma melhor avaliação na quantificação dos impactos ambientais gerados na transformação da água bruta em potável e na busca de uma melhoria na forma de gerenciá-las em que sejam consideradas as pressões externas, visto que são cada vez maiores quanto às questões relacionadas aos impactos ambientais.

## **1.2. Objetivo**

Este trabalho tem por objetivo avaliar as questões técnico-operacionais, propondo medidas de melhorias de funcionamento para uma futura implantação de sistemas de gestões ambientais baseados nas normas ISO 14.000 (International Organization for Standardization), em seis ETAs de pequeno porte, situadas nas regiões leste e dos lagos, no estado do Rio de Janeiro.

### **1.2.1. Objetivos Específicos**

Têm-se como objetivos específicos:

- Verificar os processos de funcionamento das seis ETAs;
- Avaliar o processo de gestão de ETAs de pequeno porte de ciclo completo;
- Quantificar os resíduos produzidos no tratamento de água nas seis ETAs;
- Apontar os pontos de contribuição para futura implantação de um sistema de gestão ambiental em ETAs;

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. A Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**

A legislação acerca dos recursos hídricos no Brasil teve como destaque no final da década de 90 a Lei 9.433/97 (Lei das Águas), mas o histórico legislativo visando a gestão pública das águas a nível nacional vem de longa data.

A Constituição do Império, de 1824, foi um divisor de duas diferentes fases (anterior e posterior a mesma) na gestão dos recursos hídricos no Brasil, onde na primeira fase destaca-se o Alvará de 1804, aplicado ao país em 1819, que pela sua importância vigorou até a implantação do Código de Águas, em 1934, mesmo tendo sido promulgada a Constituição de 1934 (Pompeu, 2004).

Mesmo sendo de longa data a tentativa governamental de legislar sobre a gestão sustentável dos recursos hídricos, durante boa parte do século XX, devido aos interesses econômicos, a água foi usada para a geração de energia, priorizando-se a construção de usinas hidroelétricas, pois se acreditava que sendo o Brasil detentor de cerca de 12% de toda a água doce disponível este recurso seria inesgotável (Henkes, 2003).

Atualmente, por força da Lei 9.433/97 a esfera governamental através da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), adotando duas vertentes integradas e interdependentes, uma nacional e outra regional, onde são considerados todos os tópicos e questões que apresentem visões estratégicas e se encaixem na vertente a nível nacional, sendo na vertente regional as questões analisadas exclusivamente, regionais e locais, considerando, conforme mostra a Figura 2.1, as doze Regiões Hidrográficas brasileiras, que estão subdivididas em 56 Unidades de Planejamento, criadas, temporariamente, com o objetivo de se obter informações, relacionadas à quantidade e a qualidade dos recursos hídricos (MMA, 2006).

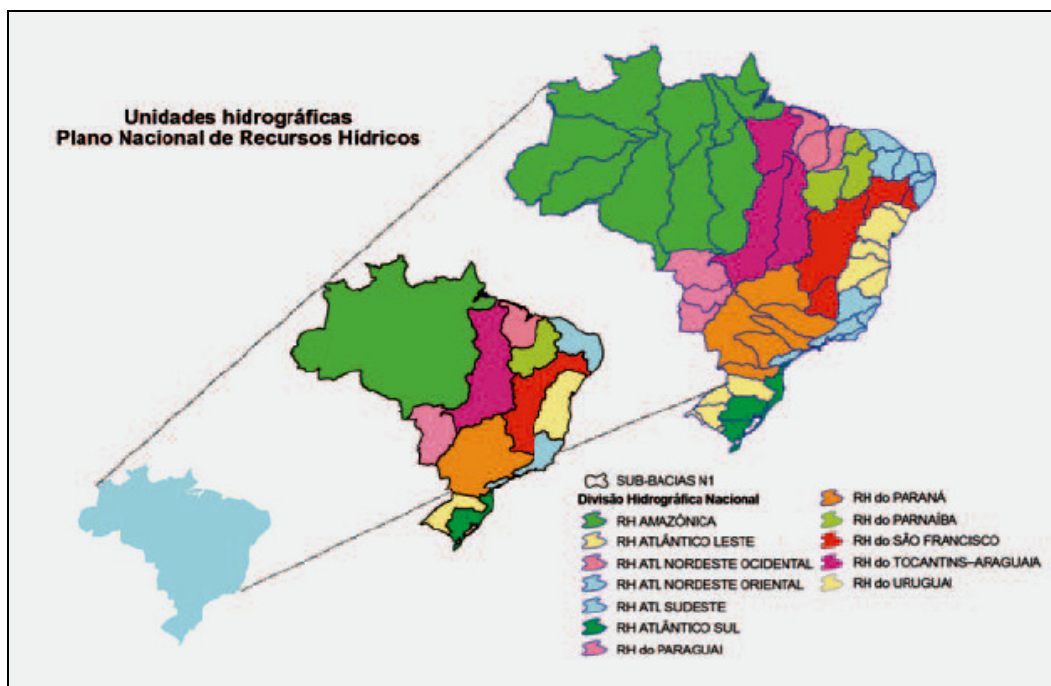


Figura 2.1 – 12 Regiões Hidrográficas e as 56 subdivisões. Fonte: MMA (2006).

A gestão dos recursos hídricos no Brasil passa, obrigatoriamente, pelo PNRH, que segundo o MMA (2006), tem como objetivo o estabelecimento de um pacto nacional onde a gestão das demandas por água é realizada através de uma dinâmica contínua, que se subsidia com o monitoramento, a avaliação e periódicas atualizações, observando ser a água a base estrutural para que haja o desenvolvimento sustentável, onde se priorize a inclusão social nos projetos de políticas públicas, considerando a quantidade e a qualidade da mesma.

A qualidade da água é um fator de grande importância a ser observado quando se fala em gestão de recursos hídricos, mas no Brasil não se está priorizando este tópico, visto que existem diversas bacias hidrográficas com informações insuficientes ou inexistentes acerca da qualidade de suas águas (ANA, 2006).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (2006), existem seis importantes bacias hidrográficas localizadas nas principais regiões metropolitanas, que apresentam suas águas incluídas na categoria ruim e péssima, considerando os parâmetros do Índice de Qualidade das Águas (IQA), sendo elas as seguintes:

**- Região Hidrográfica do Paraná** – bacias do Alto Iguaçu (Curitiba), Alto Tietê (São Paulo), Piracicaba (Campinas/SP), Meia Ponte (Goiânia), Rio Preto (São José do Rio Preto);

- **Região Hidrográfica do São Francisco** – bacia do rio das Velhas, Pará e Paraopeba (Belo Horizonte);
- **Região Hidrográfica Atlântico Leste** – bacia dos rios Joanes e Ipitanga (Salvador);
- **Região Hidrográfica Atlântico Sul** – bacia dos rios dos Sinos e Gravataí (Porto Alegre);
- **Região Hidrográfica Atlântico Sudeste** – bacia do rio Paraíba do Sul (Juiz de Fora), bacia do rio Jucu (Vitória);
- **Região Hidrográfica do Paraguai** - bacia do rio Miranda (Aquidauana).

### **2.1.1. A Conceituação de Bacia Hidrográfica**

Segundo Silveira (2004), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída (exutório), sendo esta composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e uma rede de drenagem formada por cursos de água que concluem até resultar em um único leito, o exutório.

A bacia hidrográfica, conforme a Figura 2.2, deve ser considerada como um sistema de fenômenos físicos, onde a sua entrada do volume de água ocorre quando há precipitação e a saída quando determinado volume é escoado pelo exutório, tendo como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados, somando-se a tudo isso os que vão se infiltrar nas partes mais profundas do solo, sendo que quando houver ocorrência de um evento isolado, podem ser desconsideradas estas perdas e analisar a transformação de chuva em vazão feita pela bacia hidrográfica.

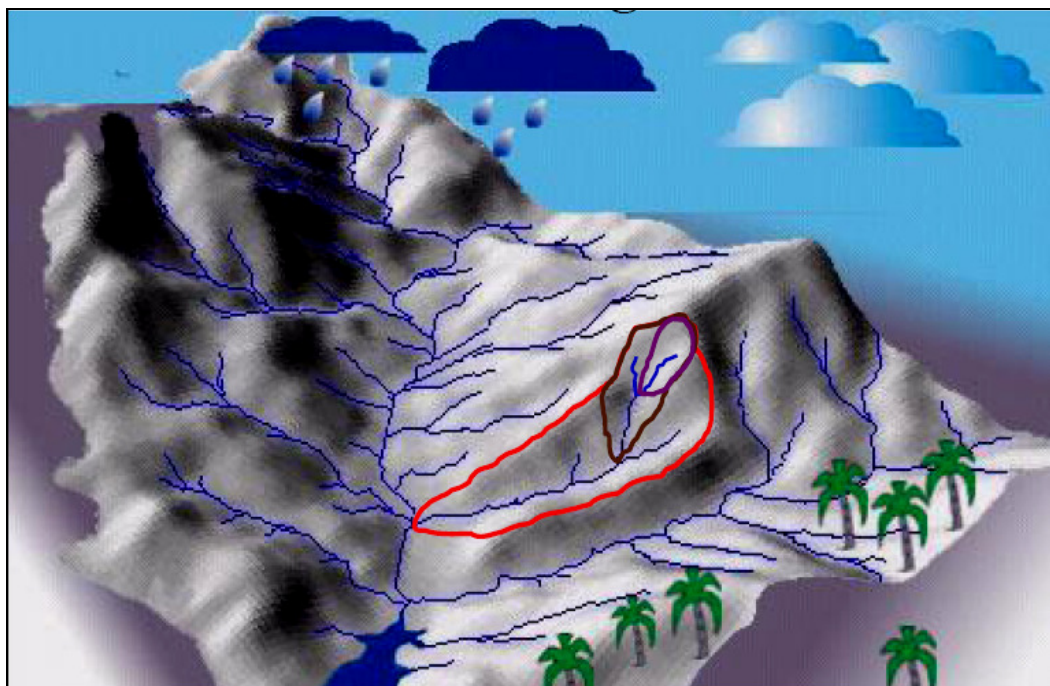


Figura 2.2 – Captações de bacia e sub-bacias e seus exutórios. Fonte: ANA (2006).

A Lei Federal nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997 em seu artigo 1º, alínea V, determina que: *a bacia hidrográfica seja uma unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*, sendo esta determinação um avanço no planejamento e gestão dos recursos hídricos no Brasil, pois faz com que haja uma política de gestão dos recursos hídricos a nível governamental e com forte participação da sociedade através dos comitês de bacia, onde conclui-se que os problemas relacionados a quantidade e a qualidade das águas serão discutidos pela sociedade, seja em uma pequena bacia ou em outra de grande extensão territorial.

Conforme mostra a Figura 2.3, a quantidade e a qualidade das águas de uma bacia hidrográfica estão ligadas às densidades demográficas da mesma e de como esse grupo populacional consegue implementar o gerenciamento ambiental que possa reduzir os impactos ambientais nos seus recursos hídricos. As atividades humanas na exploração dos recursos naturais visando a expansão das atividades industriais e agrícolas para suprir as demandas econômicas e sociais que o crescimento populacional, geralmente desordenado, exige, são os agentes de crescentes pressões antrópicas sobre todos os mananciais hídricos, sejam superficiais ou subterrâneos.

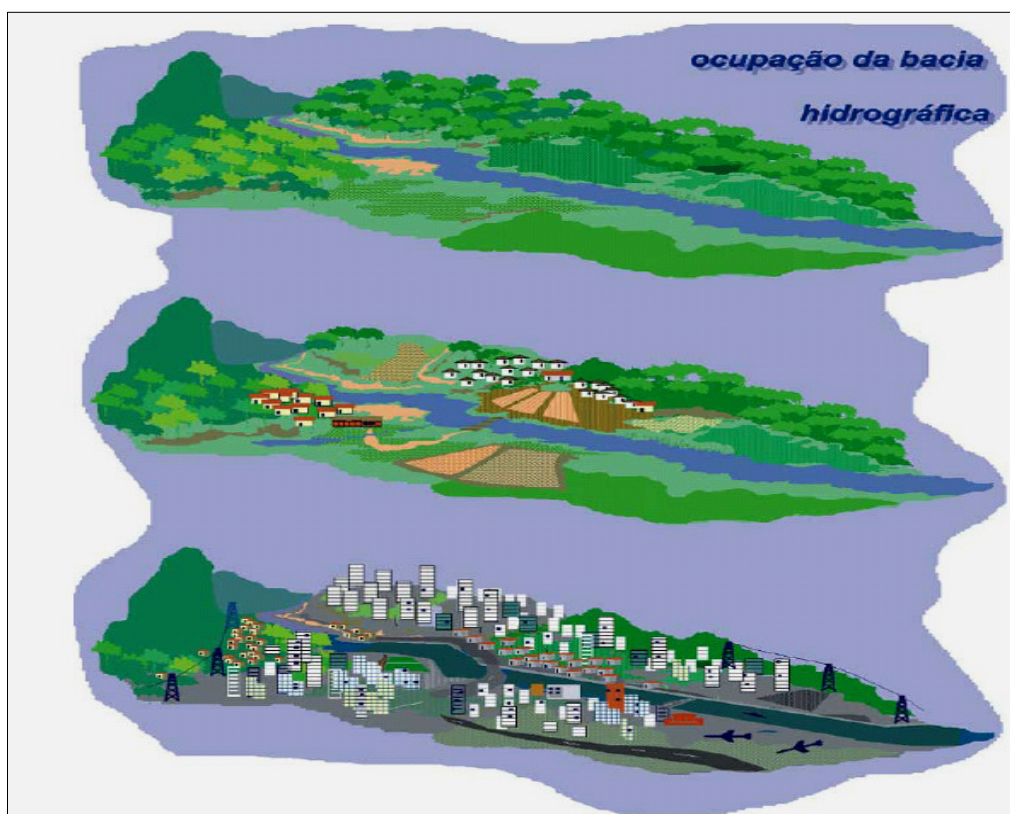


Figura 2.3 – Aumento demográfico em bacia hidrográfica.  
Fonte: Costa e Teuber (2001).

O aumento da densidade demográfica acompanhada da urbanização sem o devido planejamento leva a deteriorização dos suprimentos hídricos, pois a esse crescimento está atrelado à necessidade de soluções para os resíduos sólidos urbanos, os esgotos domésticos, os efluentes industriais, a alteração substancial na drenagem da bacia com a impermeabilização do solo que traz como impactos as enchentes de grandes proporções com perdas econômicas e de vidas humanas, devidos aos deslizamentos, ocasionadas por construções em locais impróprios (Costa e Teuber, 2001).

A Figura 2.4 mostra os efeitos da urbanização, onde devem ser considerados os impactos à saúde pública, uma vez que o crescimento populacional de modo desordenado em uma bacia tem como consequência o aumento das poluições hídricas e do solo, vindo acompanhadas de retirada da cobertura vegetal, ocupação das margens dos rios (incluindo áreas alagáveis), atingindo a estágios de difícil remediação, face ao alto custo econômico e social o que demonstra por sua vez a incapacidade de agir do estado.

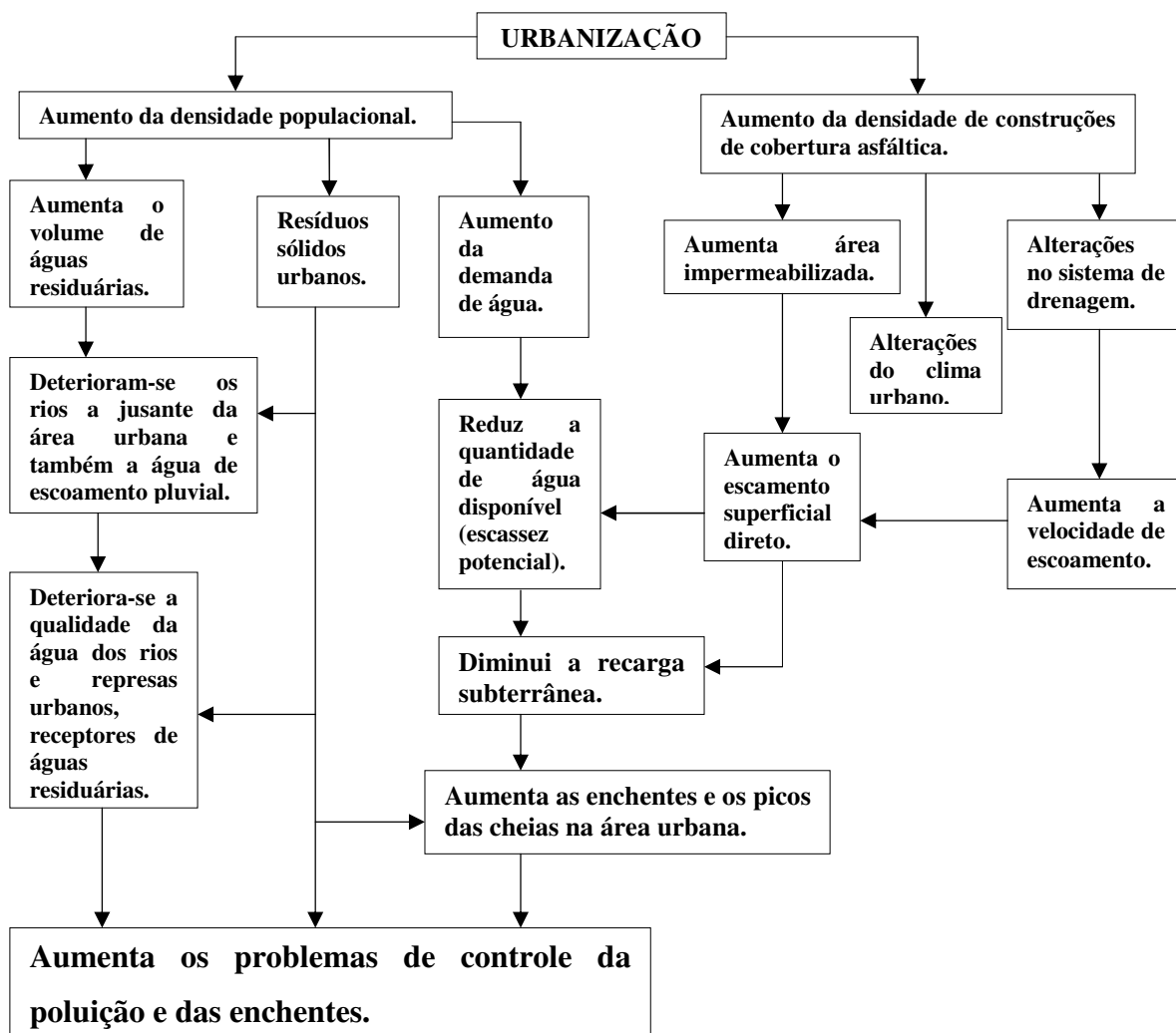


Figura 2.4 - Problemas da urbanização sem planejamento. Fonte: Adaptado de Tundisi (2004).

O conhecimento acumulado ao longo do tempo faz com que se tenha a certeza que qualquer atividade humana provoca alguma alteração ao meio ambiente, seja no meio físico, biológico e antropogênico, sendo essa modificação denominada de impacto ambiental, que segundo Mota (2000), deve ser entendido como a cadeia de efeitos que são produzidos no meio natural e social (antrópico), como consequência de uma determinada ação. Isso acontece quando se desmata, causando mudanças no relevo, provocando movimentos na terra, alterando o escoamento natural das águas com a impermeabilização do solo, além de construir e lançar resíduos que constantemente provocam impactos ambientais, os quais podem ser com maior ou menor intensidade, devido às características do meio e dos tipos de ações desenvolvidas.



### **2.1.2. A Importância da Água na Sociedade**

O conhecimento que a água é de suma importância para todos os seres vivos, está disseminado na mente de todos, mas com o avanço da modernização, esse precioso recurso natural passou a ter sua importância ainda mais elevada, pois ainda não se concebeu uma indústria que consiga funcionar sem que ao menos uma de suas etapas não utilize água, e que todos os seres vivos necessitem dela, fazendo com que a disponibilidade hídrica seja considerada um fator de alta prioridade no planejamento de implantação de uma planta industrial, de áreas agriculturáveis e da expansão urbana.

O planeta Terra terá cerca de 60% de seus habitantes vivendo em áreas urbanas, até o ano 2.025. Isso dará aproximadamente cinco bilhões de pessoas, devendo ser observado que esse crescimento populacional acelerado e a industrialização crescente estão submetendo aos recursos hídricos grandes pressões, principalmente em países em desenvolvimento, trazendo graves consequências para a capacidade de proteção ambiental de inúmeras cidades (Agenda 21, 1997).

Sabe-se que a água de qualidade é essencial à vida em todos os aspectos, por isso deve ser assegurada, prioritariamente, conforme a legislação vigente (Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde), a oferta de água de boa qualidade e que seu uso seja feito de um modo adequado e acessível a toda população do planeta, considerando que mesmo com este uso, sejam preservadas as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos mais variados ecossistemas existentes, fazendo com que as atividades humanas respeitem os limites da natureza.

Os usos múltiplos da água em uma sociedade moderna estão relacionados diretamente com o seu grau de desenvolvimento tecnológico, pois quanto maior a industrialização e a renda média per capita de uma população, maiores são os seus requisitos para o uso dos recursos hídricos, pois segundo Rebouças (2002), na Terra, várias regiões necessitam de uma demanda muito alta de água, sendo esta a causa de problemas relacionados aos fatores quantitativos e qualitativos, pois a alta demanda pode superar a oferta natural e o recebimento de grandes poluentes locais, deprecia de sobremaneira a qualidade das águas.

Os múltiplos usos (industrial, agricultura, residencial e outros) da água pelo homem podem ser feitos em várias atividades e segundo Niemezynowicz (1999), 69,0% do total da água consumida no mundo é usada para irrigação, 23,0% é consumida pela indústria e

somente 8,0% para o uso doméstico, mostrando a prioridade econômica no uso da água, levando o volume *per capita* mundial, a ser aproximadamente, 220 L/hab.dia.

De acordo com Lanna (2004) estes usos acham-se inseridos em três classes definidos como se segue:

- **Infra-estrutura Social:** refere-se aos usos gerais disponíveis para a sociedade nos quais a água entra como bem de consumo final.
- **Agricultura, Florestamento e Aqüicultura:** refere-se aos usos da água como bem de consumo intermediário visando à criação de condições ambientais adequadas para o desenvolvimento de espécies animais ou vegetais que sejam de interesse econômico, ambiental, etc., para a sociedade.
- **Indústria:** usos em atividades industriais e energéticos, nos quais a água entra como bem de consumo intermediário.

Lanna (2004), ainda define formas de utilização para as classes:

- **Consuntivos:** referem-se aos usos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente;
- **Não Consuntivos:** referem-se aos usos que retornam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade da água utilizada, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de disponibilidade.
- **Local:** refere-se aos usos que aproveitam a disponibilidade de água em sua fonte sem qualquer modificação relevante, temporal ou espacial, de disponibilidade.

A ocupação do planeta, independente das circunstâncias, sempre causará impacto ambiental, por isso são muito importantes as medidas adotadas visando o controle ambiental com a participação de toda a sociedade, conforme sugere a Agenda 21 (1997). O crescimento populacional e, por conseguinte da produção, conjugados com padrões de consumo não-sustentáveis, aplica uma crescente pressão sobre as condições da sustentabilidade da vida em

nosso planeta, pois esses processos interativos afetam diretamente o uso do solo, da água, do ar e de outros recursos naturais como, por exemplo, fontes de energia que servem para manter e impulsionar a atual forma ambientalmente insustentável de crescimento econômico.

Os usos múltiplos da água segundo as classes e as formas de utilização demonstrada na Tabela 3.1, segundo o Lanna (2004):

Tabela 3.1 – Usos múltiplos segundo as classes e as formas dos usos da água.

| As formas dos usos da água | As classes dos usos da água                               |                                              |                                                                                     |                                               |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                            | Infra-estrutura Social                                    | Agricultura e Aqüicultura                    | Indústria                                                                           | Em todas as seções.                           |
| <b>Consuntivos</b>         | Dessedentação de animais, usos domésticos, usos públicos. | Agricultura, Pecuária, Irrigação.            | Arrefecimento, Processamento Industrial, Termoeletricidade e Transporte Hidráulico. | -                                             |
| <b>Não Consuntivos</b>     | Navegação, Recreação e Amenidades ambientais.             | Usos de Estuários, Piscicultura.             | Mineração, Hidroeletricidade.                                                       | Transporte, Diluição e Depuração de efluentes |
| <b>Local</b>               | -                                                         | Preservação dos banhados, usos de estuários. | -                                                                                   | -                                             |

Fonte: Adaptado de Lanna (2004).

Obs.: A dessedentação de animais, usos domésticos e os usos públicos, entendem-se como aqueles atendidos por sistemas de abastecimento de água.

Diante do cenário atual, as ações governamentais nas administrações das cidades passam a ter fundamental importância para o saneamento ambiental, pois cidades mal administradas se deparam com problemas ambientais gravíssimos e que podem ampliados para fronteiras além da sua bacia hidrográfica, pois suas fronteiras não são limitadas pelos marcos político-administrativos e sim pelos fatores físicos impostos pela natureza ao longo de milhares de anos.

### 2.1.3. As Legislações Acerca dos Usos das Águas no Brasil

Por meio de uma legislação específica que vem se tornando, ao longo do tempo, mais restritiva e com maior grau de detalhamento, diversos países procuram controlar os usos da água (quantidade e qualidade) elegendo a água categoria de *commodity*, ou seja, tornando-a um bem finito e de valor econômico e elegendo a bacia hidrográfica como a unidade de gestão.

No âmbito federal, considerando a questão dos recursos hídricos, houve um grande avanço na legislação quando da aprovação da Lei nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997 (Lei das Águas) que em seu artigo 9º, fala sobre o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, objetivando a diminuição dos custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes, como cita o inciso II, do mesmo artigo.

Em 12 de fevereiro de 1998 foi sancionada a lei federal de nº. 9.605 que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e em seu artigo 2º tem o seguinte texto:

Quem de qualquer forma, concorre para a prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas a estas cominadas, na medida da sua culpa, bem como o diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la.

Assim como no parágrafo único do seu artigo 3º:

“A responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui a das pessoas físicas, co-autoras ou partícipes do mesmo fato.”

No dia 17 de março de 2005 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), pertencente ao Ministério do Meio Ambiente, aprovou a Resolução nº. 357, que classifica os corpos de água e estabelece padrões para lançamentos de efluentes, mostrando a intenção da sociedade brasileira em aprimorar os dispositivos legais que visem o controle ambiental, com relação à qualidade dos recursos hídricos e, considerando o artigo 9º, inciso I da Lei 9.433/97; sem deixar de considerar que a Lei 9.605/98, em seu artigo 48, diz que o não cumprimento ao disposto naquela Resolução, sujeita os infratores, entre outros, às sanções previstas na referida Lei e sua respectiva regulamentação.

- **Decreto Federal nº. 24.643/34 - Código de Águas**

Segundo Pompeu (2004), o Código de Águas (10/07/1934), baseado no direito romano-germânico, seguiu as diretrizes e princípios que o regem, tendo Alfredo Valladão (1934) como autor do anteprojeto, sendo considerado em todo mundo como uma das leis de águas mai completa já produzida, tendo seus princípios invocados em vários países, como modelos a serem seguidos, incluindo as legislações que falem do assunto nos dias atuais.

Mesmo sendo considerado um grande avanço para sua época, o Código de Águas completou mais de sessenta anos de existência e muitas de suas disposições que deveriam se regulamentadas por leis especiais e outros regulamentos, não foram e, de acordo com Barth (2002), a falta de regulamentação de muitos de seus aspectos impediu que ele se tornasse eficaz.

De acordo com Barth (2002) o texto do artigo 110 do Código de Águas já introduzia na legislação brasileira o princípio do usuário poluidor-pagador.

Mas de acordo com Pompeu (2004), este princípio foi introduzido nos artigos 111 e 112 do Código das Águas.

Segundo Young (2005), no Código das Águas este conceito está presente nos artigos 110, 111 e 112.

Atualmente o princípio do usuário poluidor-pagador tem causado preocupações aos gestores das ETAs, pois estes, considerando as determinações legais, deverão observar este custo adicional a ser agregado ao produto final, sendo determinante a busca para a racionalização dos processos que fazem parte deste tipo de unidade de tratamento, ou seja, procurar soluções que possibilitem suprir o aumento da demanda por água tratada, sem que isso represente um aumento no volume de água captada, a não ser que seja estritamente necessário e, também, formas de reduzir as perdas e os impactos ambientais.

- **Lei nº. 6.938/81 – Política Nacional do Meio Ambiente**

A lei 6.938 (31/08/1981) estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade humana.

A criação da Política Nacional do Meio Ambiente está alicerçada em alguns princípios, sendo destacado o inciso II do artigo 2 da Lei nº 6.938/81, onde o princípio da racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar, é citado.

Nos objetivos da Política postos Lei nº 6.938/81, vale destacar a citação em que relaciona este objetivo à cobrança pelo uso dos recursos hídricos (princípio poluidor-pagador), sendo seu texto dado no artigo 4, inciso VII, onde a Política Nacional do Meio Ambiente visa obrigar ao usuário, de qualquer recurso natural, que poluir e depredar o meio ambiente a recuperar e/ou indenizar pelos danos por ele causados ao usuário, de contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

De acordo com Barth (2002), no artigo 4 desta Lei, a cobrança já era relacionada com a utilização dos recursos hídricos, vindo esta suprir uma lacuna deixada pela falta de regulamentação do Código de Águas e, concomitantemente, uma falta de avanço nos aspectos da legislação que abordasse a questão ambiental.

- **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**

A Constituição Federal (05/10/1988) denomina como sendo bens da União, os lagos, os rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estenderem a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias pluviais e, determina que compete a União **instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso**, assim como, é competência privada à União legislar sobre as águas, sendo que segundo Rebouças (2002), poderá lei complementar autorizar aos Estados legislar sobre questões específicas relacionadas com águas.

Aos Estados, o domínio hídrico lhes é atribuído às águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União.

Diante do exposto no parágrafo anterior, a Constituição define que as águas são de domínio federal ou estadual, sendo excluídos os domínios de natureza privada e municipal, assim como é competência da União definir os critérios de outorga de direitos dos usos das águas.

Quanto ao aproveitamento energético dos cursos de águas, compete à União explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão: o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos; os serviços de transportes aquaviário entre portos brasileiros e fronteiras nacionais, ou que transponham o limite de Estado ou Território.

A proteção do meio ambiente é de competência comum da União, dos Estados e dos Municípios, assim como o combate à poluição em qualquer de suas mais variáveis formas de se apresentar, promovendo a melhoria das condições e fiscalizar as concessões de direitos de exploração dos recursos hídricos em seus territórios, por isso é incumbido ao poder público, dentro das exigências legais, a exigência do Estudo de Impactos Ambientais (EIA) e do Relatório de Impactos ao Meio Ambiente (RIMA) para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de danos ao meio ambiente.

Segundo Barth (2002), freqüentemente, com o objetivo de proteger ou conservar seus recursos hídricos, muitos Estados têm legislado, com base nas competências comuns ou concorrentes, sendo este artifício necessário para contornar a inexistência de leis ou regulamentos federais.

A Constituição Federal é a lei máxima no Brasil e, com relação ao meio ambiente, em seu artigo 225 determina que os governos federal, estaduais e municipais, em conjunto com a sociedade, protejam e combatam a poluição, independentemente de sua origem.

Esta questão coloca os gerentes das ETAs em posição de cobrar de políticas ambientais que visem proteger o meio ambiente com um todo, sendo as águas as mais beneficiadas, fazendo com que situações onde mananciais superficiais que tiveram que ser abandonados, devido ao alto grau de poluição, não mais se repitam.

Todo este processo aumenta a responsabilidade dos gestores para que as ETAs deixem de ser um ente poluidor, sendo necessário um grande esforço para que se minimize, de modo preventivo, as agressões ambientais que uma ETA possa causar.

- **Lei nº. 9.433/97 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.**

A lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal, baseando-se nos seguintes fundamentos:

- a água é um bem de domínio público;
- a água é um recurso limitado, dotado de valor econômico;
- que em situações de escassez, o seu uso deve ser prioritariamente para o consumo humano e a dessedentação de animais;
- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- a bacia hidrográfica é uma unidade territorial para a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e atuação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SNRH);
- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A lei também estabelece diretrizes gerais de ação para a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, que são as seguintes:

- a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- a adequação da gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
- a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental;
- a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
- a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
- a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

A lei define o regime de outorga de direitos de uso dos recursos hídricos que tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, estando sujeitos à outorga do Poder Público.

Por determinação da lei a PNRH tem os seguintes instrumentos:

- os Planos de Recursos Hídricos;
- o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;



- a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Destes instrumentos citados neste texto será dada uma maior ênfase ao que fala da cobrança pelo uso de recurso hídrico, pois mostra que o objetivo desta cobrança é para que possamos ter recursos hídricos em condições de uso, independente de qual seja e, onde é mostrada claramente a implantação do princípio do poluidor pagador, segundo a lei, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos tem por objetivo o reconhecimento da água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu valor; incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contempladas nos Planos de Recursos Hídricos.

Para a fixação de valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros, o volume retirado e seu regime de variação, nas derivações, captações e extrações de água e os lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do efluente.

Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados.

Nesta Lei destaca-se o reconhecimento que a água é um recurso que pode se esgotar, não sendo gerido de forma sustentável, sendo transformado em “bem” que se pode valorar, assim como, a gestão dos recursos hídricos dever ter a participação de toda a sociedade, seja a nível local ou nacional, sem deixar de considerar a questão da quantidade e da qualidade, trazendo mais para perto dos tópicos relacionados à gestão ambiental, como esta estabelecido em suas diretrizes gerais.

Para a gestão de uma ETA os tópicos acima são importantes, visto que estando estabelecidas em uma bacia hidrográfica, algumas em uma, mas a captação sendo feita em outra, sua operacionalidade deve ser racionalizada de forma que haja o atendimento às determinações legais e, também, se produza água potável em quantidade suficiente com o mínimo impacto ambiental possível.

- **Lei nº. 9.984/2000 – Lei de criação da Agência Nacional de Águas (ANA)**

A Lei nº. 9.984 de 17 de julho de 2000 dispõe sobre a criação da ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Na Figura 2.5, pode-se observar que, conforme determina a Lei 9.984/2000, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), dentro de suas competências, faz articulação dos planejamentos nas esferas federal, estaduais, interligando-se diretamente com os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, onde mesmo em rios que não sejam de domínio federal, haja apoio técnico para que a gestão dos recursos hídricos de um estado da federação seja feita considerando a sua quantidade e a sua qualidade em seus vários usos.

Mesmo com suas particularidades com relação aos recursos hídricos, pode-se observar na Figura 2.5 que os estados também instituíram suas leis que visem à conservação dos recursos hídricos, observando os princípios da lei nº. 9.433/97.

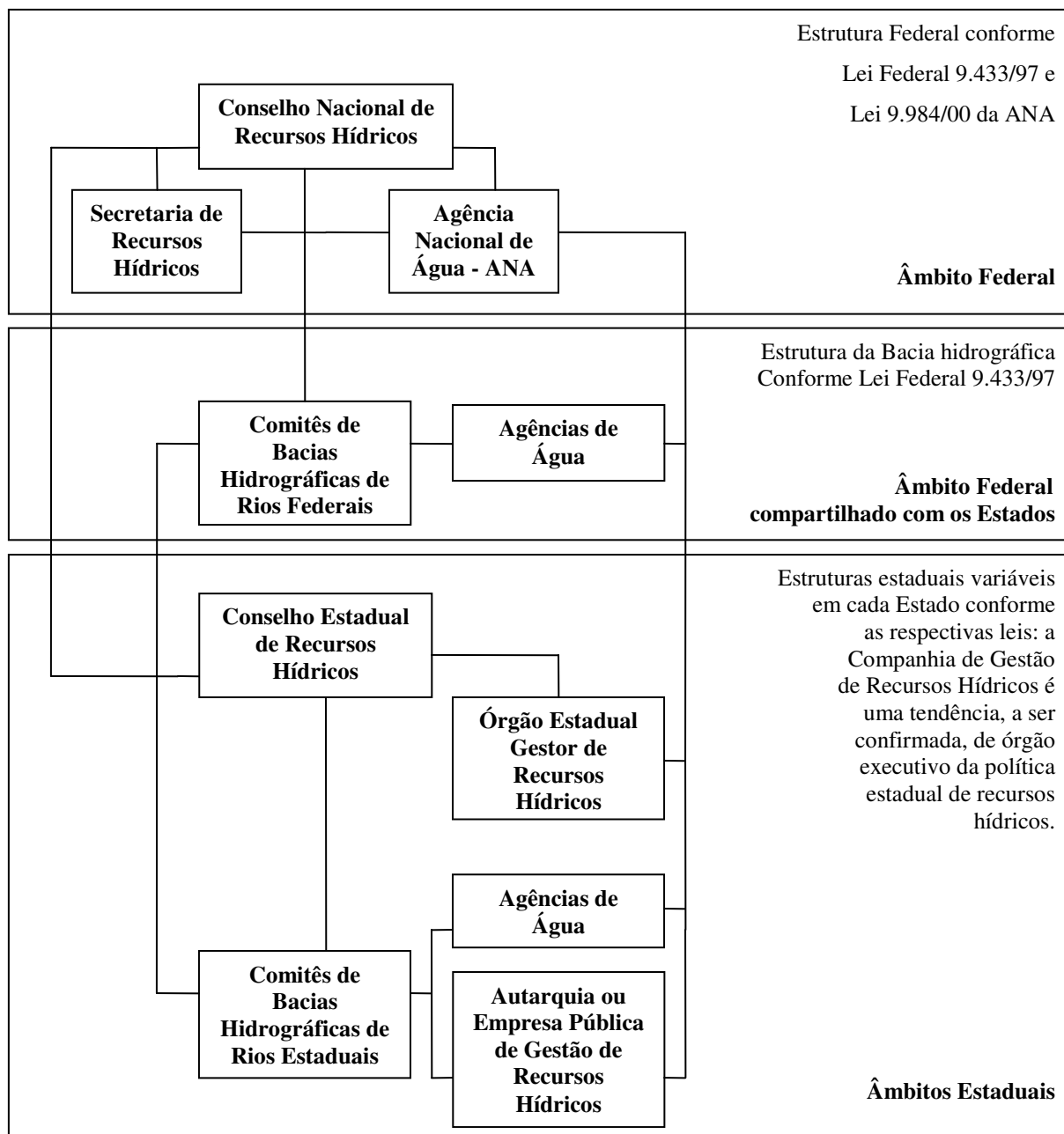


Figura 2.5 - A Gestão de Recursos Hídricos do Brasil. Fonte: Tundisi (2003).

Segundo a publicação da ANA (2006), Panorama da Qualidade da Águas Superficiais no Brasil, a ANA foi criada com a missão de guardar os rios, estimular as pesquisas relacionadas aos recursos hídricos, assim como, a capacitação de recursos humanos com vista à gestão dos recursos hídricos.

#### **2.1.4. A Legislação e a Qualidade da Água para Consumo Humano**

A Lei nº. 9.433 de 8 de janeiro 1997 tratou da outorga acerca dos usos dos recursos hídricos e por determinação desta mesma lei, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) baixou a Resolução nº. 357, de março de 2005, que enquadra os corpos hídricos e coloca os parâmetros que dividem as águas em doce, salobra e salina e, ainda, institui as suas classificações determinando os usos preponderantes para cada tipo de águas, considerando as características físico-químicas e bacteriológicas.

Tratando especificamente de um sistema de abastecimento de água para consumo humano, tem-se a preocupação de se garantir a qualidade e da quantidade da água a ser captada. A água sempre foi um veículo importante na disseminação de diversas doenças e, por isso, a preocupação de se conhecer as características da água a ser consumida, mas não conhecer a qualidade da água bruta, pode levar a erros na escolha da tecnologia na fase de projeto, fazendo com que o produto final não seja satisfatório, ficando em não conformidade com a legislação.

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), a escolha do manancial deve ser precedida de um levantamento sanitário da bacia hidrográfica e de um profundo estudo da qualidade da água, a qual pode variar sazonalmente, mas também ao longo dos anos, isto faz considerar que a definição de manancial deve ser associada à preservação futura do mesmo, visando a evitar problemas decorrentes de alterações significativas na qualidade da água a ser captada, podendo, desta maneira, como já ocorreu em algumas localidades, a inviabilizar o uso da tecnologia de tratamento adotada.

- **Resolução CONAMA nº. 357/2005 (Classificação dos Corpos de Águas)**

No dia 17 de março de 2005 o (CONAMA), pertencente ao Ministério do Meio Ambiente, aprovou a Resolução nº. 357 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, em substituição à Resolução nº. 20 do dia 18 de junho de 1986.

A classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como o estabelecimento das condições e padrões para lançamento de efluentes são objetivos primários da Resolução nº. 357, onde em seu art. 3º do Capítulo II, os corpos de

águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificados, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade e, considerando o que seu parágrafo único é dito que as águas que apresentarem melhor qualidade podem ser utilizadas para usos menos exigentes, sendo condicionado que este não prejudique a qualidade da água.

As águas foram divididas em:

- **Águas doces:** águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%;
- **Águas salobras:** águas com salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%;
- **Águas salinas:** águas com salinidade igual ou superior a 30%.

As **águas doces**, as de interesse deste trabalho são classificadas em:

- **Classe Especial:** águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção, à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e de proteção integral.
- **Classe 1:** águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº. 274, de 2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas e terras indígenas.
- **Classe 2:** águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº. 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura; e a atividade de pesca.

- **Classe 3:** águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.

- **Classe 4:** águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Pode-se observar que a Resolução CONAMA nº. 357/2005, quando fala sobre as águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário obedece aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº. 274, de 2000, considerando que a saúde e o bem-estar humano podem ser afetados pelas condições de balneabilidade, mesmo não tendo este assunto ligação direta com a questão de água para consumo humano.

A resolução ainda estabelece os níveis de tratamento para cada característica de água e que estabelece a escolha do tipo de estação de tratamento de água que será utilizada no trabalho. Assim o CONAMA classifica como:

- **Tratamento avançado:** técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica e correção de pH.

- **Tratamento convencional:** clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH.

- **Tratamento simplificado:** clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário.

Esta Resolução vem cristalizar a intenção do Brasil em aprimorar os dispositivos legais que visem o controle ambiental e a prevenção permanente nos usos das águas. Em seu artigo 48 as sanções para aqueles que não cumprirem as suas determinações, serão punidos de acordo com os dispositivos constantes na Lei 9.605/98, a lei dos crimes ambientais.

- **Decreto nº. 5.440/2005 (Informação ao consumidor acerca da qualidade da água)**

O Decreto nº. 5.440, de 4 de maio de 2005, estabelece definições e procedimentos sobre o controle da qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e

instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano.

Este Decreto vem acompanhado de um anexo que regulamenta tecnicamente sobre o mecanismo e instrumentos para a divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano e, ainda em seu artigo 2º determina que a fiscalização do disposto no anexo seja exercida pelos órgãos competentes dos Ministérios da Saúde, da Justiça, das Cidades, do Meio Ambiente e autoridades estaduais, do Distrito Federal, dos Territórios e municipais, no âmbito de suas respectivas competências, sendo determinado em parágrafo único que os órgãos identificados prestarão colaboração recíproca com objetivo de atender as determinações deste Decreto.

O Anexo do Decreto nº 5.440/2005 estabelece mecanismos e instrumentos de informações ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano, conforme os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº. 518, de 18 de março de 2004, do Ministério da Saúde. As informações prestadas ao consumidor sobre a qualidade e características físicas, químicas e microbiológicas da água para consumo humano, devem ser verdadeiras e de fácil comprovação, ser precisa, clara, correta, ostensiva e de fácil compreensão, especialmente quanto aos aspectos que impliquem situações de perda de potabilidade, de risco à saúde ou aproveitamento condicional da água, tendo caráter educativo, onde haja a promoção da cultura do consumo sustentável da água e a promoção do entendimento da relação da qualidade da mesma com a saúde pública.

Considerando que não dá para fornecer dados em tempo real, este marco da legislação pode ser considerado um avanço, pois mostra ao consumidor que ele é a peça mais importante em um sistema de abastecimento de água para consumo humano, pois há a abertura para uma relação de confiança entre todos os entes participativos, sejam governos, empresas ou consumidores, sendo um importante instrumento na complementação do trabalho feito com base na Portaria nº. 518/2004, do Ministério da Saúde.

- **Portaria nº. 518/2004 (Padrões de Potabilidade)**

A Portaria nº. 518, de 25 de março de 2004 estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, sendo que nesta Portaria são estabelecidos os limites

máximos permitidos de dezenas de parâmetros que precisam ser respeitados em toda água distribuída para consumo humano no território nacional.

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), poucas ETAs no Brasil estão preparadas para realizar os ensaios previstos na legislação, devendo a inspeção de alguns parâmetros que exige pessoal e equipamento mais sofisticado ficarem a cargo de outros órgãos municipais, estaduais ou federais, considerando que a Portaria determina que para análise a responsabilidade seja do serviço de tratamento de água, devendo ser obedecida, rigorosamente, a frequência de amostragem, que é determinada de acordo com a população abastecida.

O departamento produtor de água para consumo humano deverá ter um setor responsável pelo controle da qualidade da água que realiza coletas com o objetivo de verificar se a qualidade da água está de acordo com os padrões determinados pela Portaria. A operação e manutenção de um sistema de abastecimento de água devem ser feitas em conformidade com as normas técnicas aplicáveis publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e com outras normas e legislações pertinentes.

A Portaria em seu capítulo IV se detém ao padrão microbiológico da potabilidade da água devido à importância da detecção da presença de microrganismos pertencentes ao Grupo de Coliformes que quando constatada sua presença, novas amostras devem ser coletadas para confirmação, conforme mostrado na Tabela 3.2.



Tabela 3.2 – Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.

| Parâmetro                                                             | VMP (1)                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Água para consumo humano (2)</b>                                   |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes (3)             | Ausência em 100 mL                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Água na saída do tratamento</b>                                    |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Coliformes totais                                                     | Ausência em 100 mL                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)</b> |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes (3)             | Ausência em 100 mL                                                                                                                                                                                                                                |
| Coliformes totais                                                     | Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.<br>Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 mL. |

(1) Valor máximo permitido; (2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras; (3) a detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Considerando a Portaria nº 518/2004, em seu artigo 12, para garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez expressa na Tabela 3.3:

Tabela 3.3 – Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção.

| Tipo de tratamento                                         | VMP (1)                        |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Desinfecção (água subterrânea)                             | 1,0 uT (2) em 95% das amostras |
| Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) | 1,0 uT (2)                     |
| Filtração lenta                                            | 2,0 uT (2) em 95% das amostras |

(1) Valor máximo permitido; (2) unidade de turbidez.

### 2.1.5. A Gestão dos Recursos Hídricos no Estado do Rio de Janeiro

A Constituição do Estado do Rio de Janeiro, de 5 de outubro de 1989, em seu Capítulo VII, artigo 261, considera que um ambiente em equilíbrio e saudável é essencial à qualidade de vida e direito de todos, sendo obrigação de toda a sociedade, em especial o Poder Público de, defender, recuperar e proteger, visando o benefício das atuais e futuras gerações. No parágrafo 1º, inciso VII, do mesmo artigo, é estabelecida a obrigatoriedade de se promover o gerenciamento dos recursos hídricos de forma integrada.

A lei nº. 3.239 de 02 de agosto de 1999, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos; cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; regulamentando a Constituição Estadual, nos termos do parágrafo acima, seguindo os mesmos fundamentos e diretrizes da Lei Federal nº 9.433/97. Esta lei foi um marco na legislatura acerca da gestão dos recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro.

A Figura 2.5 mostra a ligação direta do com o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI) com os comitês de bacia hidrográfica dos rios de domínio estadual e com os órgãos estaduais gestores de recursos hídricos.

O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH) foi criado pela Lei nº. 3.239, sendo composto, com texto e conforme a Lei:

- **Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI)** - órgão colegiado, com atribuições normativa, consultiva e deliberativa, encarregado de supervisionar e promover a implementação das diretrizes de Política Estadual de Recursos Hídricos;
- **Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI)** – de natureza e individualização contábeis, vigência ilimitada, destinado a desenvolver os programas governamentais de recursos hídricos, da gestão ambiental;
- **Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH)** – são entidades colegiadas, com atribuições normativa, deliberativa e consultiva, reconhecidos e qualificados por ato do Poder Executivo, mediante proposta do Conselho Estadual de Recursos Hídricos;

- **Agências de Água** – são entidades executivas, com personalidade jurídica própria, autonomia financeira e administrativa, instituídas e controladas por um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs).

A gestão dos recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro é caótica, segundo Young (2005), trazendo risco de desabastecimento da população, considerando que esta não vem sendo implementada de forma efetiva.

Isto ocorre devido ao fato de desde o final da década de 80, encontram-se em situação de sucateamento os órgãos ambientais responsáveis pelo controle ambiental do estado, que deveriam ser fortalecidos com a capacitação dos seus profissionais para que melhor atuem nas bacias hidrográficas (Machado, 2006), sendo eles:

- **Fundação Superintendência Estadual de Rios Lagoas (SERLA)** tem a responsabilidade de gerir e controlar os usos dos recursos hídricos no Estado;

- **Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA)** tem a responsabilidade de gerir e controlar a qualidade da água no Estado;

- **Instituto Estadual de Florestas (IEF)** tem a responsabilidade de gerir as florestas de Mata Atlântica no Estado.

De acordo com Machado (2006), o Poder Público do Estado não conseguirá manter os seus recursos hídricos saudáveis, enquanto não forem as fragmentações em que se encontra o seu sistema legal, pois sem isso o Sistema Estadual de Recursos Hídricos – SERHI não conseguirá funcionar conforme apregoa a Lei 3.239/99.

A gestão dos recursos hídricos no Estado passa por uma transição onde o início foi a aprovação da Lei nº 4.247/2003, que segundo Machado (2006) caracterizou uma ida do poder executivo estadual de encontro a determinação da Lei 9.433/97, quebrando o princípio do sistema legislativo da hierarquia das leis e contrariando a Constituição Federal, além de desconsiderar os preceitos constantes na Lei 3.239/99 e na Resolução nº 5 de 2000, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

Desde a promulgação da Lei 4.247/2003, o poder executivo estadual vem tentando normatizar as questões relacionadas aos recursos hídricos, com resoluções, leis e decretos, sendo enunciados a seguir os considerados os de maiores destaques:

- **Portaria SERLA nº 324 de 28 de agosto de 2003** – define a base legal para estabelecimento da largura mínima das Faixas Marginais de Proteção;
- **Lei nº. 4.247 de 16 de dezembro de 2003** – dispõe sobre a cobrança pela utilização dos Recursos Hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro;
- **Decreto nº 35.724 de 18 de junho de 2004** – dispõe sobre a Regulamentação do artigo 47 da Lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999, que autoriza o Poder Executivo a instituir o FUNDRHI;
- **Decreto nº 40.156 de 17 de outubro de 2006** – estabelece procedimentos técnicos e administrativos para a regularização dos usos superficiais e subterrâneos, bem como, para a ação integrada de fiscalização com os prestadores de serviços de saneamento básico.

Com relação ao lançamento de efluentes, no âmbito estadual, a DZ-942-R-7 foi aprovada, no dia 10 de outubro de 1990, pela Comissão Estadual de Controle da Água (CECA) com o objetivo de estabelecer as diretrizes do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos (PROCON ÁGUA), no qual os responsáveis pelas atividades poluidoras informam regularmente à Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), por intermédio do Relatório de Acompanhamento de Efluentes Líquidos (RAE), as características qualitativas e quantitativas de seus efluentes líquidos, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SLAP), estando sujeitas ao PROCON ÁGUA todas as atividades efetivas ou potencialmente poluidoras.

## **2.2 – As Características Físicas, Químicas e Bacteriológicas da Água**

Conforme já discutido no item anterior os padrões de potabilidade e a legislação dos recursos hídricos, bem como as resoluções, estão baseadas em características das águas ligadas a parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e microbiológicos da água.

Desde os primórdios a água ideal para quase todos os usos é, basicamente, líquida e caracterizada como insípida, incolor e inodora e considerando que este recurso natural

renovável pelo ciclo hidrológico encontra-se disponível em abundância na forma líquida, não o imagina de outra forma que não seja cristalina.

Mesmo a água se apresentando abundantemente e límpida e, de acordo com Mota (2000), sendo esta solvente universal, geralmente, é composta de vários elementos provenientes do meio natural ou de aqueles que foram introduzidos por ações antrópicas, sendo necessários vários parâmetros que possam representar as características físicas, químicas e biológicas.

Para a indicação da qualidade da água, as características são representadas por parâmetros que se forem detectados em valores muito altos, passam a ser consideradas impurezas e, então, tornam a água indesejável para determinados usos, principalmente os mais nobres.

### **2.2.1. As Características Físicas da Água**

Quando se fala em características físicas da água a sua importância do ponto de vista sanitário é pequena em relação aos demais aspectos, mas não se pode deixar de observar que os principais parâmetros físicos, podem trazer consigo diversas informações acerca dos usos múltiplos das águas de uma bacia hidrográfica e, por conseguinte podem ser de bastante utilidade quando da escolha do tipo de tratamento a ser adotado em uma ETA, assim como os procedimentos operacionais a serem implantados.

As principais características físicas da água são: **cor (aparente e verdadeira), turbidez, temperatura, condutividade elétrica, sabor e odor.**

- **Cor (Aparente e Verdadeira)**

Segundo Mota (2000) a cor resulta da existência de substância em solução em água, podendo ser causada pelos elementos químicos ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica na água proveniente de plantas, que são denominadas de substâncias húmicas, pelas algas ou pela introdução de águas residuárias resultantes de atividades antropogênicas.

De acordo com Di Bernardo e Dantas (2005), a cor pode ser definida em verdadeira e aparente, sendo a primeira aquela que não sofre interferência de partículas suspensas na água, podendo ser obtida pelos processos da centrifugação ou da filtração de uma amostra e a cor aparente é aquela medida sem a remoção de partículas suspensas na água.

- **Turbidez**

De acordo com Mota (2000), a presença de material suspenso na água como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras substâncias caracterizam a turbidez.

Segundo Vianna (2002), as águas de rios caudalosos e em locais onde os índices pluviométricos são elevados atingem valores extremos, pois essas condicionantes provocam a suspensão de grande quantidade de material em suspensão na água, sendo esses valores muito menores em ambientes aquáticos lênticos como lagos ou rios, pois esse regime permite que haja sedimentação das partículas em suspensão.

É preciso ter atenção com a turbidez devido às características químicas de certas substâncias que poderão estar associados a alguns organismos patogênicos, estando em suspensão na água, pois com frequência o material suspenso característico da turbidez pode atuar como escudo que viria proteger microrganismos patogênicos da ação dos agentes desinfetantes que são usados na ETAs, tornando este fator uma importante janela de doenças de veiculação hídrica (Vianna, 2002).

Em uma ETA, geralmente a eficiência da desinfecção da água está ligada à quantidade de material suspenso na mesma, pois quanto menor a turbidez, maior será a eficiência da desinfecção (Di Bernardo e Dantas, 2005).

- **Temperatura**

A temperatura serve como medida da intensidade de calor, podendo ser considerada a característica física mais importante do meio aquático; segundo Benetti e Bidone (2004), a temperatura influencia na caracterização de diversos parâmetros físicos da água tais como a densidade, viscosidade, pressão de vapor e solubilidade dos gases dissolvidos, assim como na operação das ETAs nas unidades de coagulação, floculação e sedimentação (deposição de lodo), devendo, também, ser levado em consideração que a velocidade da reação química

duplica para cada 10 °C de aumento de temperatura, fazendo com que haja uma aceleração naquelas reações que se relacionam com as atividades microbianas (reações bioquímicas).

Enfatizando, vale, também, a conceituação do Di Bernardo e Dantas (2005), de que a temperatura influencia as reações de hidrólise do coagulante, na eficiência da desinfecção, na solubilidade dos gases, na sensação de sabor e odor e, especialmente, no desempenho das unidades de mistura rápida (coagulação), floculação, decantação e filtração, tornando-se extremamente necessário o conhecimento da variação de temperatura da água tratada.

- **Condutividade Elétrica**

A determinação condutividade elétrica permite que seja aferida a quantidade de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) que estejam presentes na água, pois esta característica física está ligada diretamente à quantidade de STD na amostra, sendo proporcional à sua quantidade. Este parâmetro é de suma importância, pois com valores elevados de STD há aumento da solubilidade dos precipitados de alumínio e ferro, o que influi na coagulação e na formação e precipitação de carbonato de cálcio, favorecendo a corrosão (Di Bernardo e Dantas, 2005).

- **Sabor e Odor**

Caracterizar os parâmetros sabor e odor é uma difícil tarefa, pois estes são de detecções originárias na subjetividade, visto que para os usos nobres da água, seu sabor e o odor podem ser aceitáveis e normais para determinado grupo populacional e totalmente inconveniente ou até inaceitável para outro grupo, apesar da água usada seja a mesma para os mesmos usos.

Esses parâmetros são consequências dos processos de degradação ambiental como a decomposição de vegetais, ações de bactérias, fungos, presença de compostos orgânicos como gás sulfídrico, sulfatos e cloretos, além do excesso de algas decorrente da eutrofização pela presença em excesso de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo além da capacidade de depuração do corpo hídrico receptor, tendo como origem o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem o devido tratamento (Mota, 2000).

Geralmente para que haja remoção eficiente dessas substâncias, usa-se o processo da aeração, juntamente com a aplicação de um agente oxidante e o no processo de filtração o

carvão ativado, onde este é responsável pela adsorção das substâncias causadoras do sabor e do odor.

### **2.2.2. As Características Químicas da Água**

Observar os parâmetros das características químicas das águas é extremamente importante do ponto de vista sanitário, pois dependendo do uso das águas e de alguma falha no processo de controle ambiental, em uma bacia hidrográfica, pode ocorrer a presença de certos elementos ou compostos químicos indesejáveis nas águas que não são retirados por determinadas tecnologias utilizadas atualmente e, por conseguinte ter a necessidade do uso de algum pré-tratamento específico, o que poderia acarretar um aumento de custos do produto final, neste caso da água potável.

Dependendo de inúmeras variáveis ambientais, naturais ou antrópicas, pode haver a ocorrência de algum metal nas águas e de acordo como ele se apresente, este poderá ou não ser removido nos processos de uma ETA de ciclo completo, por isso é de suma importância a realização de análises. Como determinações de rotina devem ser realizadas análises de cloretos, teor de oxigênio, nitritos e nitratos, tanto antes, como durante a operação da mesma, pois com estes valores se podem avaliar o grau de poluição das águas a serem captadas.

Parâmetros comuns que caracterizam a água quimicamente podem ser:

- **pH**

O pH é um importante parâmetro para o funcionamento de uma ETA, principalmente nos processos de coagulação, desinfecção e controle de corrosão.

No processo de coagulação é onde se define a dosagem ideal de coagulante que irá proporcionar que a água tenha um valor de pH onde se dará quimicamente, o ambiente ideal para a formação dos primeiros flocos.

Na desinfecção o pH tem que estar em uma faixa de 6,0 a 9,5, conforme determina a Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde para consumo humano e para que haja maior eficiência do agente bactericida sobre os microrganismos patogênicos.



No controle de corrosão (alcalinização) o objetivo do processo é elevar o pH de forma a não propiciar a corrosão das tubulações e reservatórios do sistema de abastecimento público de água. Por outro lado também se deve ter o cuidado de se manter o pH dentro dos valores estabelecidos pela Portaria no sentido de tornar a água potável e também evitar incrustações nas tubulações.

- **Alcalinidade**

A alcalinidade da água é causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio e pode ser entendida como a capacidade da água de neutralizar ácidos, sendo muito importante na coagulação química e, para que esta se realize efetivamente, há necessidade de, pelo menos, 0,45 mg de alcalinidade em  $\text{CaCO}_3$ , para que 1,0 mg/L o sulfato de alumínio, utilizado na maioria dos processos, reaja com a mesma (Netto et. al., 1987).

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), a alcalinidade pode ser definida em função do pH, da seguinte forma:

- pH = 12,3 a 9,4 (alcalinidade decorrente de hidróxido e carbonatos);
- pH = 9,4 a 8,3 (alcalinidade decorrente de carbonatos e bicarbonatos);
- pH = 8,3 a 4,4 (alcalinidade decorrente somente de bicarbonatos).

De um modo geral, sem significado sanitário, a alcalinidade pode ser um problema se for devido a hidróxidos ou que contribua, acentuadamente, à quantidade de sólidos totais, onde valores elevados podem proporcionar sabor desagradável à água e, de acordo com Vianna (2002), quanto maior a alcalinidade de uma água, maior será a dificuldade para que se consiga a variação de seu pH quando da aplicação de um ácido ou uma base, fazendo com o consumo destes compostos seja bem mais elevado para uma mesma variação de pH.

Para valores de alcalinidade baixos, em uma ETA, o processo de coagulação poderá exigir que ocorra a pré-alcalinização, que consiste na adição de um agente químico alcalinizante para a correção do pH da água bruta (Di Bernardo e Dantas, 2005).

- **Dureza**

Resultante da presença de cátions polivalentes presentes na água a dureza é, de modo geral, definida como a soma destes, sendo expressa em termos de quantidade de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Os principais íons metálicos que conferem dureza à água são o cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) (Di Bernardo e Dantas, 2005).

A dureza pode ser decorrente do cálcio associado ao bicarbonato, o qual se transforma em carbonato, que é pouco solúvel, por aquecimento da água ou pela elevação do seu pH, sendo esta dureza denominada de temporária, sendo que a chamada dureza permanente é decorrente dos cátions de Ca e Mg associados a outros ânions, quase sempre associados a um íon sulfato.

Segundo Mota (2000), em termos de dureza, a água pode se classificada da seguinte maneira (em  $\text{CaCO}_3$ ):

- $<50 \text{ mg/L CaCO}_3 \rightarrow$  água mole;
- entre 50 e 150  $\text{mg/L CaCO}_3 \rightarrow$  água com dureza moderada;
- entre 150 e 300  $\text{mg/L CaCO}_3 \rightarrow$  água dura;
- 300  $\text{mg/L CaCO}_3 \rightarrow$  água muito dura.

Água dura ou muito dura tem a ocorrência de sabor desagradável, fazendo com que haja significativa redução na formação da espuma do sabão e aumento de consumo, em comparação às águas para consumo humano ofertadas pelos sistemas de abastecimento público.

- **Cloretos**

Segundo Benetti e Bidone (2004), todas as águas de origem natural têm a ocorrência dos cloretos, podendo estes advir do contato com depósitos minerais e até mesmo com intrusão de águas do mar.

Contribuintes importantes para a ocorrência dos cloretos, as águas residuárias, sejam domésticas ou industriais, quando presentes conferem às águas doces sabor salgado, causando repulsa para os mais diversos usos.

- **Nitrogênio**

Nitrogênio amoniacal, Nitrito, nitrato são as possibilidades em que se pode encontrar o nitrogênio na água que é derivado do lançamento de esgotos domésticos e industriais, detergentes, fertilizantes e excrementos de animais, sendo ele um elemento nutriente indispensável para o desenvolvimento das algas. Estando em excesso pode ocasionar um desequilíbrio no meio aquático, ocasionando o fenômeno chamado de floração ou *bloom* de algas levando o ambiente a se tornar eutrófico.

A presença excessiva de nitrato, uma das maiores fontes naturais de íons, pode provocar a doença denominada metahemoglobinemia, principalmente em crianças (Mota, 2000); com relação ao nitrito, sua presença não ocorre nas águas em concentrações significativas e a amônia é causadora de toxicidade nos peixes (Di Bernardo e Dantas, 2005).

- **Fósforo**

Segundo Mota (2000), pode-se encontrar o fósforo em águas nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico, sendo essencial para o crescimento de algas, devendo ser considerado que sua presença em excesso é fator determinante para a causa do fenômeno da eutrofização.

As principais fontes de fósforo são: dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais, fertilizantes decorrentes da agricultura, detergentes e excrementos de animais.

- **Ferro e Manganês**

De acordo com Di Bernardo e Dantas (2005), a presença do ferro, nas águas superficiais e bem aeradas, é muito rara e que sua presença não é capaz de causar problemas ao ser humano, porém quando oxidado, traz sérios inconvenientes, fazendo com que haja formação de precipitado, o que provoca manchas em sanitários e roupas.

Quanto ao manganês os problemas são semelhantes aos do ferro, sendo sua remoção mais difícil, pois a formação de precipitado ( $MnO_2$ ) ocorre em valores de pH geralmente altos, acima de 8,0, o que pode dificultar a coagulação.

Dependendo da concentração, o manganês associado ao ferro pode conferir sabor amargo e adstringente à água.

- **Fluoretos**

De modo geral a presença dos fluoretos nas águas tem comprovado uma ação benéfica na prevenção da cárie dentária, mas se ocorrerem em altas concentrações, pode provocar alterações na estrutura óssea ou fluorose dentária que se caracteriza por provocar manchas escuras nos dentes.

- **Oxigênio Dissolvido (OD)**

Di Bernardo e Dantas (2005) mostram, que em virtude da baixa solubilidade do oxigênio, a quantidade máxima que a água pode conter, a uma temperatura de 20 °C, é inferior a 9,1 mg/L.

De acordo com Mota (2000), a água, em condições normais, ou seja, livre de agentes poluidores, contém oxigênio dissolvido (OD), cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura, onde águas com baixos teores de OD indicam a presença de matéria orgânica, visto que para a decomposição desta matéria, por bactérias aeróbias, o consumo de uma parcela deste OD se faz necessário por elas.

Os valores de OD máximos dependem, além dos fatores citados acima, da capacidade de autodepuração do manancial, face às atividades antrópicas exercidas em determinada bacias hidrográfica, podendo o teor de OD alcançar valores muito baixos, ou até chegar ao zero, caso os lançamentos de poluente no corpo hídrico sejam com grande intensidade.

### **2.2.3. As Características Bacteriológicas da Água**

Mesmo estando límpida, a água pode conter inúmeros microrganismos, podendo causar doenças ao ser humano, por isso, a água para se tornar potável não basta ser insípida, inodora e incolor, precisa passar por testes laboratoriais após o seu tratamento, para que estes

mostrem que não há qualquer risco à saúde humana e que os parâmetros da legislação vigente, que normatiza a água para consumo humano, estão sendo obedecidos.

A água em seu estado líquido natural é habitada por inúmeros microrganismos de vida livre e que não têm características de se portar como parasitas, mas com a inserção de organismos patogênicos e/ou parasitários advindos de origens poluidoras naturais e antrópicas, a água pode se tornar um veículo que carrega um perigo sanitário potencial (Funasa, 2006).

Os animais de sangue quente (aves, suínos, bovinos, o homem etc.) ao eliminar suas fezes expõem juntamente as bactérias do grupo coliforme, que são os coliformes totais (*Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*) e os termotolerantes que são subgrupo das bactérias que fermentam a lactose a  $44,5 \pm 0,5$  °C em 24 horas, onde a principal representante é a *Escherichia coli* que tem sua origem exclusivamente fecal, sendo estes denominados indicadores de contaminação (Portaria nº 518/2004).

Uma pessoa, mesmo saudável, elimina diariamente, a razão de 50 a 400 bilhões de organismos e, dado ao grande número de coliformes existentes na matéria fecal, (até 300 milhões por grama), os testes de avaliação qualitativa desses organismos na água têm uma precisão ou sensibilidade muito maior do que qualquer outro teste, sendo considerado que é o economicamente o mais viável (Funasa, 2006).

As águas poluídas por águas residuárias de origem humana e animais podem transportar uma enorme variedade de organismos patogênicos incluindo bactérias, vírus, protozoários ou organismos multicelulares, que podem causar doenças gastrointestinais (Tundisi, 2004).

Na Tabela 3.4 podem-se observar os tipos de doenças humanas transmitidas por veiculação hídrica, sendo as bactérias patogênicas de detecção mais comum em águas contaminadas são: *Shigella*, *Salmonella*, *Compylobacter*, *Escherichia coli*, *Vibrio*, *Yersinia*, *Mycobacterium*, *Pasteurella*, *Leptospina* e *Legionella*, sendo as duas últimas e alguns fungos transmitidos por inalação por dispersão no ar, a partir de aerossóis contaminados.

Tabela 3.4 - Principais doenças de veiculação hídrica.

| Doenças humanas transmitidas por veiculação hídrica |                               |                   |                                                                          |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Doença                                              | Agente infeccioso             | Tipo de organismo | Sintomas                                                                 |
| Cólera                                              | <i>Vibrio cholerae</i>        | Bactéria          | Diarréia severa e grande perda de líquido                                |
| Disenteria                                          | <i>Shigella dysenteriae</i>   | Bactéria          | Infecção do cólon e dores abdominais mais intensas                       |
| Enterite                                            | <i>Clostridium perfringes</i> | Bactéria          | Inflamação do intestino delgado; diarréia; dores abdominais              |
| Febre tifóide                                       | <i>Salmonella typhi</i>       | Bactéria          | Dor de cabeça; perda de energia; hemorragia intestinal; febre            |
| Hepatite infecciosa                                 | <i>Hepatite, Vírus A</i>      | Vírus             | Inflamação do fígado; vômitos e febre; perda de apetite                  |
| Poliomielite                                        | <i>Polivírus</i>              | Vírus             | Febre, diarréia, dores musculares; paralisia e atrofia dos músculos      |
| Criptosporidiose                                    | <i>Cryptosporidium</i>        | Protozoário       | Diarréia e dores abdominais                                              |
| Disenteria amebiana                                 | <i>Entamoeba lytolytica</i>   | Protozoário       | Infecção do cólon; diarréia e dores abdominais                           |
| Esquistossomose                                     | <i>Schistosoma sp.</i>        | Verme             | Doença tropical do fígado; diarréia; fraqueza; dores abdominais intensas |
| Ancilostomíase                                      | <i>Ancylostoma sp.</i>        | Verme             | Anemia severa                                                            |

Fonte: Adaptado de Tundisi (2004).

A atenção quanto às detecções de microrganismos patogênicos deve ser redobrada a cada dia, pois além dos citados acima, agentes virais também são importantes contaminantes, como o vírus da hepatite, do rotavírus e etc. e, à medida que os métodos de detecção vão avançando tecnologicamente, aumenta a lista de agentes virais encontrados na água.

### 2.3. Tratamento de Água para Consumo Humano

Quando se fala em água para consumo humano, este deve ser considerado com de uso mais nobre, pois está presente em quase todas as atividades do ser humano, sendo usada para consumo próprio, higiene pessoal e das habitações em que vivemos, combate a incêndios e muitos outros, devendo ser ofertada dentro dos padrões de potabilidade determinados pela Portaria nº. 518/2004, do Ministério da Saúde, sob o risco de aparecimento de várias doenças de veiculação hídrica (Benetti e Bidone, 2004).

O tratamento da água tem o objetivo de reduzir as impurezas nela presentes, para que esta se torne em condições ideais para consumo humano (Motta, 2000) e, também, a melhora nas características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas (Funasa, 2006), sendo realizado em função das características qualitativas da água fornecidas pelos mananciais (Netto et al, 1998), devendo ser escolhidos mananciais próximos, com capacidade de atendimento da demanda por espaço de tempo maior possível, com menores possibilidades possíveis de recebimento de agentes poluentes, além de ser sempre recomendável uma inspeção sanitária em sua bacia hidrográfica (Netto et al, 1987).

De acordo com Motta (2000), a coagulação (mistura rápida), floculação, decantação /flotação, a filtração e a desinfecção são processo em ETA de ciclo completo, sendo que dentre todos estes processos, existem aqueles que produzem resíduos, lodos e efluentes químicos que devem ser adequadamente dispostos conforme a NBR 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para que não haja impactos ambientais.

### **2.3.1. Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano**

Um sistema de abastecimento de água para consumo humano é, geralmente, composto de manancial, captação, adução, tratamento, reservação e rede de distribuição, onde dependendo da topografia local, é necessária a adição de estações elevatórias, que são instalações de bombeamento destinadas a transportar a água de pontos de cotas menores para os de cotas maiores, tendo como exemplo mais comum a adução de água bruta para a ETA ou da água tratada para o reservatório de distribuição.

De acordo com Di Bernardo e Dantas (2005), sistemas de abastecimentos de água para consumo humano são instalações compostas por conjuntos de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e à distribuição canalizada de água potável para população, sob responsabilidade do Poder Público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão.

Segundo Mota (2000) e Tsutiya (2005), as unidades que compõe o sistema de abastecimento de água para consumo humano, assim são definidas:

- **Manancial** – recurso hídrico onde é retirado a água bruta, podendo este ser superficial ou subterrâneo;
- **Captação** – retirada da água do manancial, podendo ser feita através de tomada direta ou utilizando sistemas de bombeamento;
- **Adução** – transporte da água entre duas unidades do sistema de abastecimento, através de adutoras (tubulações ou canais);
- **Estação de Tratamento de Água – ETA** – conjunto de unidades destinado a tratar a água de modo a adequar as suas características aos padrões de potabilidade, em conformidade com a legislação vigente (Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde);
- **Reservação** – acumulação de água em reservatórios com diversos objetivos como: compensar as variações de consumo; garantir o abastecimento quando houver paradas no sistema; proporcionar a pressão mínima necessária na rede de distribuição;
- **Rede de Distribuição** – tubulações dispostos nas vias públicas para efetuar o fornecimento da água às edificações.

### 2.3.2. Tecnologias de Tratamento de Água

Neste texto toda a atenção estará voltada para a etapa do tratamento, onde o tipo de ETA a ser utilizado dependerá da qualidade da água bruta (ideal fazer levantamento histórico no decorrer do ano de diversos parâmetros do manancial), da densidade demográfica a ser atendida, sendo, também, fatores determinantes as disponibilidades financeiras, assim como as condições de operacionalidade e de manutenção da planta.

Como todo processo industrial, na escolha de um tipo de tecnologia a ser implantada em uma ETA, deve ser considerado a redução de custos, sem que a qualidade do produto final seja comprometida, neste caso a água potável deve estar de acordo com os parâmetros estabelecidos na legislação.

Na Figura 2.6 são apresentadas as principais alternativas de tecnologias para o tratamento da água, onde, de acordo com a água bruta, estas são apresentadas com ou sem coagulação química, com ou sem pré-tratamento.



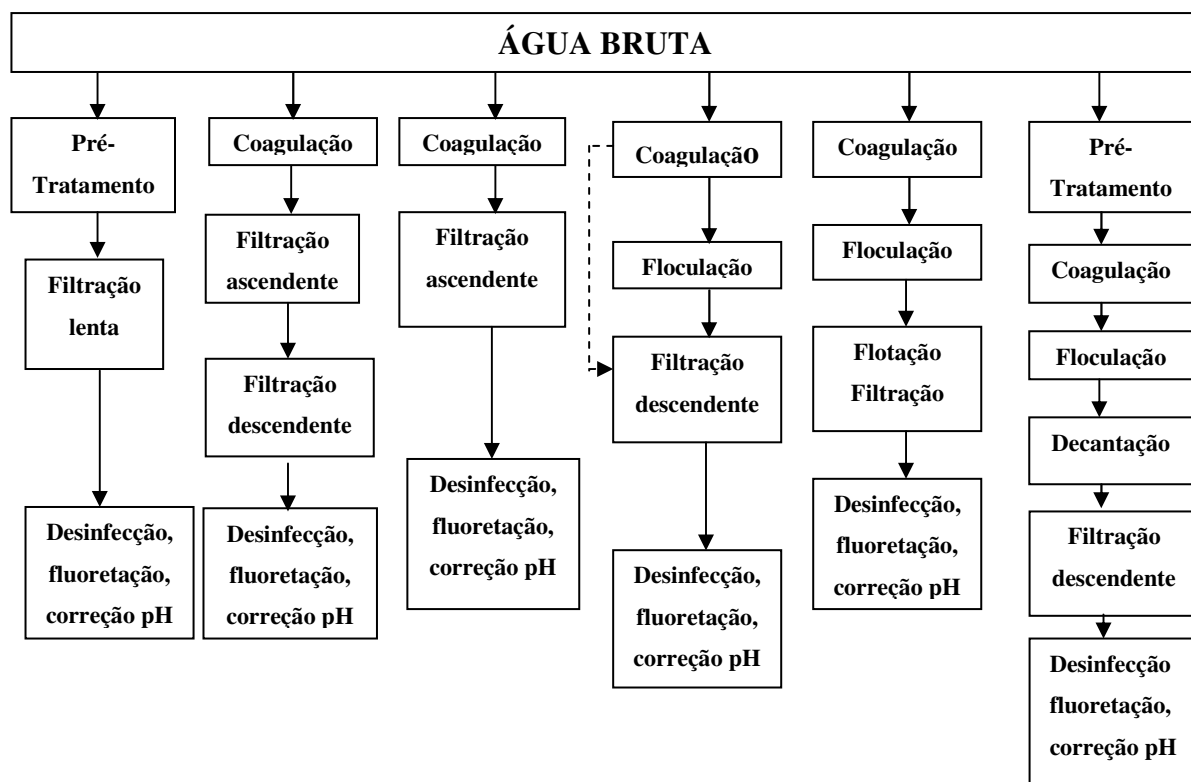


Figura 2.6 - Tecnologias de tratamento de água. Fonte: Di Bernardo e Dantas (2005).

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), em uma ETA de ciclo completo os principais processos contemplados são: Pré-tratamento (Alcalinização); Coagulação; Floculação; Decantação; Filtração; Desinfecção; Fluoretação e Correção de pH.

De acordo com Netto et al (1998), deve ser acrescida a fase de aeração sendo necessária a sua utilização com os objetivos de remover gases dissolvidos em excesso na águas ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), substâncias voláteis e a introdução de oxigênio (inclusive para a oxidação de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ ). A aeração é um processo aplicável para águas que não tenham contato direto com o ar, como, águas de lençol freático captadas em galerias de infiltração, águas do lençol artiano, águas provenientes de partes profundas de grandes lagos e represas. Dependendo da qualidade da água, bons resultados podem ser obtidos com pouco tempo de aeração, cerca de 1 a 2 segundos, tendo como principais tipos de aeradores por gravidade (tipo cascata; de tabuleiros); aeradores de ar difuso; aeradores mecânicos.

Todos os impactos ambientais antrópicos em uma bacia hidrográfica devem ser observados, visto que irão refletir, significativamente, no tipo de tratamento de água a ser adotado, pois tanto as características físico-químicas, quanto bacteriológicas são pontos

importantes de influência na escolha da tecnologia a ser adotada pelo projetista, assim como no modo operacional da ETA.

A definição do número de processos em um projeto de ETA deve se acompanhar da realização de estudos laboratoriais ou de modo preferencial, em estações-piloto de escoamento contínuo, mesmo que o projetista já tenha conhecimento da qualidade das características da água bruta é importante que este não cometa erros usuais em que os processos adotados ou parâmetros de projeto sejam inadequados, comprometendo de sobremaneira a qualidade da água tratada, assim como, em algumas situações, fazendo com que haja um gasto desnecessário dos produtos químicos utilizados no tratamento da água.

Segundo Di Bernardo apud Mota (2000), teoricamente, qualquer água pode ser tratada, pois as tecnologias de tratamento tiveram considerável evolução nos últimos anos, devendo ser considerados os custos e os riscos que podem estar envolvidos na realização do tratamento de águas com alto grau de poluição/contaminação, pois estes podem ser muito elevados.

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), o tratamento de água pode ser resumido na divisão da tecnologia em dois grupos; sem coagulação química (para águas especiais) e com coagulação química, em que dependendo da qualidade da água bruta, ambas podem ser ou não precedidas de pré-tratamento.

Na Figura 2.7 tem-se o diagrama de uma ETA de ciclo completo, sendo as definições de seus processos as mesmas dadas aos anteriores, não sendo considerado neste texto a etapa 1 como processo de uma ETA.

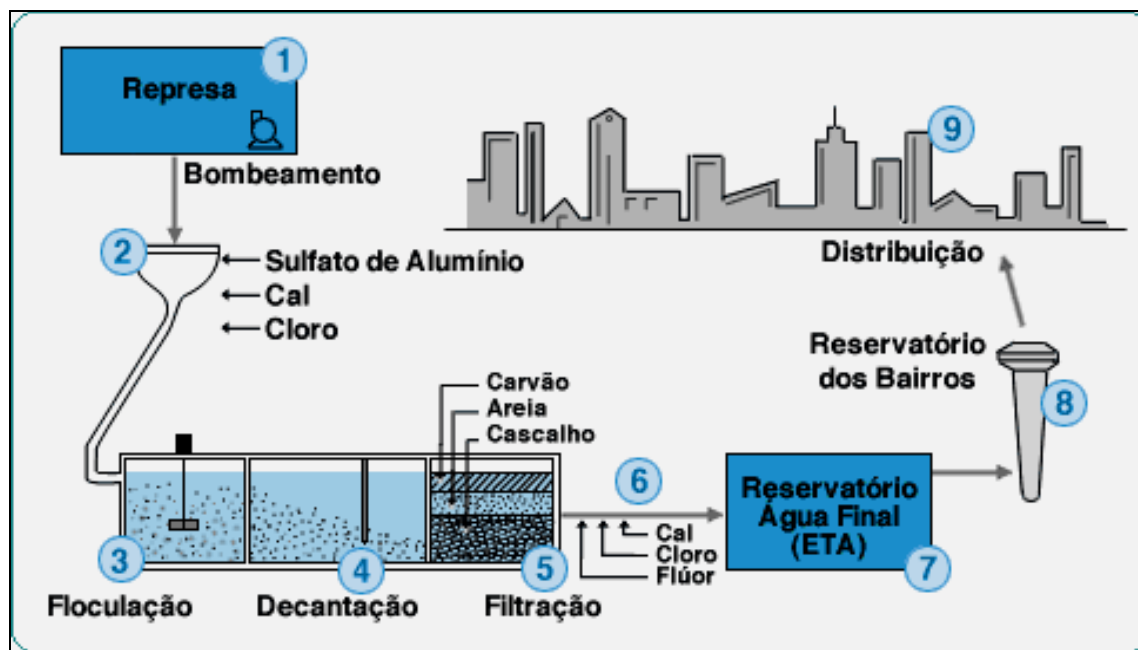


Figura 2.7 - ETA de ciclo completo. Fonte: Tatton et al (2007).

- **Pré-Tratamento (aeração, cloração e pré-alcalinização) – etapa 2**

Essa etapa 2 do processo tem por finalidade corrigir valores dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água bruta, incompatíveis com ao tipo de tratamento adotado e que possam vir a comprometer os resultados dos outros processos.

Apesar de não aparecer na Figura a aeração é usada para a oxidação do ferro ou outros elementos dissolvidos que se apresentem inconvenientemente em águas retiradas de poços, fontes ou regiões profundas de grandes represas, ou mesmo para a reintrodução do oxigênio na água que tenha sido perdido em contato com as camadas que as águas atravessaram, tendo como consequência a aquisição de gosto desagradável (Funasa, 2006).

A adição do cloro (pré-cloração) é para que haja a oxidação matéria orgânica, evitando a proliferação de algas nos demais processos da ETA.

A adição de cal (pré-alcalinização) é usada quando a alcalinidade da água bruta não é suficiente para que o coagulante aja, servindo para que o valor do pH da água se ajuste de modo que a coagulação ocorra.

- **Coagulação**

A coagulação resulta de dois fenômenos, sendo o primeiro de uma natureza química, onde as reações dos coagulantes (sais de alumínio e de ferro) com a água bruta e a formação das espécies hidrolisadas com as cargas positivas; o segundo fenômeno é de natureza fundamentalmente física, onde ocorre o transporte das espécies hidrolisadas para que haja contato entre as impurezas presentes na água.

Os coagulantes primários e as faixas de pH são importantes no processo de coagulação, pois geralmente, obtém-se ótimas condições de tratamento com essa conjugação, sendo mostrados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Coagulantes primários e faixas de pH em que são utilizados.

| <b>Coagulantes</b>      | <b>Faixa de pH</b> |
|-------------------------|--------------------|
| Sulfato de Alumínio     | 5,0 a 8,0          |
| Sulfato Ferroso         | 8,5 a 11,0         |
| Sulfato Férrico         | 5,0 a 11,0         |
| Cloreto Férrico         | 5,0 a 11,0         |
| Sulfato Ferroso Clorado | acima de 4,0       |

Fonte: Vianna (2002).

Esse processo é muito rápido, variando de décimos de segundo a, aproximadamente, cem segundos, dependendo das demais características (**pH, temperatura, condutividade elétrica, concentração de impurezas, etc.**), sendo realizada na ETA, na unidade de mistura rápida (Di Bernardo e Dantas, 2005).

- **Floculação (mistura lenta) – etapa 3**

Nesse processo há a formação dos flocos nos floculadores (mecânicos/hidráulicos), que são câmaras onde a água é levemente agitada, permitindo que ocorra a aglutinação das impurezas.

Essa etapa do tratamento da água ocorre quando os coagulantes já foram completamente adicionados e reagiram com a alcalinidade da água, formando compostos que

tenham propriedades de adsorção, isto é, aquelas cujas partículas carregadas eletricamente na sua superfície, e que possam, assim atrair cargas elétricas contrárias. Essas partículas são denominadas de flocos e tem cargas elétricas superficiais positivas, enquanto que as impurezas presentes na água, como as matérias suspensas, as coloidais, alguns sais dissolvidos e bactérias, têm carga elétrica negativa, sendo, assim retidas por aqueles flocos (Funasa, 2006).

Esta etapa não há geração de resíduos como os processos de uma ETA de ciclo completo e que serão descritos a seguir.

- **Decantação - etapa 4**

Após o processo da floculação, os flocos formados ficam suspensos na água e através de um processo dinâmico, tenderão a ir para o fundo do decantador, onde os mais pesados depositam-se no início do processo fazendo com que haja uma maior acúmulo de lodo no início do decantador, esta informação é bastante importante para quem opera uma ETA, pois a programação das lavagens de um decantador pode ser baseada nesse e em outros fatores que fazem com que melhor seja otimizada a operacionalidade.

A Figura 2.8 mostra um decantador de alta taxa, do tipo colméia em funcionamento.



Figura 2.8 – Decantação em uma ETA. Fonte: Arquivo do Autor (2007).

A velocidade é menor que as dos processos de mistura rápida e floculação, pois neste processo do tratamento, procura-se evitar ao máximo a turbulência, para que a eficiência seja maximizada (Netto et. al., 1987).

- **Flotação (não representado no fluxograma)**

Muitas vezes é necessário aplicar um processo de flotação para aumentar o rendimento de eficiência de retirada de sólidos. As partículas a ser flotadas são tornadas hidrofóbicas pela adição dos coagulantes apropriados para o tipo de água a ser tratada. Então, após o processo de coagulação, fazem-se passar bolhas de ar através da mistura e as partículas que se pretende recolher ligam-se ao ar e deslocam-se para a superfície, onde se acumulam sob a forma de espuma.

Resumindo, a flotação é um processo de separação de sólido-líquido, que anexa o sólido à superfície de bolhas de gás fazendo com que ele se separe do líquido, este processo ocorre com os flocos em fluxo ascensional (inverso ao da decantação) e se apresenta como uma das principais fontes de produção de resíduos dentro de uma ETA.

- **Filtração (fluxo descendente, fluxo ascendente, lenta e rápida) etapa - 5**

Para Di Bernardo e Dantas (2005) a filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de microrganismos presentes na água que escoam através de um meio poroso, sendo este o último dos processos que tem por finalidade a remoção de impurezas realizado em uma ETA, podendo ser considerado o principal responsável pela produção de água de qualidade que condiz com o padrão de potabilidade e também o principal formador de resíduos líquidos em uma ETA.

O processo da filtração tem uma importância muito grande no tratamento de água, tanto isto é fato que, junto com a desinfecção e a flouretação, é uma determinação legal, independente da qualidade da água bruta, observando o que diz a Resolução nº. 357/2005 do CONAMA, quanto às classes de águas aptas a serem tratadas para o consumo humano.

O período de filtração de um filtro, ou seja, o decorrente entre uma lavagem e outra é denominado de carreira de filtração, sendo que na linguagem dos operadores denomina-se “tempo de corrida”.

Quando se falar em ETA, a filtração é um processo que está universalizado, podendo ser classificados em dois tipos: **filtros lentos e filtros rápidos**.

Os filtros recebem água vinda do processo de decantação, sendo que em algumas ETAs isto não ocorre, sendo usado somente a floculação ou pré-tratamento.

Segundo Vianna (2002), os filtros podem ser classificados de acordo com o seu funcionamento que adiante são descritos, pois são pontos fundamentais na gestão ambiental dos resíduos produzidos numa ETA, objetivo do trabalho. Assim o autor classifica os filtros como de fluxo descendente: filtros lentos (baixa taxa de filtração) e rápidos (altas taxas de filtração) e de fluxo ascendente: unicamente rápidos. Desta forma pode-se diferenciar os filtros não somente pelo funcionamento, mas também, pelo material filtrante empregado e os resultados obtidos.

- **Filtração de fluxo descendente**

Bastante empregado no Brasil (Netto et al, 1987 ; Di Bernardo e Dantas, 2005; Vianna, 2002), podem ser empregados com baixas taxas de filtração (Funasa, 2006) ou altas taxas de filtração (Di Bernardo e Dantas, 2005).

- **Filtros lentos (de baixa taxa de filtração);**

Os filtros lentos são utilizados principalmente para a remoção de material orgânico e organismos patogênicos (remoção superior a 99%, podendo atingir 99,99% de *E. Coli* e de bactérias, quando bem operados) contidos na água a ser filtrada, sendo 50 uT o valor máximo da turbidez para a operação em regime, mas em casos extremos com os valores entre 100 e 200 uT pode-se obter valores de turbidez da água filtrada muito bons, desde que o tempo de operação nessas condições seja curto, de forma a se obter as melhores condições de filtração e de operação a turbidez da água a ser filtrada deve ser igual ou menor que 10 uT (Netto et al, 1987).

Segundo Netto et al (1987), os filtros são construídos com uma única camada filtrante de areia e são considerados lentos quando tem as taxas de filtração entre 2,4 e 9,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, sendo que valores maiores que estes só poderão ser utilizados se o manancial dispuser de água bruta livre de matéria em suspensão, ou em casos mais extremos, se a mesma tiver tido pré-tratamento, de acordo com suas características.

Na Figura 2.9, pode ser observado, esquematicamente, um filtro do tipo lento.

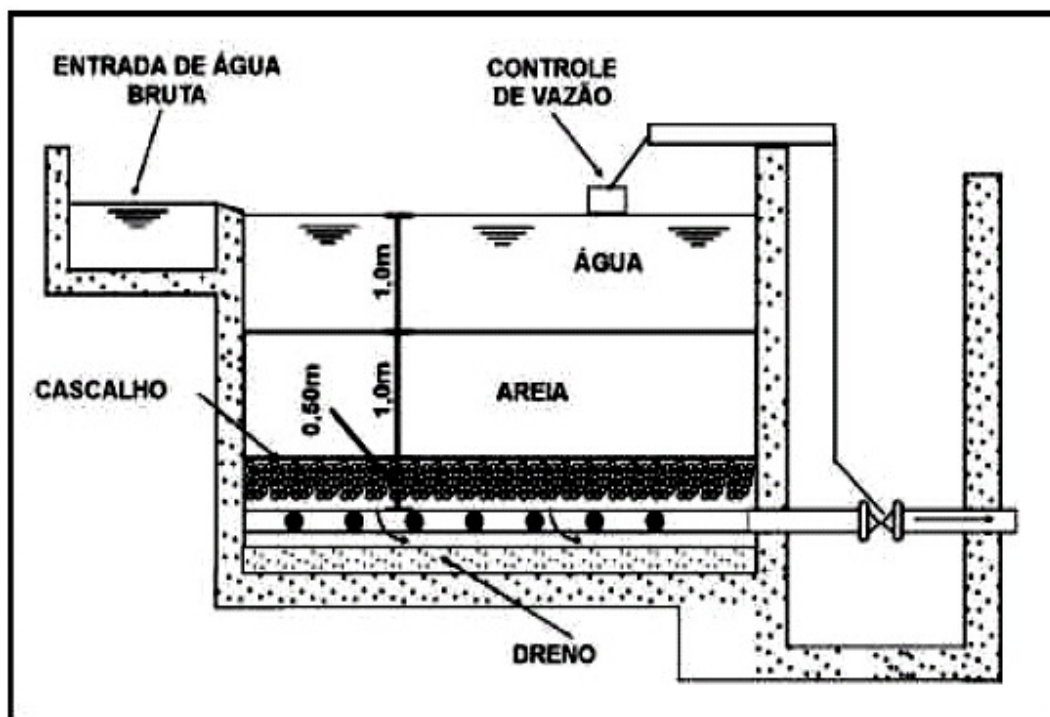


Figura 2.9 – Filtro lento. Fonte: Funasa (2006).

Como mostrado na Figura 2.10, a areia utilizada como suporte de filtração deve ser toda removida e lavada e depois recolocada no filtro (Netto et al, 1998) , produzindo efluentes contaminados, bem como lodos e materiais de rejeitos sólidos, porém para alguns locais do interior do país este é o recurso natural para tornar a água potável. A limpeza periódica de um filtro lento é a uma das principais fontes de produção de resíduos dentro do processo de tratamento de água.



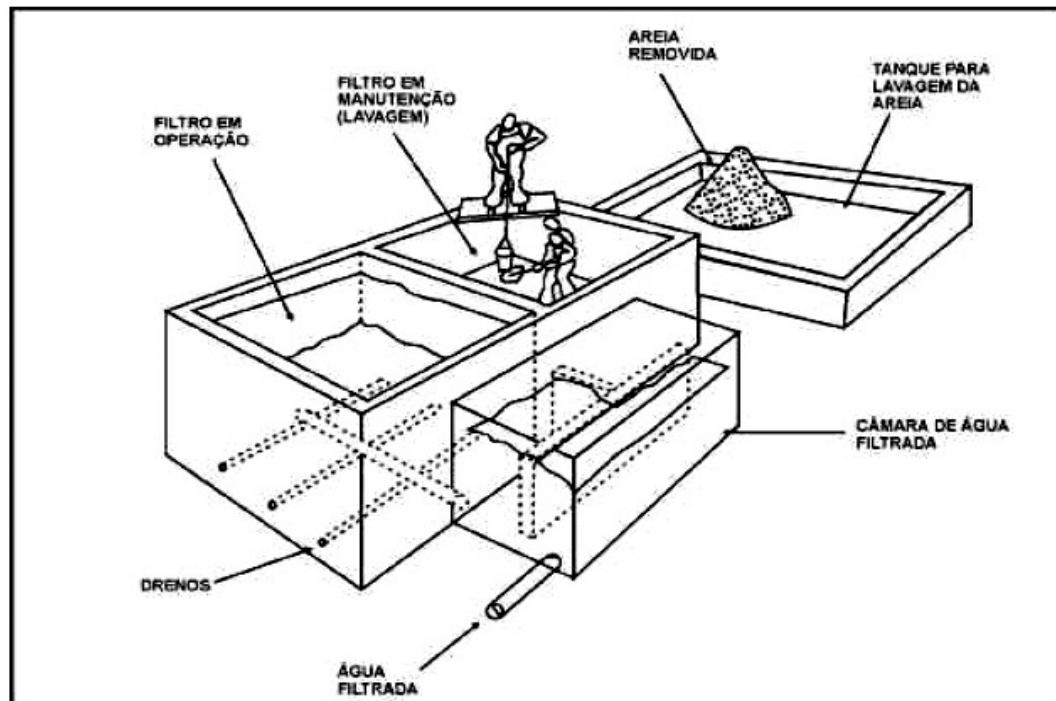


Figura 2.10 – Lavagem de um filtro lento. Fonte: Funasa (2006).

- **Filtros rápidos (alta taxa de filtração)**

Os filtros rápidos descendentes são empregados com taxas de filtração de 120 a 360  $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$  e construídos com camadas simples de areia, ou duplas de areia e antracito ou de camadas triplas de areia, antracito e granada (Vianna, 2002). Normalmente filtram a água retendo o material sólido produzido pelos processos de coagulação química e floculação, bem como outros materiais orgânicos e inorgânicos que porventura tenha passado pelo processo de decantação.

Na Figura 2.11 pode ser visto um filtro rápido em carga.



Figura 2.11 – Filtro rápido em carga. Fonte: Arquivo do Autor (2006).

O material retido no leito filtrante, normalmente é retirado por retrolavagem, sendo poluente, devido aos produtos químicos empregados pelo processo de tratamento, bem como bastante perigoso sob o ponto de vista de contaminação de microrganismos, uma vez que parte deles ficam retidos na camada filtrante.

- **Filtração de fluxo ascendente**

Para Netto et al (1987), os filtros de fluxo ascendente são semelhantes aos filtros rápidos, com taxas de filtração de 120 a 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, porém com funcionamento em sentido inverso.

Filtros desse tipo são construídos com camada de areia espessa de aproximadamente 2 metros, colocada sobre uma camada de seixos rolados com espessura de cerca de 0,60 metros.

Da mesma forma que os filtros rápidos descendentes a água deve ter passado pelos processos de coagulação, floculação e decantação e apresenta portanto, quando de sua limpeza, a produção dos mesmos resíduos poluentes de todos os filtros necessitando então destino final e manuseio adequados.

- **Fluoretação - etapa 6**

A fluoretação no Brasil é obrigatória pela Lei Federal nº. 6.050, de 24 de maio de 1974, sendo essa lei regulamentada pelo Decreto nº. 76.872, de 22 de dezembro de 1975 e tendo a Portaria nº. 635 de 26 de dezembro de 1975 do Ministério da Saúde, que aprova as normas e padrões sobre fluoretação da água dos sistemas públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano.

Na Tabela 3.6 abaixo pode-se observar os limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média anual das temperaturas máximas diárias.

Tabela 3.6 - Limites recomendados de íon fluoreto.

| Média anual das temperaturas máximas diárias do ar (°C) | Concentração do íon fluoreto na água (mg F <sup>-</sup> /L) |       |        |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|--------|
|                                                         | Mínima                                                      | Média | Máxima |
| 10,0 – 12,1                                             | 0,9                                                         | 1,2   | 1,7    |
| 12,2 – 14,6                                             | 0,8                                                         | 1,1   | 1,5    |
| 14,7 – 17,7                                             | 0,8                                                         | 1,0   | 1,3    |
| 17,8 – 21,4                                             | 0,7                                                         | 0,9   | 1,2    |
| 21,5 – 26,3                                             | 0,7                                                         | 0,8   | 1,0    |
| 26,4 – 32,5                                             | 0,6                                                         | 0,7   | 1,8    |

Fonte: Di Bernardo e Dantas (2005).

Para a introdução do flúor na água, em sistemas de abastecimento para consumo humano, mais comumente, usa-se o ácido fluossilícico ou o fluossilicato de sódio.

Ambos os produtos são corrosivos e necessitam de manuseio cuidadoso e principalmente podem produzir resíduos que afetam o meio ambiente seja pelo seu transporte ou pelas embalagens que resultam do seu acondicionamento.

Portanto, é de extrema importância que se leve em consideração questões de controle e gestão dos produtos. No entanto, o seu emprego é fundamental na saúde bucal, levando a diminuição das cáries principalmente nas camadas sociais mais pobres.

- **Desinfecção - etapa 6**

Desinfetar uma água significa eliminar os microrganismos patogênicos presentes na mesma, sendo que em épocas de surtos epidêmicos a água de abastecimento público deve ter a dosagem de desinfetante aumentada, pois em casos de emergências deve-se garantir, por todos os meios, a água potável (Funasa, 2006).

As principais vantagens e desvantagens dos desinfetantes (oxidantes) mais utilizados no tratamento da água são mostradas na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Vantagens e desvantagens dos desinfetantes (oxidantes) usados na água.

| <b>Desinfetante<br/>(Oxidante)</b> | <b>Vantagens</b>                                                                                                                                             | <b>Desvantagens</b>                                                                                                                                           |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cloro</b>                       | Oxidante poderoso; sistema de dosagem relativamente simples; residual persistente; uso comum.                                                                | Pode formar compostos halogenados quando a água apresenta precursores; problemas de sabor e odor; influência do pH na formação de espécies de cloro.          |
| <b>Ozônio</b>                      | Oxidante poderoso; geralmente forma quantidades pequenas de compostos organo-halogenados; não apresenta problemas de odor e sabor; pequena influência do pH. | Não deixa residual nos pontos mais distantes da ETA; geração no local da ETA; consumo excessivo de energia elétrica; complexa medição de residual; corrosivo. |
| <b>Dióxido de Cloro</b>            | Oxidante poderoso; residual relativamente persistente; geralmente forma quantidades pequenas de compostos organo-halogenados; não há influência no pH.       | Formação de alguns compostos organo-halogenados (diferentes dos trihalometanos); possíveis subprodutos (clorito e clorato); geração no local da ETA.          |
| <b>Permanganato de Potássio</b>    | Fácil de aplicar na água; não forma trihalometanos.                                                                                                          | Oxidante moderado; confere cor (rosa) à água; pequena ação desinfetante.                                                                                      |
| <b>Peróxido de Hidrogênio</b>      | Fácil de aplicar na água; forma radicais hidroxilas (com alto poder de oxidação).                                                                            | Oxidante moderado; formação de subprodutos ainda desconhecidos.                                                                                               |
| <b>Iodo</b>                        | Desinfeta bem a água após um tempo de contato de meia hora.                                                                                                  | Tem alto custo comercial para ser empregado em sistemas públicos de abastecimento de água.                                                                    |
| <b>Prata</b>                       | É bastante eficiente; sob forma coloidal ou iônica não deixa nem cheiro na água e tem uma ação residual satisfatória.                                        | Sua eficiência diminui consideravelmente em água que contenham certos tipos de substâncias, como cloretos.                                                    |

Fonte: Adaptação de Di Bernardo e Dantas (2005) e Funasa (2006).

Em uma ETA de ciclo completo (coagulação, floculação, decantação/flotação e filtração) há a eliminação de, aproximadamente, 98 a 99% dos microrganismos patogênicos que eventualmente estejam presentes na água bruta, com filtros rápidos de areia, ficando reservada para o processo de desinfecção a eliminação dos microrganismos patogênicos que ultrapassem todo o ciclo completo de tratamento de água (Vianna, 2002).

Os animais de sangue quente, incluindo os seres humanos, lançam seus dejetos com vários microrganismos patogênicos (vírus, bactérias, fungos, protozoários e vermes), que podem chegar aos corpos d'água, contaminando-os.

Os desinfetantes, de um modo geral, para serem usados nas ETAs devem apresentar as seguintes características:

- conseguir em tempo razoável destruir os microrganismos patogênicos na quantidade em que se apresentam;
- não ser tóxicos ao ser humano e aos animais e não causar odor e sabor nas águas, nas dosagens usuais;
- ser disponível a custo acessível e oferecer condições seguras nas fases de utilização (transporte, armazenamento, manuseio e aplicação na água);
- ter sua concentração na água medida de forma rápida por meio de métodos simples e confiáveis;
- produzir residuais persistentes na água, assegurando, como determina a Portaria nº. 518/2004, a qualidade da água contra eventuais contaminações, nas diferentes partes do sistema de abastecimento (Di Bernardo e Dantas, 2005).

No caso do Brasil, o produto mais utilizado em ETAs é o cloro sob a forma de solução ou aplicação direta sob a forma gasosa (Funasa, 2006).

O cloro gasoso é letal aos seres humanos, sendo, portanto, o local de armazenamento, transporte e manuseio, de risco e merecedor de cuidados especiais (Abiclor, 1989).

Suas características são extremamente favoráveis para utilização em larga escala, pois agem sobre os microrganismos presentes na água e, na dosagem correta para desinfecção no meio água, não são nocivos ao homem, não altera a qualidade depois de aplicado, sendo tolerado pela maioria da população e considerando a determinação da Portaria nº. 518/2004 deixa um residual ativo na água por um tempo razoável, isto é, sua ação desinfetante continua por um período satisfatório e com relação ao fator econômico é um dos mais baratos no mercado atualmente.

O cloro é aplicado na água por dosadores, conforme mostra a Figura 2.12, que são aparelhos que regulam a quantidade do produto a ser ministrado, dando-lhe vazão constante, podendo o cloro ser aplicado na forma gasosa (o acondicionamento do cloro gasoso é feito em cilindros de aço/carretas-tanque, com várias capacidades de armazenamento), onde são usados dosadores de vários tipos.

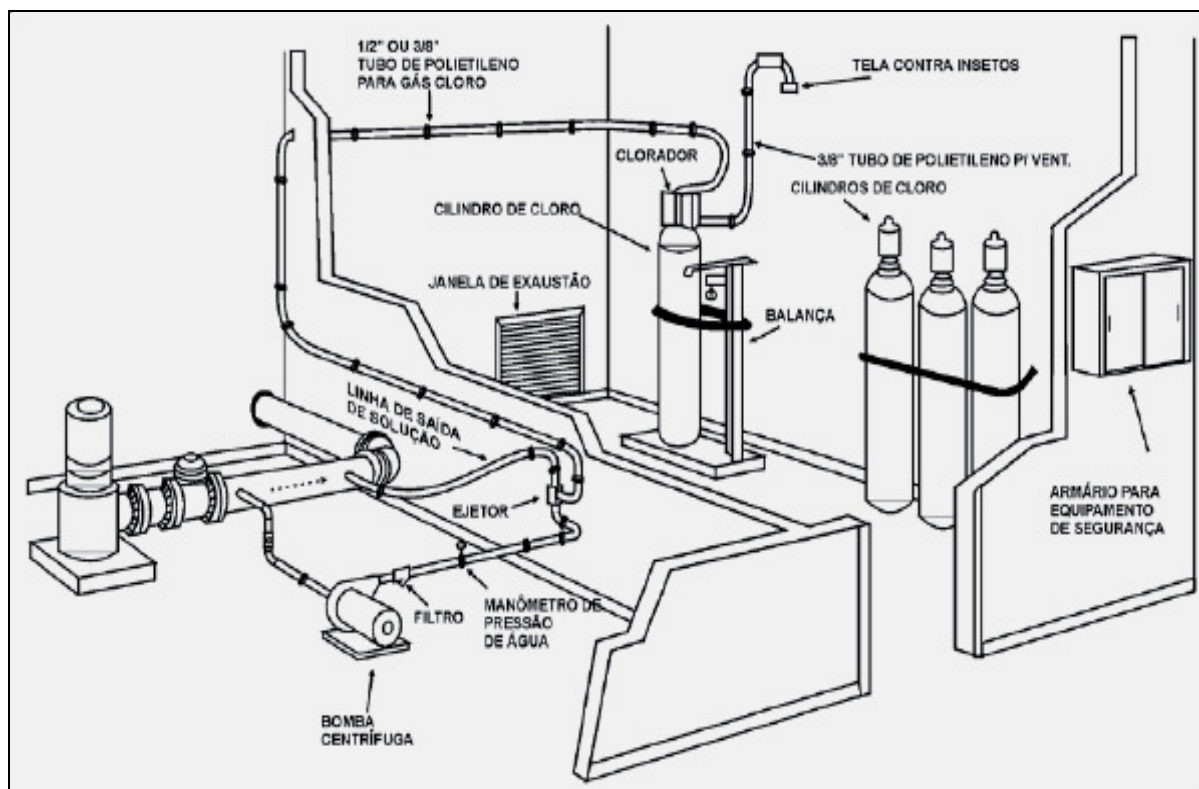


Figura 2.12 – Sistema de cloração; cilindros de 45 Kg. Fonte: Funasa (2006).

Podendo ser aplicado também na forma líquida de solução de produtos que contém percentuais de cloro ativo, com auxílio de aparelhos denominados hipocloradores ou bombas dosadoras.

Estes produtos são apresentados na Tabela 3.8 e como se pode notar que sendo substâncias químicas que afetam principalmente as vias respiratórias, o seu transporte e manuseio apresentam necessidade de cumprir normas de segurança e utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). (Funasa, 2006).

Tabela 3.8 – Compostos e Produtos a base de Cloro para Desinfecção da Água

| Principais Compostos e Produtos de Cloro usados para Desinfecção da Água |                                                          |                                      |                                                                              |                                                                     |                                                                                 |                                 |  |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--|
| Nome do Composto                                                         | Fórmula Química                                          | Cloro Ativo (%)                      | Características                                                              | Embalagem                                                           | Prazo de Validade                                                               | Nome Comercial                  |  |
| Hipoclorito de Sódio                                                     | NaCl                                                     | 10 – 15%                             | Solução aquosa, alcalina, de cor amarelada, límpida e de odor característico | Recipientes opacos de materiais compatíveis com o produto.          | um mês. Decompõe-se pela luz e calor, deve ser estocado local ao abrigo da luz. | Hipoclorito de Sódio            |  |
| Hipoclorito de Cálcio                                                    | Ca(OCl) <sub>2</sub>                                     | Superior a 65%                       | Coloração branca pode ser em pó ou granulado                                 | Recipientes plásticos ou tambores metálicos com revestimento.       | 6 meses                                                                         | Hipoclorito de Cálcio           |  |
| Cloro                                                                    | Cl <sub>2</sub>                                          | 100%                                 | Gás liquefeito sob pressão de coloração verde amarelado, e de odor irritante | Cilindros verticais de aço de 68 kg e horizontais de 940 Kg.        | -                                                                               | Cloro Gasoso                    |  |
| Cal Clorada                                                              | CaCl                                                     | 35 – 37%                             | Pó branco.                                                                   | Sacos de polipropileno de 1 a 50 kg. Local seco e ao abrigo da luz. | Pouco estável. Perda de 10% no teor de cloro ativo a cada mês                   | Cloreto de Cal.                 |  |
| Água Sanitária                                                           | Solução aquosa a base de hipoclorito de sódio ou cálcio. | 2 – 2,5% durante o prazo de validade | Solução de coloração levemente amarelada.                                    | Embalagem de 1,0L (plástico opaco).                                 | Verificar no rótulo do produto.                                                 | Água sanitária ou de lavadeira. |  |

Fonte: Funasa (2006).

#### • Correção de pH (controle de corrosão) – etapa 6

As águas geralmente apresentam algumas impurezas que podem favorecer e acelerar a corrosão, dentre elas pode-se citar o gás carbônico, os ácidos diluídos e cloretos.

Quando a água passa por um processo físico-químico com objetivo de torná-la potável, dependendo das substâncias que nela estejam agregadas e da quantidade de coagulante que precise ser empregada para que a coagulação se processe, seu pH cai tornando-se ácida, da mesma forma, após a filtração, na dosagem do cloro para a desinfecção, o pH também permanece ácido. Essa acidez causa corrosão das canalizações, válvulas e equipamentos

causando grande prejuízo anual para os serviços de abastecimento de água, que além de terem a sua vida útil reduzida, apresentam menor capacidade de condução de água.

Para que essa agressividade na água a ser distribuída seja neutralizada, esta deverá ser alcalinizada, isto é, receber certa quantidade de cal (virgem ou hidratada), para a elevação do pH (correção do pH), mas não basta elevar o pH até 7,0 ou pouco mais; faz-se necessário adicionar quantidade suficiente de cal para que seja eliminado o gás carbônico, pois formar-se-á uma fina camada de carbonato na superfície interna dos tubos protegendo-os contra ataques. A cal em solução ou em suspensão é aplicada às águas, de preferência após a cloração, onde bem como no processo anterior, os produtos empregados põem em risco a saúde dos trabalhadores (Netto et al, 1987).

### **2.3.3. Os Procedimentos Operacionais em uma ETA**

A operação de uma ETA é complexa, pois todo o tempo é necessário observar várias operações que ocorrem dentro da planta, bem como atento as mudanças de qualidade do insumo principal, a água a ser tratada. Assim por exemplo, é necessário monitorar constantemente valores de pH para dosagem correta de produtos químicos de coagulação/floculação, que pode afetar todo processo de tratamento de forma global, onde qualquer erro pode ocasionar problemas de decantação, afetar os filtros levando a se obter um produto de baixa qualidade.

Os procedimentos operacionais de uma ETA são somatórios de tarefas que os operadores têm que executar, utilizando vários equipamentos para o preparo de soluções de produtos químicos (coagulantes, alcalinizantes, auxiliares de floculação e desinfetantes), dosando-as nos diversos processos que compõe uma ETA, assim como, a determinação de parâmetros de controle tais como a cor, o próprio pH, a turbidez e alcalinidade das águas bruta, coagulada, decantada, filtrada e distribuída.

Cabe aos operadores, também, a operação de sistemas de cloração, fluoretação, alcalinização e o controle dos níveis das águas nas várias unidades componentes da ETA, assim como as lavagens dos filtros e descargas periódicas nos decantadores, além da responsabilidade pelo recebimento dos produtos químicos e orientação da adequada estocagem dos mesmos.



O controle das operações, através de mapas/boletins de controle operacional, é um fator importante para que a gerência do departamento de água e os órgãos responsáveis pela vigilância da qualidade da água possam ter uma radiografia operacional do sistema, por isso é de suma importância que o operador preencha corretamente e com fidelidade aos fatos estes mapas/boletins de operações de ETA.

Como rotina, na maioria das ETAs, ao assumir o plantão o operador deverá chegar 15 minutos antes do horário de início de seu plantão, para que junto com o operador que está saindo possa efetuar um controle de campo, observando os seguintes itens:

- as etapas do tratamento (mistura rápida, floculadores, decantadores, filtros, nível do reservatório de água tratada) com objetivo de recebimento de um plantão sem qualquer anormalidade nos processos do tratamento e também nos equipamentos da ETA;
- a concentração em que foi preparada a solução nos tanques de produtos químicos, visando evitar surpresas no momento em que seja necessário efetuar alguma manobra para troca/substituição de tanques e dosadores;
- o consumo de produtos químicos e reagentes laboratoriais do plantão anterior, verificando se condiz com estoque encontrado ao receber o plantão;
- as paradas dos equipamentos que porventura tenham ocorrido e/ou que venham a ocorrer, em virtude do revezamento e/ou programa de manutenção e se estão funcionando perfeitamente;
- o operador que estiver deixando o serviço deverá, após efetuar o controle de campo junto com o operador que o está rendendo, assinar na presença deste, o mapa/boletim de controle operacional;
- em caso de divergências na inspeção de campo, um relatório de deverá ser elaborado de forma conjunta e colocado em um livro de ocorrência, onde os dois operadores colocarão as respectivas assinaturas e, num prazo máximo de até 24 horas, encaminhar ao seu chefe imediato;
- em caso de divergências no controle de campo e, não for elaborado o relatório citado anteriormente, as responsabilidades administrativas decorrentes da não comunicação no prazo estabelecido, serão partilhadas pelos dois operadores (CEDAE, 2006).

Uma rotina de trabalho dentro de uma ETA consta de tarefas que devem seguir etapas cuidadosas e repetitivas. Assim, análises laboratoriais são realizadas a intervalos de tempo determinados pela rotina, e inspeções constantes dentro da planta. Uma dessas rotinas pode ser demonstrada como se segue:

Após a inspeção de controle de campo o operador tem como tarefa inicial a verificação das características físico-químicas da água bruta e distribuída, verificando, também se o pH da água coagulada está dentro da faixa operacional, até que este possa realizar o teste dos jarros ou ensaio de coagulação.

Após o ensaio de coagulação é necessário a determinação de turbidez, cor, pH e alcalinidade das águas bruta, tratada e em diversas outras etapas do processo. Os métodos de determinação podem ser encontrados no Manual de Meio Ambiente, FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (1983), vol. 2, ou no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998).

A próxima tarefa pode ser a lavagem dos filtros ou decantadores.

Os filtros de uma ETA devem ser lavados quando apresentarem perda de carga acentuada ou, quando houver perda da qualidade da água filtrada, considerando que o artigo 12 da Portaria nº. 518/2004 estabelece valores para os sistemas de filtração.

As Figuras 3.13 e 3.14 mostram o início e o final da lavagem de um filtro, onde se pode observar que o líquido que retorna ao meio ambiente, deve ser tratado de maneira correta devido a sua capacidade de impactar corpos de água.

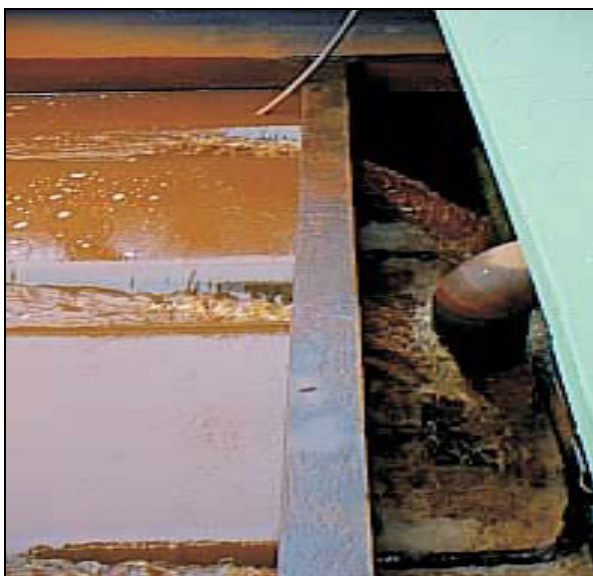


Figura 2.13 – Filtro sendo lavado.  
Fonte: Reali (1999).



Figura 2.14 - Filtro lavado. Fonte: Reali (1999)

Para fazer a limpeza dos filtros, fecha-se a admissão da água proveniente dos decantadores e aguarda-se que o nível de água da câmara filtrante baixe, pois assim, ter-se-á filtrado boa quantidade de água evitando perdas acentuadas e, também, diminuirá o peso da água proveniente do reservatório. Abre-se a admissão do reservatório de água de lavagem, sendo esta operação chamada de inversão de corrente ou retrolavagem. A água de lavagem penetra sob pressão através dos drenos, revolve a areia e carrega a sujeira acumulada para os canais de descarga de água de lavagem.

Ao término da lavagem dos filtros, fecha-se a admissão da água do reservatório de lavagem, abre-se a da água dos decantadores e inicia-se novamente a filtração com a abertura do registro da água filtrada (Funasa, 2006).

De acordo com Reali (1999), em geral, a lavagem dos filtros é realizada em intervalos de 12 a 48 horas com duração de 4 a 15 minutos e com taxa de aplicação de água da ordem de 10 a 15 L/m<sup>2</sup>s, dependendo do método de lavagem.

A otimização da operação de um decantador resume-se, em alguns casos, em descargas periódicas para minimizar o impacto do acúmulo do lodo decantado na qualidade da água tratada que irá para os filtros.

As Figuras 3.15 e 3.16 mostram a limpeza de um decantador, sendo a produção de lodos e semi-sólidos os principais produtos a serem dados destino final adequado.



Figura 2.15 – Decantador fora de carga.  
Fonte: Reali (1999).



Figura 2.16 – Decantador sendo esvaziado para lavagem. Fonte: Reali (1999).

Segundo Reali (1999), os resíduos gerados nos decantadores, nos sistemas tradicionais, podem ficar retidos durante vários dias (30, 40, 60) ou algumas horas, dependendo da forma de limpeza utilizada nos tanques, por isso o responsável deve estar atento ao comportamento da ETA que está operando.

A depreciação da qualidade da água decantada pode acarretar na perda da eficiência dos filtros, fazendo com que a turbidez da água filtrada aumente, ficando em desacordo com os valores estabelecidos pela Portaria nº. 518/2004 e, também, um aumento nas lavagens dos mesmos, fazendo, com isso, que haja um aumento nas perdas da ETA, diminuindo sua eficiência.

Uma das etapas mais importantes da operação é a desinfecção por cloro. O cloro é o produto químico que representa o maior risco às pessoas que trabalham na ETA, assim como, devido às suas características, para os habitantes próximos ao local.

Por acondicionar uma substância perigosa, os cilindros com cloro devem ser manuseados com cuidado e a movimentação destes deve ser feita com o capacete de proteção das válvulas, evitando proferir golpe com qualquer objeto que seja ou até mesmo cair, sendo necessário o manuseio destes por pessoal habilitado, devidamente treinado, com todas as instruções de emergências disponíveis em caso de acidente.

Para se manusear os cilindros de cloro, tanto os grandes como os pequenos, deve-se proceder com técnica, pois sob nenhum pretexto, tanto cilindros com válvulas ou dispositivos de segurança podem ser separados, alterados, modificados ou usados de maneira diferente da recomendada, pois mesmo que os cilindros estejam vazios, os “caps” das válvulas e os capacetes de proteção devem ser mantidos no lugar. Não se deve esquecer que os cilindros pequenos são armazenados de pé (**nunca deitados**) e os cilindros grandes na posição horizontal, em suportes próprios (metais ou concreto) (Abiclor, 1989).

A vazão do cloro depende da pressão interna do cilindro, que por sua vez, relaciona-se com a temperatura do cloro líquido. Para grandes vazões, a temperatura e pressão do cilindro podem baixar pelo efeito do resfriamento causado pela evaporação do cloro e a vazão irá diminuindo até praticamente cessar. Em vazões excessivas, a diminuição de temperatura do cilindro ocasionará a formação de uma camada de gelo em sua volta, que atua como isolante, diminuindo ainda mais a vazão (Abiclor, 1989).

A conexão entre os cilindros e a tubulação deve ser flexível, inspecionada regularmente e substituída anualmente, ou assim que apresente o primeiro sinal de desgaste ou avaria. Para a conexão dos cilindros, é recomendado o uso de adaptadores, utilizando-se

uma nova junta para cada conexão; a reutilização de juntas, geralmente, origina vazamentos (Abiclor, 1989).

Para a localização de vazamentos, deve ser utilizado algodão ou estopa impregnado de amônia concentrada, preso na ponta de uma vara ou, um vidro que possibilite a criação de aerossóis desse mesmo produto, pois a aproximação de vapores de amônia ao local de vazamento formará uma névoa branca que permitirá a rápida localização do ponto onde esteja ocorrendo o vazamento (deve ser evitado o contato da amônia com o latão) (Abiclor, 1989).

Em caso de vazamento de cloro nunca deve ser aplicada água, pois o cloro é levemente solúvel em água e a mistura de água e cloro tem rápida ação corrosiva agravando o vazamento (Abiclor, 1989).

## **2.4. A Gestão de uma ETA de Ciclo Completo**

De acordo com Parsekian (1998), existe mais de 7.500 ETAs espalhadas no Brasil, tendo uma enorme variedade de concepções de projetos que adquirem algumas particularidades quando se fala em gerenciamento e operação das mesmas. Essa constatação vem das condições dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água bruta, que dependem das condições de ocupação da bacia hidrográfica e das proteções estabelecidas aos mananciais.

A gestão e operações de uma ETA são complementares, pois o comprometimento da gerência na otimização dos processos é fundamental para que os operadores absorvam integralmente a cultura de produzir o produto final (água potável) com o menor custo possível, sempre observando os parâmetros impostos pela legislação vigente.

O papel do gerente de uma ETA é de suma importância quando este tem a visão do tratamento como um todo, pois a gerência deve ter o conhecimento dos dispositivos legais que envolvem a pesquisa da qualidade das águas brutas (Resolução CONAMA nº. 357/2005) e tratada (Portaria nº. 518/2004), considerando a aplicação do flúor (Portaria nº. 635/74), assim como no recebimento dos produtos químicos utilizados no tratamento, que tem como orientação básica as diretrizes constantes nas normas da ABNT e considerando de mesma importância as determinações constantes nas normas da British Standards (BS) - Ocupacional

Health and Safety Assessment Series (OHSAS) 18.000, que versam acerca da segurança e da saúde ocupacional.

A participação dos operadores na rotina diária de uma ETA vem do fato que na maioria dos casos estas unidades funcionam 24 horas interruptas e alguns departamentos de produção adotam os regimes com escalas de plantão de 24 horas de trabalho efetivo com 72 horas de descanso ou no mesmo sistema com a escala de 12 por 36 horas, fazendo com que estes funcionários tenham toda rotina operacional bem assimilada.

Para que a otimização dos processos seja bem sucedida, a boa qualificação do profissional que opera uma ETA é fundamental, tendo noção clara da importância do SMS (Saúde/Meio Ambiente/Segurança), onde o uso dos EPIs tem que fazer parte da rotina diária de trabalho, pois este irá manusear produtos químicos e produzirá um produto final que tem papel importantíssimo nos índices de melhoria da qualidade de vida, assim como na queda dos números de doenças de veiculação hídrica.

Segundo Parsekian (1998) a grande maioria das ETAs existente no Brasil não apresenta programas de preservação e recuperação de mananciais, de controle, de perdas, de treinamento eficiente e contínuo dos operadores, entre outros, caracterizando ausência de gestão eficiente nestas unidades.

O gerente de uma ETA é peça fundamental para que esta possa ter sua dinâmica operacional otimizada, pois de acordo com Cordeiro e Campos (1999), devem ser observados alguns aspectos relevantes no sistema: estrutura e responsabilidade; treinamento e conscientização; comunicação; disponibilização e conhecimento da legislação ambiental; estabelecimento de processos de emergência; monitoramento e medição; registros de eventos; estabelecimento de ações corretivas e preventivas; sendo necessário para a implementação destas ações o aporte de pessoal treinado e de competência comprovada.

A gestão de uma ETA requer a consciência que a transformação da água bruta em água potável tem todas as características de uma indústria, pois segundo Cordeiro e Campos (1999) a não observância visando a otimização dos procedimentos e melhorias das condições operacionais podem levar a desperdícios e perdas de água no processo, perdas de produtos químicos, de energia elétrica, além de provocar danos ambientais importantes.

A Figura 2.17 mostra, resumidamente, como deve ser a visão de um gerente de uma ETA, considerando que em todos os pontos de visão a legislação se faz presente, assim como as normas editadas pela ABNT, mas pode ser observado que não é observado um sistema de saúde e segurança ocupacional.



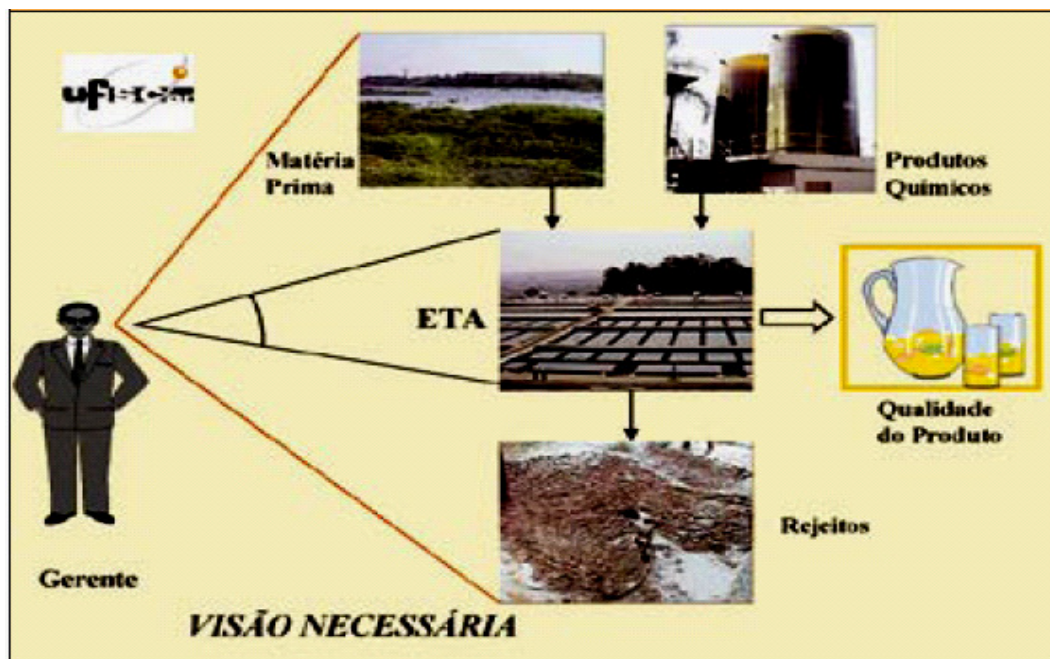


Figura 2.17 – Visão necessária de um gerente de ETA. Fonte: Parsekian (1998).

Em tempos de crescente preocupação com os impactos ambientais provocados pelas atividades antropogênicas, o gerente de uma ETA deve ter a constante preocupação com a preservação dos mananciais, visando à conservação da qualidade da água bruta, com a qualidade dos insumos (produtos químicos) fornecidos e o compromisso do fornecedor com a questão ambiental, principalmente na com relação à legislação vigente.

A preocupação tem que ser contínua e não se restringir às questões relacionadas especificamente ao tratamento.

É fundamental a atualização dos gerentes (seja em instituições de ensino ou através de intercâmbio com os de outras unidades) das ETAs, além da interação com os profissionais sob seu comando, pois apesar de sua imensa importância para a população, com relação à saúde pública, uma ETA também produz rejeitos que são gerados nas lavagens dos filtros, nas descargas periódicas e lavagens dos decantadores e nas limpezas dos tanques que acondicionam as soluções dos produtos químicos utilizados no tratamento e esse passivo ambiental necessita de soluções imediatas, vistos que no Brasil, segundo Cordeiro e Campos (1999), os resíduos decorrentes do tratamento de água são dispostos, com grande frequência, em cursos d'água próximos às ETAs.

Somando a tudo isso, exige-se do gerente o conhecimento das legislações vigentes (Leis, Decretos, Portarias e Resoluções), das Normas Brasileiras Regulamentadas (NBR), da

ABNT, relacionadas ao tratamento de água e das normas OHSAS, da British Standards, que falam acerca da segurança e saúde ocupacional.

Periodicamente devem ser realizadas coletas de amostras que fornecerão dados que venham refletir como se comporta operacionalmente uma ETA, em todas as suas etapas. Estas são de suma importância, exemplificando que, segundo Parsekian e Cordeiro (2003), quando não se afere adequadamente a qualidade dos produtos químicos utilizados em uma ETA, há a utilização de produtos impuros que vão prejudicar a qualidade final da água, podendo interferir na dosagem ótima a se aplicada e na quantidade e qualidade dos gerados no processo.

Dentro de todo este contexto a gerência de uma ETA, assim como em qualquer unidade industrial, deve ser pautada na obtenção de uma excelente qualidade do produto final (água potável), aliando esta qualidade com a quantidade requerida (controle apurado das perdas), considerando que, também deva ser feito todo esforço objetivando a minimização dos resíduos gerados durante o processo de tratamento.

O mais importante de todo este processo para o gerente de uma ETA está na sua constante busca pela qualificação, assim como a de seus subordinados, considerando que a necessidade de um quadro operacional, e até mesmo administrativo, se faz cada vez mais presente, diante da crescente demanda por água de qualidade sem que seja reduzida a sua quantidade.

#### **2.4.1. A Gestão dos Recursos Humanos**

Atualmente dentre os grandes desafios das empresas de saneamento está a melhoria da qualidade de sua mão de obra, em face de uma crescente conscientização da sociedade na questão ambiental, principalmente quando se fala em qualidade das águas bruta e potável e toda a contextualização que se criou em torno das questões relacionadas ao saneamento ambiental.

Quanto maior e melhor for a capacitação do funcionário, melhor poderá ser a sua compreensão quanto da importância de procedimentos operacionais que levem à busca por melhores métodos que possibilitem a economia de energia elétrica, de produtos químicos e a conservação dos recursos hídricos.



A diferença, caso haja, entre o grau de escolaridade de um operador e do gerente de uma ETA não deve ser um complicador para a implantação de procedimentos que venham melhorar a qualidade do produto final.

Para o gerente de uma ETA, deve-se exigir um grau de formação compatível com a responsabilidade que a atividade exige, pois independente do número de habitantes atendidos pelo sistema de abastecimento de água, os fatores relacionados à saúde pública devem ser considerados em primeiro lugar, pois a água potável deve ter os mesmos padrões de potabilidade que preconiza a Portaria nº. 518/2004, independente do tamanho ou da condição socioeconômica da comunidade abastecida.

Para que os operadores e gerentes de ETA tenham plenas condições de exercerem suas atividades de maneira que saibam, verdadeiramente, a importância de seus trabalhos, o melhor caminho é a capacitação contínua, que forneça conhecimentos técnicos e informações de tecnologias que possibilitem a estes o aumento da capacidade de reflexão acerca dos temas relacionados às atividades de tratamento de água e ao saneamento ambiental como um todo, usando tudo isso para melhor desenvolver suas atividades no trabalho (Albuquerque, et al, 2005).

Segundo Cordeiro (2003), a divisão da escolaridade dos operadores dos sistemas de tratamento no país se configura da seguinte maneira:

- possuem primeiro grau incompleto – 31%;
- possuem primeiro grau completo – 29%;
- possuem curso técnico – 20%;
- possuem segundo grau completo – 16%;
- possuem terceiro grau completo – 4%.

A disseminação das informações para os profissionais da área de saneamento ambiental deve ser a mais ampla possível, independentemente do grau de escolaridade, pois estas devem maximizar a formação destes profissionais, especializando-os com cursos com frequência cada vez maior, pois somente desta maneira poderá haver um melhor aproveitamento desta mão de obra que tem a capacidade de transformar a água bruta em água potável (Barros Filho, et al, 2004).

#### **2.4.2. As Perdas Físicas e os Resíduos gerados em uma ETA de Ciclo Completo**

A geração de resíduos e as perdas de água em ETAs de ciclo completo se apresentam como um problema em que a solução ainda não foi obtida de forma definitiva, pois depende da característica de cada unidade e, sendo o Brasil um país continental e com grandes diferenças regionais torna-se imperativo uma solução que atenda as características de cada região.

A disposição ambientalmente adequada de lodos e das águas provenientes das lavagens dos filtros de ETAs ainda é um grande desafio e, por isso, tem recebido atenção especial dos pesquisadores e das empresas que operam sistema de abastecimento de água para abastecimento humano.

Os resíduos gerados nos decantadores das ETAs são derivados dos sólidos em suspensão que estão na água bruta e dos produtos químicos (coagulantes, polieletrólitos, alcalinizantes e outros) que são adicionados nas diversas etapas do tratamento, sendo determinantes para que os lodos apresentem características diversas, pois de acordo com Cordeiro e Campos (1999) estes lodos podem ter suas características bastante variadas, dependendo fundamentalmente das condições apresentadas pela água bruta, dosagens dos produtos químicos, o tipo e a qualidade dos mesmos, assim como a forma de limpeza dos decantadores.

O crescimento populacional que vem ocorrendo nas cidades, principalmente nas denominadas regiões metropolitanas, hoje cerca de 75% da população brasileira habite nessas regiões (Reali, 1999) faz com que a demanda por água potável seja cada vez maior, fazendo com que haja uma crescente na geração de lodos e de água proveniente das lavagens dos filtros.

Segundo Andreoli (2006) a geração de resíduos nas ETAs faz com que haja a necessidade de um gerenciamento com alto grau de complexidade, onde as soluções, na maioria das vezes, são acompanhadas de altos custos, mas tudo isso é indispensável para que sejam alcançados plenamente os resultados sanitários, ambientais e sociais que são esperados por todos os setores da nossa sociedade.

Com a tomada de consciência ambiental no Brasil, recentemente estas atividades deixaram de ser negligenciadas e com isso, o acúmulo de passivos ambientais de grandes dimensões e passíveis de multas e autuações pelos órgãos ambientais passaram a receber

atenção com o objetivo de resolução dos problemas, evitando, como ocorria no passado, que os problemas sejam geridos de forma emergencial pelos operadores, sem o devido planejamento, causando grandes impactos ambientais e altos custos econômicos.

Em uma ETA as lavagens dos filtros são as produtoras dos maiores volumes de água descartados, sendo que estes apresentam pequenas quantidades de sólidos, ocorrendo ao contrário com relação aos resíduos gerados nos decantadores, onde a quantidade de sólidos é muito maior em relação à quantidade de água.

De acordo com a norma da ABNT 10.004/2004 os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água são definidos como resíduos sólidos.

Esta norma tem como objetivo prover meios adequados para o melhor gerenciamento dos resíduos sólidos através da classificação que considere o grau de periculosidade, a toxicidade e quais agentes (tóxicos, teratogênico, carcinogênico, mutagênico e ecotóxico) são capazes de produzir efeitos nocivos, observando os seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública.

Atualmente, a transformação da água bruta em potável tem características semelhantes a qualquer atividade industrial (Reali, 1999) e, como em qualquer atividade antropogênica, pode produzir impactos ambientais importantes, sendo estes, resultantes das lavagens dos filtros, das descargas e limpezas dos decantadores e dos resíduos resultantes das limpezas dos tanques de preparo das soluções dos produtos químicos utilizados nos processos.

De acordo com Andreoli (2005), genericamente, um grande número de sistemas de abastecimentos de água para consumo humano despeja seus resíduos sem tratamento nos corpos hídricos mais próximos às ETAs, tendo como impactos ambientais significativos, o assoreamento dos rios, interferência na fotossíntese das plantas aquáticas, alterações das propriedades físico-químicas da água (cor, pH, turbidez, etc.),

Segundo Cordeiro apud Cordeiro e Campos (1999), em uma pesquisa realizada para mostrar os resultados da disposição dos resíduos de limpeza dos decantadores no córrego Monjolinho, na cidade de São Carlos (SP), foram monitorados cerca de 1.000 metros a jusante do lançamento, neste curso d'água, fazendo-se um comparativo com as características de montante do ponto de lançamento. Ficou evidenciado que o valor da DQO, que era de 16 mg/L antes do lançamento, passou para os valores de mais de 2.000 mg/L e a concentração de sólidos sedimentáveis à montante passou de 0,4 mg/L para valores acima de 400 mg/L em alguns pontos.

### 2.4.3. A Gestão da Energia Elétrica

Na gestão de um sistema de saneamento ambiental não deve ser desprezada a questão do gasto energético, pois segundo Albuquerque et. al. (2005), o consumo de energia elétrica pelo setor de saneamento é da ordem de 2,3% consumo total do Brasil, tendo sido consumido no ano de 2003, por este setor, 6,7 bilhões de kWh (kilowatts-hora).

Atualmente a maioria das empresas de saneamento no Brasil não contempla a questão do custo com o consumo da energia elétrica como uma prioridade dentro das questões ligadas ao gerenciamento.

As operadoras de saneamento, através de seus sistemas, são dependentes diretamente da energia elétrica. Mesmo com esta constatação poucos são os gestores do setor que demonstram interesse em se compreender toda a dinâmica de cobrança e de como racionalizar o uso da energia elétrica nas atividades operacionais.

Para que o gestor de um sistema de abastecimento possa programar uma cultura de uso racional da energia elétrica na sua unidade de trabalho, visando reduzir o custo, faz-se necessário uma análise mensal das contas de fornecimento de energia e o conhecimento pormenorizado da estrutura tarifária implantada no país, de acordo com as determinações da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANELL) através da Resolução nº. 456 de 29 de novembro de 2000.

Estas medidas são princípios básicos para que se possa obter sucesso no objetivo de se economizar energia em sistemas que na maioria das vezes, por questões operacionais, não podem ser desligados e, conseqüentemente vão consumir energia em tempo integral.

- **Definições Técnicas Acerca do Consumo de Energia Elétrica**

Neste tópico são apresentadas algumas definições, de acordo com a Resolução nº 456, consideradas importantes e que serão úteis no entendimento básico de como funciona toda a dinâmica do fornecimento de energia e da sua estrutura tarifária e de como se deve prestar atenção ao mais variados fatores para se alcançar o uso racional da energia elétrica.

**Demanda:** representa a solicitação, em média, das potências elétricas ativas e reativas, de uma parte da carga instalada que esteja em operação na unidade consumidora, por um

intervalo de tempo determinado. As demandas que podem ser contratadas são: de ultrapassagem, faturável e medida.

A demanda contratada é aquela de potência ativa que a concessionária tem a obrigatoriedade de disponibilizá-la continuamente no ponto de entrega e que deverá ser totalmente paga independente da sua utilização ou não pelo período constante no contrato de fornecimento que deverá ter em suas cláusulas o valor fixado e o período de vigência, expressando esta em quilowatts (kW).

A demanda de ultrapassagem também é expressa em quilowatts (kW) e representa o valor medido que excede ao valor demanda contratada.

A demanda faturável é o valor da demanda de potência ativa onde é aplicada a tarifa, sendo identificado segundo os critérios estabelecidos e considerada para fins de faturamento, sendo expressa em quilowatts (kW).

A demanda medida é expressa em quilowatts (kW) e, através de sua medição, representa a maior demanda de potência ativa integralizada no intervalo de quinze minutos durante o período de faturamento.

De acordo com a Resolução nº 456/2000 da ANEEL, a energia elétrica ativa é aquele tipo de energia elétrica que pode ser transformada em outro tipo de energia, sendo expressa em quilowatts-hora (kWh).

De acordo com Coura (2005), a energia elétrica reativa é uma parte da energia que é requerida, da concessionária, pela inércia de vários equipamentos elétricos de uma unidade consumidora e que continuamente fica circulando entre os diversos campos elétricos e magnéticos dos sistemas de corrente alternada, sem que com isso haja a produção de trabalho ativo e esta energia é transformada em calor que não é aproveitado. Esta energia é expressa em quilowatt-ampére-reativo-hora (kVArh).

**- Fator de Carga:** o Fator de Carga é a divisão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora, sendo estas ocorridas em um mesmo intervalo de tempo especificado (ANEEL, 2000).

Segundo Coura (2005), para se obter o valor do Fator de Carga, deve ser dividido o período de funcionamento em um mês da instalação pelo número de horas do mês médio, que são 720 horas.

- **Fator de Demanda:** é a divisão entre a demanda máxima, em um espaço temporal especificado, e a carga instalada na unidade consumidora.

- **Fator de Potência:** é a divisão da energia ativa pela raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativas e reativas que são consumidas em um tempo especificado (ANEEL, 2000), sendo que de acordo com Tsutiya (2001), é a divisão entre a potência ativa e a total.

- **Potência:** de acordo com Tsutiya (2001), é a quantidade de energia requerida em uma unidade de tempo, sendo o quilowatt a unidade utilizada (kW).

- **Potência Instalada:** é a adição das potências nominais de equipamentos elétricos de mesma espécie, estando instalados na unidade consumidora e em plenas condições de serem postos em funcionamento (ANEEL, 2000).

- **Os Consumidores de Energia de Elétrica de acordo com as suas Atividades.**

Para a ANEEL (2000) os consumidores são divididos em classes e subclasses, sendo consideradas para aplicação das tarifas, onde todo o universo de consumo foi contemplado e a unidade consumidora é classificada de acordo com a sua atividade, sendo:

- **Residencial** – Residencial - Residencial Baixa Renda;

- **Industrial** – De acordo com o CNAE (Cadastro Nacional de Atividades e Econômicas);

- **Comercial, Serviços e Outras Atividades** – Comercial, Serviços de Transportes (excluindo os de tração elétrica);

- **Rural** – Agropecuária, Cooperativa de Eletrificação Rural, Indústria Rural, Coletividade Rural, Serviço Público de Irrigação Rural e Escola Agrotécnica;

- **Poder Público** – Federal, Estadual ou Distrital e Municipal;

- **Serviço Público** – Tração Elétrica, Água, Esgoto e Saneamento;

- **Consumo Próprio** – Próprio, Canteiro de Obras e Interno.

- **Grupos de Unidades Consumidoras**

Os grupos de unidades consumidoras são divididos em:

- **Grupo A - Consumidores de Alta Tensão** – São aqueles faturados com componentes de demanda e consumo, podendo sua tarifação ser feita pelo sistema convencional e horo-sazonal. O valor da tarifa de energia sofre influencia da tensão ou da localização, fazendo com que o grupo A seja dividido em função destes fatores. (Tsutiya, 2001).

A Tabela 3.9 mostra o grupo A, que classifica os consumidores que recebem energia em tensão igual ou superior a 2.300 V.

Tabela 3.9 - Subgrupo tarifário para a maioria das instalações do setor de saneamento (A4).

| <b>SUBGRUPOS TARIFÁRIOS DO GRUPO A</b> |                                                                                               |                |       |               |                       |                  |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|---------------|-----------------------|------------------|
| <b>Grupo A</b>                         | Classificação para os consumidores que recebem energia em tensão igual ou superior a 2.300 V. |                |       |               |                       |                  |
| Tensão de Fornecimento                 | Acima de 230 kV                                                                               | 88 kV a 138 kV | 69 kV | 30 kV a 44 kV | <b>2,3 kV a 25 kV</b> | Abaixo de 2,3 kV |
| Subgrupo                               | A1                                                                                            | A2             | A3    | A3a           | <b>A4</b>             | AS               |

Fonte: (Coura, 2005).

- **Grupo B - Consumidores de Baixa Tensão** – São aqueles atendidos com tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, sendo faturados somente com o consumo de energia ativa, pertencentes àqueles que possuem potência instalada inferior a 75 kVA. O grupo B está dividido em função da classificação, sendo que esta classificação tem influência na tarifa de energia (Tsutiya, 2001).

A Tabela 3.10 mostra o grupo B, que classifica os consumidores que recebem energia em tensão inferior a 2.300 V.

Tabela 3.10 - Subgrupo tarifário para a maioria das instalações do setor de saneamento (B3).

| <b>SUBGRUPOS TARIFÁRIOS DO GRUPO B</b> |                                                                                      |                         |           |                      |                           |                       |                    |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------|----------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Grupo B</b>                         | Classificação para os consumidores que recebem energia em tensão inferior a 2.300 V. |                         |           |                      |                           |                       |                    |
| Tipo de Consumidor                     | Residencial                                                                          | Residencial baixa renda | Rural     | Coop. Elétrica Rural | Serviço público irrigação | <b>Demais classes</b> | Iluminação pública |
| Subgrupo                               | <b>B1</b>                                                                            | <b>B1</b>               | <b>B2</b> | <b>B2</b>            | <b>B2</b>                 | <b>B3</b>             | <b>B4</b>          |

Fonte: (Coura, 2005).

- **Estrutura Tarifária**

A estrutura tarifária do sistema elétrico brasileiro é composta de um conjunto de preços que são aplicados aos vários elementos que compõem o uso da energia elétrica, sendo adicionada, ou não, a demanda de potência, que estarão ativas de acordo com a modalidade de fornecimento. Dentro do sistema tarifário existem vários tipos de tarifas, observando as características e as necessidades de cada consumidor, aonde muitas vezes a escolha vem do próprio.

- **Tarifa Convencional**

Segundo Tsutiya (2001), este tipo de tarifação é aplicado às unidades consumidoras pertencentes aos grupos A e B.

Para consumidores que demandam até 500 kW, nesta modalidade é contratado um único valor de demanda, com a tarifa (R\$/kW) tendo o mesmo valor para todos os seguimentos horo-sazonais, valendo a mesma regra para o consumo, sendo que com outro valor de tarifa (R\$/kW) (Coura, 2005).

- **Tarifa Horo-Sazonal**

Esta estrutura de tarifação tem como característica a diferenciação de preços aplicáveis ao consumo da energia elétrica e/ou demanda de potência, considerando as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, sendo dividida em seis categorias, aonde duas são tarifárias em



função dos períodos de cobranças e quatro são os períodos que irão nortear o tipo de cobrança (ANEEL, 2000). Usam-se as horas de pico e os períodos secos no ano para que sejam aplicados os maiores valores de cobranças.

A seguir têm-se os períodos com suas especificações:

- **Tarifa Azul:** segundo Tsutiya (2001), este modo de tarifação está estruturado para que a demanda e o consumo de energia elétrica, tenham seus preços atrelados às horas de utilização durante o dia e aos períodos do ano.

Dentro da estrutura tarifária esse modo de tarifação é aplicado às unidades consumidoras que estão ligadas em tensão de fornecimento maior ou igual a 69 kV e, sempre que a demanda contratada for maior ou igual a 300 kW, em qualquer segmento horo-sazonal. Para as que estão ligadas em tensão inferior a 69 kV, com demanda contratada abaixo de 300 kW, o faturamento para este tipo de tarifa é opcional (ANEEL, 2000).

De acordo com Coura (2005), nesta modalidade de tarifação a demanda contratada para o horário de ponta não pode ser maior que a para o horário fora de ponta.

- **Tarifa Verde:** dentro desta estrutura tarifária a demanda tem uma única tarifa, independente do segmento horário. Opcionalmente esse tipo de tarifação, no segmento horo-sazonal pode ser aplicada às unidades consumidoras ligadas em tensão de fornecimento menor que 69 kV e, com demanda contratada, tendo o valor menor que 300 kW (ANEEL, 2000).

Segundo Coura (2005), podem ser aplicadas, para consumo (kWh), tarifas diferenciadas nos horários de ponta e fora de ponta, assim como nos períodos seco e úmido.

- **Horário de Ponta:** de acordo com a ANEEL (2000), este período é composto de três horas diárias ininterruptas, excetuando os sábados, domingos e feriados nacionais, sendo consideradas, também as características do sistema elétrico.

Este período corresponde a três horas no intervalo de 17h00min a 20h00min, sendo que com frequência as concessionárias definem como horário de ponta o período das 17h30min às 20h30min, não devendo isto ser considerado como regra geral. Esta modalidade é aplicada somente aos consumidores em média e alta tensão, com o objetivo de motivar os gerentes das unidades consumidoras a programarem o desligamento dos equipamentos elétricos nos horários de pico, dentro das possibilidades operacionais (Coura, 2005).

- **Horário Fora de Ponta:** de acordo com Tsutiya (2001), este é um período onde o conjunto de horas complementa as três horas ininterruptas correspondentes ao horário de ponta, sendo que neste horário estão inclusos os sábados, domingos e feriados.

- **Período Úmido:** período de cinco meses consecutivos, compreendidos pelas leituras feitas entre os meses de dezembro de um ano e abril do ano seguinte, em que a energia elétrica é fornecida à unidade consumidora (ANEEL, 2000).

- **Período Seco:** corresponde ao período de sete meses ininterruptos, abrangendo as leituras do consumo de energia elétrica feita em uma unidade consumidora entre os meses de maio e novembro (ANEEL, 2000).

As seis ETAs estudadas se encaixam no perfil de consumo de energia elétrica como mostrado na Tabela 3.10, no subgrupo B3, onde os consumidores recebem com tensão igual ou inferior a 2,3 kV e tem potência instalada inferior a 75 kVA, sendo faturados, para estas unidades de tratamento, somente o consumo da energia ativa.

#### 2.4.4. O Gerenciamento dos Produtos Químicos

Segundo Parsekian e Cordeiro (2003), no tratamento da água os produtos químicos são utilizados para que melhor sejam removidas as substâncias que estejam dissolvidas e as partículas em suspensão na água bruta, sendo suas dosagens, determinadas através de ensaios laboratoriais, considerando a qualidade da água bruta a ser tratada.

De acordo com Di Bernardo e Dantas (2005), os diversos tipos de água bruta podem requerer vários produtos químicos e substâncias com características que sejam específicos para serem usados em seus tratamentos.

Segundo Reali (1999), os processos de uma ETA convencional podem ser otimizados com a escolha correta do tipo de coagulante a ser utilizado no tratamento, pois dependendo do tipo, há influência direta na qualidade de resíduos líquidos gerados, pois quando se compara o uso do cloreto de férrico com o do sulfato de alumínio, considerando as características da água bruta, a água decantada pode apresentar menor quantidade de sólidos,

fazendo com que haja aumento na carreira dos filtros e conseqüentemente diminuindo a quantidade de filtros a serem lavados.

- **O Controle da Qualidade dos Produtos Químicos**

A Portaria nº. 518/2005, do Ministério da Saúde, em seu artigo 9º incumbe ao responsável operacional do sistema de abastecimento de água potável, a exigência da realização de procedimentos para o controle da qualidade dos produtos químicos, devendo ser realizada, também, pelos próprios fabricantes fornecedores dos produtos.

Na Tabela 3.11 abaixo, tem-se a descrição das Normas relacionadas ao controle da qualidade dos produtos químicos que são utilizados no tratamento de água.

Tabela 3.11 – Normas NBR relacionadas ao controle de qualidade dos produtos químicos.

| <b>NBR</b> | <b>DESCRIÇÃO</b>                                                                                                                                                                                            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 592        | Modo como os produtos químicos devem ser manuseados e armazenados                                                                                                                                           |
| 6.471      | Procedimento de retirada e preparação da amostra de cal virgem e cal hidratada                                                                                                                              |
| 6.473      | Análise química da cal virgem e hidratada                                                                                                                                                                   |
| 7.501      | Procedimentos para o transporte de produtos perigosos                                                                                                                                                       |
| 10.790     | Fixa condições exigíveis de aceitação e recebimento de cal virgem e cal hidratada                                                                                                                           |
| 11.176     | Fixa condições exigíveis no fornecimento e recebimento de sulfato de alumínio                                                                                                                               |
| 11.177     | Amostragem do sulfato de alumínio                                                                                                                                                                           |
| 11.178     | Determinação granulométrica do sulfato de alumínio                                                                                                                                                          |
| 11.179     | Determinação de resíduo insolúvel em água, no sulfato de alumínio líquido e sólido                                                                                                                          |
| 11.180     | Determinação de teor de alumínio total solúvel em água, no sulfato de alumínio líquido e sólido.                                                                                                            |
| 11.181     | Determinação de teor de ferro total solúvel em água, no sulfato de alumínio líquido e sólido.                                                                                                               |
| 11.182     | Determinação de acidez livre e basicidade no sulfato de alumínio líquido e sólido                                                                                                                           |
| 13.293     | Determinação de óxido de cálcio disponível, hidróxido de cálcio e substâncias reativas ao HCl expressa em CaCO <sub>3</sub> na cal virgem e na cal hidratada para o tratamento de água para o abastecimento |
| 13.294     | Determinação de óxido e hidróxido de magnésio na cal virgem e hidratada.                                                                                                                                    |

Fonte: Adaptada de Parsekian e Cordeiro (2003).

De acordo com Parsekian (1998), todos os produtos químicos usados no tratamento da água devem ter seus graus de pureza aferidos em conformidade com as Normas elaboradas pela ABNT, pois considerando sua importância sanitária estes deveriam ter maior controle de qualidade, assim como, uma análise mais criteriosa na escolha do fornecedor, sendo observado não só o valor (compra pelo menor preço), como também a qualidade dos produtos a serem adquiridos.

Segundo Barroso e Cordeiro apud Cordeiro (2005) os resultados das análises realizadas em cinco amostras de sulfato de alumínio comercial, indicaram significativa variação na quantidade e no tipo de impurezas encontradas em um mesmo produto químico, tendo fabricantes diferentes como origens.

Parsekian e Cordeiro (2003) visitaram onze ETAs, no estado de São Paulo, com vazões nominais que variavam de 360 m<sup>3</sup>/h a 3.960 m<sup>3</sup>/h, sendo de modelos de gestão municipal, estadual e privado, aonde foram realizadas entrevistas com os responsáveis pelos serviços, considerando a questão de como são adquiridos os produtos químicos.

No mesmo estudo, segundo Parsekian e Cordeiro (2003), foram verificadas que 91% das empresas (10 ETAs), adquirem produtos químicos priorizando o menor preço e que somente 56% (6 ETAs) analisam os produtos após a aquisição objetivando controlar a qualidade, entretanto estas empresas não analisam todos os parâmetros constantes no processo licitatório, sendo mais grave ainda os 44% restantes que não realizam qualquer tipo de análise de controle de qualidade.

A falta de controle de qualidade na aquisição de produtos químicos faz com que frequentemente, sejam encontradas empresas fornecedoras de produtos químicos que são utilizados no tratamento de água, realizando fraudes como a venda de cal de construção civil, sulfato de alumínio contaminado com metais pesados e muitas outras situações (Parsekian e Cordeiro, 2003).

- **Armazenagem dos Produtos Químicos Utilizados no Tratamento de Água**

O manuseio e o armazenamento dos produtos químicos devem ser feitos de maneira criteriosa, considerando as formas em que são fornecidos e as determinações preconizadas pela NBR 12.216/1992, que são listadas a seguir:

- A previsão do armazenamento dos produtos químicos usados no tratamento de água, para atendimento da demanda, deve ser de, no mínimo, dez dias do consumo máximo;
- O armazenamento dos produtos químicos (sulfato de alumínio, cal e cloro) usados no tratamento de água, deve ser previsto para o período mínimo de trinta dias nas ETAs que tenham capacidade de tratamento inferior a 10.000 m<sup>3</sup>/dia;
- Quando os centros produtores dos produtos químicos estiverem localizados em locais distantes das ETAs, devem-se armazenar os produtos químicos, considerando as dificuldades para a compra e o transporte destes produtos;
- Quando se fizer necessário, o armazenamento do sulfato de alumínio sólido deve ser para dez dias de consumo, sendo isto feito em local seco, interno à casa de química, isolado de pisos e paredes, satisfazendo as seguintes condições:
  - Quando fornecidos em sacos, estes devem ser colocados sobre um estrado de madeira;
  - Quando fornecido a granel deve ser armazenado em depósitos de madeiras resistentes à corrosão.
- O armazenamento do sulfato de alumínio em solução deve ser feito em tanques localizados interna ou externamente à sua casa de química, sendo que neste último caso, os tanques devem ser ligados à casa de química ou ao ponto de aplicação, por meio de canalizações instaladas de modo a facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção;
- Em ETAs que exijam áreas de armazenamento para períodos de consumo dos produtos químicos, superior a dez dias, o armazenamento pode ser complementado em área separada da casa de química;
- Quando o consumo de cloro em uma ETA for superior a 50 kg/dia, a utilização deste produto deve ser prevista em cilindros de uma tonelada, observando as condições de segurança para sua movimentação;
- Para o armazenamento de cloro, o depósito deve ser suficiente para atender o período mínimo de dez dias de consumo máximo;
- As portas da área de armazenamento de cloro e da instalação dos cloradores devem ser abertas para fora, sendo suas partes superiores envidraçadas e com abertura de ventilação sobre o pórtico;

- Para cilindros de uma tonelada o armazenamento ou sua utilização deve ser feito na posição horizontal, sendo fixados em uma só camada, com 0,20 m de espaçamento mínimo entre eles e 1,0 m a largura mínima da passagem de circulação;
- Para cilindros com capacidade até 75 kg de cloro o armazenamento ou sua utilização, devem ser feitos na posição vertical, sendo diretamente sobre a superfície de apoio;
- O depósito ou a dosagem de cloro devem estar em áreas em que somente conte equipamentos e produtos químicos relacionados com a cloração.

### **3. OS SISTEMAS DE GESTÃO**

#### **3.1. O Sistema de Gestão ambiental**

O sistema de gestão ambiental tem pela norma ISO 14.001, a seguinte definição:

“A parte de um sistema de gestão de uma organização utilizada para desenvolver e implementar sua política ambiental e para gerenciar seus aspectos ambientais”.

Segundo Epelbaum (2006), pode ser entendida por gestão ambiental a aplicação dos princípios de planejamento e controle na identificação, avaliação, controle, monitoramento e redução dos impactos ambientais a níveis previamente estabelecidos.

De acordo com Groenewegen e Vergragt apud Corazza (2003), nas diferentes atividades de uma organização, as contribuições da gestão ambiental estão agrupadas em três esferas: produtiva, estratégica e da inovação.

- a produtiva é que sofre, em uma vertente, a intervenção da gestão ambiental no controle do respeito às regulamentações públicas pelas diferentes divisões operacionais e, em outra, na elaboração e na implementação de ações ambientais que dizem respeito à manutenção, à conformidade ambiental dos fornecedores, dos sítios de produção e outros.

- a estratégica é onde a gestão ambiental fornece avaliações acerca dos potenciais de desenvolvimento e as restrições ambientais emergentes, sendo resultantes tanto da regulamentação, quanto da concorrência.

- a inovação tem da gestão ambiental um auxílio técnico duplo, onde de um lado há o acompanhamento dos dispositivos de regulamentação e das avaliações ecotoxicológicas de produtos e emissões a serem respeitadas e de outro, o ajudando a definir projetos de desenvolvimento de produtos e tecnologias.

No Brasil as questões relativas ao meio ambiente foram diretamente influenciadas por quatro eventos internacionais relevantes e que Magrini apud Chaib (2005), destacou:

- a promulgação da Política Ambiental Americana (NEPA), em 1969, tendo caráter corretivo, buscando essencialmente o controle da geração de poluentes.
- a Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, no ano de 1972, onde a delegação brasileira deixou transparecer alguma indiferença com relação aos assuntos ligados à proteção ambiental, focando o interesse nas questões econômicas.
- a publicação do relatório “Nosso Futuro Comum”, em 1987, sendo o documento que originou o conceito de desenvolvimento sustentável e buscou a “conciliação” entre as partes.
- a Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro, no ano de 1992, denominada de ECO 92, que teve um papel crucial na mudança de paradigma da política ambiental em todo o mundo, através do desenvolvimento das normas da série ISO 14.000 (Sistema de Gestão Ambiental), sendo seus conceitos absorvidos principalmente nas organizações privadas.

Moreira (2006) considera as décadas de 70 e 80 juntas, uma fase intermediária da evolução focada na gestão ambiental, tendo como marco principal a Conferência de Estocolmo, promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 1972, sendo acompanhada dos seguintes fatos:

- Crise do petróleo e a aceleração dos programas nucleares na Europa;
- Grandes acidentes ambientais em todo mundo;
- Ações de remediação;
- Surgimento das Organizações Não Governamentais (ONGs);
- Controle da poluição no final da linha (ponto de descarga);
- Pela primeira vez, cientistas americanos, em 1974, chamam a atenção do mundo para os perigos da destruição da camada de ozônio pelo uso dos clorofluorcarbono (CFCs);
- Desenvolvimento da legislação ambiental, com ênfase nos parâmetros de qualidade da água e do ar, bem como padrões de lançamento de efluentes e emissões atmosféricas;
- Instituição da Política Nacional do Meio Ambiente, em 1981, e a criação de diversos órgãos de atuação ambiental;
- Legislação brasileira sobre zoneamento ambiental, licenciamento de atividades poluidoras e avaliação de impacto ambiental (Resolução CONAMA 001/86), dentre outras;
- Preocupação das empresas em atender às exigências dos órgãos ambientais;



- Inclusão do planejamento ambiental nas empresas, investimentos em sistemas de controle;
- Pouca visão das oportunidades de ganhos advindos de uma gestão ambiental eficaz;
- Mobilização das comunidades;
- Convenção de Viena, de 1985 e o Protocolo de Montreal, em 1987, acerca das substâncias nocivas à camada de ozônio;
- Aprovação e divulgação pela ONU, em 1987, do Relatório “Nosso Futuro Comum”, no qual foi defendido o conceito de Desenvolvimento Sustentável.

### **3.1.1. As Normas da Série ISO 14000**

Na International Standardization Organization (ISO), em 1993, o Comitê Técnico 207 (TC- 207) foi criado com objetivo de estudar e elaborar um conjunto de normas que pudessem enfocar a questão ambiental de maneira ampla, tanto nos processos industriais como no setor de serviços, sendo as primeiras normas aprovadas desta série as seguintes (Cordeiro, 2003):

- ISO 14001 – Sistemas de Gestão Ambientais – Especificações e Diretrizes para uso.
- ISO 14004 – Sistemas de Gestão Ambientais – Diretrizes Gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.
- ISO 14010 – Diretrizes para Auditoria Ambiental – Princípios Gerais.
- ISO 14011 – Diretrizes para Auditoria Ambiental – Auditoria de Sistemas de Gestão Ambiental.
- ISO 14012 – Diretrizes para Auditoria Ambiental – Critérios e Qualificação para Auditores Ambientais.

O Quadro 3.1 mostra as normas da série ISO 14000, onde a maioria destas já foi emitida no Brasil.

| Avaliação da Organização | Grupo | Tema                                           | Norma        | Título                                                                                                                                                                                            | Emitidas no Brasil        |
|--------------------------|-------|------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                          |       |                                                |              |                                                                                                                                                                                                   |                           |
| Avaliação da Organização | SC-01 | Sistema de Gestão Ambiental                    | ISO 14000    | Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes Gerais.                                                                                                                                                 | -                         |
|                          |       |                                                | ISO 14001    | Sistemas de Gestão Ambiental - Requisitos com orientações para uso.                                                                                                                               | NBR-ISO 14001:2004        |
|                          |       |                                                | ISO 14004    | Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.                                                                                                  | NBR-ISO 14004:2004        |
|                          | SC-02 | Auditoria Ambiental e investigações correlatas | ISO 14015    | Gestão Ambiental – Avaliação ambiental de locais e organizações<br><i>Nota: As normas de auditoria foram substituídas pela NBR 19011, sobre auditorias de gestão de qualidade e/ou ambiental.</i> | NBR-ISO 14015:2003        |
|                          | SC-04 | Avaliação de Desempenho Ambiental              | ISO 14031    | Gestão ambiental – Avaliação de desempenho ambiental – Diretrizes.                                                                                                                                | NBR-ISO 14031:2004        |
|                          |       |                                                | ISO 14032    | Avaliação de desempenho ambiental de sistemas operacionais                                                                                                                                        | -                         |
|                          | SC-06 | Termos e Definições                            | ISO 14050    | Gestão ambiental - Vocabulário                                                                                                                                                                    | NBR-ISO 14050:2004        |
| Avaliação do Produto     | SC-03 | Rotulagem Ambiental                            | ISO 14020    | Rótulos de declarações ambientais – Princípios gerais                                                                                                                                             | NBR-ISO 14020:2002        |
|                          |       |                                                | ISO 14021    | Rótulos e declarações ambientais – Autodeclarações ambientais (Rotulagem do tipo II)                                                                                                              | NBR-ISO 14021:2004        |
|                          |       |                                                | ISO 14022    | Rotulagem ambiental – Simbologia para os rótulos                                                                                                                                                  | -                         |
|                          |       |                                                | ISO 14023    | Rotulagem ambiental – Metodologia para testes e verificações.                                                                                                                                     | -                         |
|                          |       |                                                | ISO 14024    | Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental do tipo I – Princípios e procedimentos.                                                                                                    | NBR-ISO 14024:2004        |
|                          | SC-05 | Análise do Ciclo de Vida                       | ISO 14040    | Análise do ciclo de vida – Princípios gerais (Em revisão)                                                                                                                                         | NBR-ISO 14040:2001        |
|                          |       |                                                | ISO 14041    | Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Definição de objetivo e escopo e análise de inventário.                                                                                           | NBR-ISO 14041:2004        |
|                          |       |                                                | ISO 14042    | Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Avaliação do ciclo do impacto do ciclo de vida                                                                                                    | NBR-ISO 14042:2004        |
|                          |       |                                                | ISO 14043    | Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida.                                                                                                                   | NBR-ISO 14043:2005        |
|                          |       |                                                | ISO 14062    | Gestão ambiental – Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento do produto.                                                                                                     | NBR-ISO 14062:2004        |
|                          | WG-01 | Aspectos ambientais em normas de produtos      | ISO Guide 64 | Guia de inclusão dos aspectos ambientais nas normas para o produto                                                                                                                                | ABNR-ISO/IEC Guia 64:2002 |

Quadro 3.1. Série ISO 14000-Gestão Ambiental. Comitê ISO/TC207. Fonte: Moreira (2006).

Segundo Reis e Queiroz (2002), as normas da série ISO 14000 formam um conjunto de normas e padrões de gestão ambiental que refletem e atendem as necessidades das empresas, dando-lhes uma base comum para a gestão de suas questões ou aspectos ambientais, podendo ser utilizadas pelas organizações com o objetivo de demonstrar que implantaram, voluntariamente, um sistema de gestão ambiental, onde estas focam os seguintes aspectos da gestão ambiental:

- Sistema de Gerenciamento Ambiental (Environmental Management Systems – EMS).
- Auditoria Ambiental e Investigações Relacionadas.
- Rotulagem e Declarações Ambientais.

- Avaliação de Desempenho Ambiental.
- Termos e Definições.

De acordo com Silva et al (2002), a criação das normas da série ISO 14000 foi uma tentativa européia de criar uma barreira alfandegária que pudesse impor dificuldades a entrada de produtos que tivessem origem na América do Sul e Sudeste Asiático, pois as normas, selos e rótulos exigem um processo de implementação com altos custos financeiros, dificultando, muitas vezes inviabilizando, empresas de pequeno e médio porte de exportarem seus produtos.

### **3.1.2. A série ISO 14000 como ferramenta na diminuição dos impactos ambientais**

De acordo com a Resolução nº 001 de 23 de setembro de 1986 do CONAMA, define-se como impacto ambiental, qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, tendo como fonte causadora, qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades antropogênicas que, direta ou indiretamente, venham afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades econômicas, à biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Segundo Moreira (2006), com o surgimento da produção em larga escala advinda com a Revolução Industrial, as atividades antropogênicas começaram a produzir maiores impactos ambientais devido à frenética produção, sendo visíveis, mas ignorados, pois os benefícios decorrentes do progresso suplantavam a todos e a quaisquer danos ambientais.

Os problemas relacionados aos impactos ambientais começaram a ganhar atenção após a década de 1960, onde se começou a pensar na prevenção como a melhor forma de resolução para os problemas ambientais (Epelbaum, 2006), sendo a questão ambiental abordada pela primeira vez, nesta mesma década, em um evento internacional, numa reunião do Clube de Roma, que tinha como objetivo discutir acerca da reconstrução dos países pós-guerra e os negócios internacionais, mas a poluição dos rios europeus é que passou a ser tema central do encontro (Moreira, 2006).

Diante da pressão por melhorias no processo que contemplasse a questão ambiental, as corporações multinacionais criaram na década de 1970 os primeiros modelos mais estruturados de gestão ambiental, sendo constituídos de manuais de procedimentos que eram

aplicados em suas unidades ao redor do mundo e até meados da década de 1980 estes modelos eram focados nas vertentes tecnológicas e legais, vinculando-se ao controle ambiental de fim-de-linha (Epelbaum, 2006).

Segundo Silva et al (2002), as empresas brasileiras, principalmente as que estão sujeitas aos mercados consumidores externos, ou tenham este foco, estão procurando certificar suas produções, de modo acelerado, considerando que a legislação está se tornando cada dia mais rígida, sendo um sistema de gestão ambiental certificado um ótimo instrumento para melhorar de modo contínuo o seu desempenho ambiental, de modo a alcançar a plena conformidade legal.

Muitas indústrias consideram seus parâmetros de controle ambiental com rigor maior ou igual aos adotados pelas normas ISO 14000, por conseguinte não são adotados os padrões/normas internacionais de gestão ambiental (Silva et al, 2002).

### **3.1.3. O Sistema de Gestão Ambiental segundo a Norma ISO 14001**

O sistema de gestão ambiental segundo a Norma ISO 14001 se baseia na metodologia conhecida como Plan-Do-Check-Act (PDCA), sendo este, descrito a seguir (Epelbaum, 2006):

- Planejar: Estabelecer os objetivos, metas e programas para a melhoria ambiental, considerando os requisitos legais, identificando e avaliando os aspectos ambientais, como produtos, serviços e elementos das atividades que podem resultar em impacto ambiental.
- Executar: Implementar os processos, definindo as responsabilidades e autoridades; recursos e tecnologias devem ser provisionados; pessoal próprio e o terceirizado devem ser treinados e conscientizados, gerenciando adequadamente os aspectos ambientais, utilizando procedimentos de operação e manutenção, estando preparado para atuar em situações de emergências.
- Verificar: Avaliar se os processos, objetivos, metas e outros estão em conformidade com a política ambiental da organização e com requisitos legais, através do monitoramento e aferição dos resultados ambientais e, também, realizando auditorias e relatos dos resultados.

- Agir: Considerando as informações obtidas na etapa da verificação, soluções de caráter preventivo ou corretivo devem ser executadas, com objetivo da melhoria do desempenho contínuo do sistema de gestão ambiental.

De acordo com Fernandes et al (2001), as tarefas relacionadas ao planejamento e aos preparativos, buscando a certificação nas normas ISO, demandam prazo de seis meses a um ano, sendo que segundo Silva et al (2002) a norma ISO 14001 é a que, dentre todas, atribui certificado de qualidade ambiental às empresas.

Adotando estratégias reativas, muitas empresas adotaram as tecnologias de fim de tubo, onde a maior atenção está voltada para a incorporação de equipamentos de controle da poluição na saída dos efluentes para o meio ambiente, fazendo com que a dimensão ambiental seja percebida como uma forma a mais de custo e, com isso, representando uma ameaça a competitividade da empresa (Fernandes et al, 2001).

### **3.2. O Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional (OHSAS 18001)**

Segundo Medeiros (2003), o ambiente industrial, no qual o trabalhador permanece cerca de 1/3 de sua vida, geralmente, está repleto de situações de risco à saúde humana, onde os acidentes de trabalho, assim como a contaminação por produtos insalubres no ambiente produtivo, geram uma série de inconvenientes, tanto às empresas, quanto aos empregados.

As questões relacionadas à Segurança e Saúde Ocupacional vêm sendo discutidas há alguns séculos, ao contrário daquelas ligadas ao meio ambiente e a qualidade, que só passaram a ganhar maior atenção de todos há apenas algumas décadas (Medeiros, 2003).

De acordo com Fantazzini (2002), entre os séculos XV e XVII ocorreram alguns eventos históricos em segurança e saúde ocupacional que merecem ser destacados, sendo eles:

- no ano de 1500, em seu livro *De re Metallica* (Dos metais), Georgius Agricola fala de acidentes e doenças que ocorriam, assim como dos modos de prevenção, abordando a necessidade de ventilação, em mineração, fusão e refino de metais;
- no ano de 1507, o médico e filósofo Paracelso publica suas experiências, onde são relatadas as doenças respiratórias ocorridas entre os mineiros, descrevendo envenenamento por mercúrio;

- no ano de 1707 foi publicado por Bernardo Ramanazzini, considerado o pai da medicina ocupacional, o livro *De morbis artificum diatriba* (Doenças dos artífices), descrevendo as doenças e precauções. Introduz na análise médica a pergunta: “Qual é sua ocupação?”, e;
- no ano de 1775, o câncer ocupacional entre os limpadores de chaminé na Inglaterra é descrito por Percival Lott, sendo identificado como causa do câncer escrotal, a fuligem e a falta de higiene. Decorrente disto surge a Lei dos Limpadores de Chaminés em 1788.

A Revolução Industrial trouxe o desenvolvimento de máquinas motrizes e a produção em grande escala, mas fez com que os acidentes de trabalho se tornassem mais frequentes (Medeiros, 2003), fazendo com que, proveniente dos movimentos trabalhistas na Inglaterra, a saúde ocupacional nascesse, principalmente após o “Massacre de Peterloo”, resultando na primeira lei que buscava a proteção dos trabalhadores (Lei de Saúde e Moral dos Aprendizes), isto ocorreu no ano de 1802. Devido à falta de um órgão fiscalizador, esta lei não era obedecida, sendo necessária no ano de 1833 a edição da “Lei das Fábricas”, onde foi criado o “Inspetorado de Fábricas”, que era um órgão governamental, onde pela primeira vez entrava-se no interior das fábricas para que fossem verificadas se as condições de trabalho não afetavam a saúde do trabalhador, sendo marco inicial da conscientização acerca da importância da saúde ocupacional (Nogueira, 1984).

A partir do século XIX ações as primeiras ações concretas são tomadas considerando o respeito à prevenção de acidentes, a legislação e os controles ambientais, passando a ser obrigatório, no ano de 1844, o uso de proteção de máquinas e a comunicação de acidentes do trabalho, através do estabelecimento de cláusulas adicionais à Lei das Fabricas, surgindo em 1867, na França, a primeira Associação para a prevenção de acidentes do Trabalho, tendo sido criada por Engels Dolfus e no ano de 1913 foi criado em Chicago, nos Estados Unidos, o National Council for Industrial Safety (Conselho Nacional para a Segurança Industrial) (Bureau Veritas, 2002).

A OHSAS 18001 fornece os requisitos para um sistema de Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho (SST), permitindo a uma organização controlar seus riscos de acidentes e doenças ocupacionais e melhorar seu desempenho, não sendo prescritos critérios específicos de desempenho da SST, nem fornecendo especificações detalhadas para o projeto de um sistema de gestão.

A OHSAS 18001 pode ser aplicada por qualquer organização que tenha o desejo de:

- estabelecer um Sistema de Gestão da SST para eliminar ou minimizar riscos aos funcionários e outras partes interessadas que possam estar expostos aos riscos de SST associados às suas atividades;
- implementar, manter e melhorar continuamente um Sistema de Gestão da SST;
- assegurar-se de sua conformidade com sua política de SST definida;
- demonstrar tal conformidade a terceiros;
- buscar certificação do seu Sistema de Gestão da SST por uma organização externa; ou
- realizar uma auto-avaliação e emitir autodeclaração de conformidade com esta especificação.

O Sistema de Gestão da SST fornece um processo já estruturado objetivando atingir a melhoria contínua, onde o ritmo e a amplitude são determinados pela organização à luz de circunstâncias econômicas e outras, considerando que alguma melhoria no desempenho da SST possa ser esperada face à adoção de uma abordagem sistemática, onde o Sistema de Gestão da SST é entendido como uma ferramenta que permite uma empresa atingir e controlar o nível do desempenho da SST por ela mesma estabelecido, sendo importante lembrar que o desenvolvimento do Sistema de Gestão da SST, por si só, não resultará, obrigatoriamente, na redução imediata de acidentes e doença do trabalho (Cicco, 1999).

A legislação brasileira que trata da segurança e saúde no trabalho passou a considerar as questões incidentes não somente sobre o indivíduo, mas também sobre a coletividade de trabalhadores, promovendo uma ampliação do conceito restrito de “medicina do trabalho”, adotando um novo enfoque a partir do final do ano de 1994, ao estabelecer a obrigatoriedade das empresas elaborarem e implementarem dois programas: um ambiental, o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e outro médico, o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) (Miranda e Dias, 2004).

Segundo Cicco (2002), a Legislação Ambiental e as Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho (NRs), entre outros requisitos legais, obrigam as empresas a implementar vários programas, tais como a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), o Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT), o Programa de Atendimento a Emergências, entre outros.

### 3.3. Os Sistemas de Gestão Integrada

Quando se pensa em Sistemas de Gestão Integrada (SGIs), pensa-se em qualidade, meio ambiente e na segurança e saúde ocupacional, onde são integrados os sistemas de gestão baseados nas normas ISO 9001/2000, ISO 14001/2004 e OHSAS 18001/1999, respectivamente.

De acordo com Ruella (2004), no Brasil as organizações vêm adotando diferentes estratégias e práticas na implementação dos SGIs, onde são:

- a) certificadas com integração entre a NBR ISO 9001/2000 e a NBR ISO 14001/1996;
- b) certificadas com integração entre a NBR ISO 14001/1996 e a OHSAS 18001/1999 ou BS 8800/1996 e sem certificação na NBR ISO 9001/2000;
- c) certificadas com integração entre a NBR ISO 14001/1996 e a OHSAS 18001/1999 ou BS 8800/1996 e sem integração com a NBR ISO 9001/2000, mesmo tendo certificação desta;
- d) certificadas de forma integrada entre a NBR ISO 9001/2000, NBR ISO 14001/1996 e a OHSAS 18001/1999 ou BS 8800/1996.

Os SGIs têm como objetivo principal compartilhar processos, procedimentos e práticas afins a serem adotadas por uma organização, possibilitando que esta implemente seu planejamento estratégico, suas políticas, diretrizes e requisitos, visando atingir seus objetivos, metas, programas e projetos de forma mais eficiente e eficaz, em comparação aos diferentes e dissociados modelos e normas de sistemas de gestão, considerando que estes visam ainda (Ruella, 2004).

- o atendimento aos requisitos constantes nas normas, nas leis e nas necessidades dos clientes e a outros requisitos aplicáveis e subscritos com as partes interessadas e;
- a adoção de práticas bem sucedidas para melhoria contínua de desempenho sustentável, ético e responsável no âmbito econômico, empresarial, ambiental, social e de segurança e saúde ocupacional.

Para que os diferentes setores e áreas produtivas possam implantar um sistema completo e eficaz de desempenho de gestão integrada, faz-se necessário, adotarem o Sistema de Gestão Ambiental Integrado (SGAI), que compõe em seus princípios as seguintes fases (Lopes e Mattos, 2001):

- Educação Ambiental, com mudanças positivas da cultura social (comunidade) e empresarial;



- Política Ambiental Sustentável e adaptada a uma realidade econômica que viabilize sua implantação;
- Relatório de diagnose da qualidade, meio ambiente, saúde e segurança no trabalho;
- Estabelecimento de Metas para implementação do SGAI;
- Custo da implantação do SGAI;
- Implantação do SGAI;
- Análise e Revisão do SGAI (auditoria inicial e de verificação) e;
- Monitoramento e medição periódica da eficácia do SGAI.

Segundo Lopes e Mattos (2001), o SGAI estabelece a possibilidade de a organização alcançar um alto nível de desempenho da gestão, onde as considerações de ordem econômica, sociais, políticas etc. no que tange à regra de formação de preços, não sigam a visão reducionista, no qual o que importa para o gerente empreendedor desinformação é o lucro extraordinário constante com meta e finalidade da gestão.

#### 4. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste em avaliações das dinâmicas técnico-operacionais, como mostradas no Quadro 4.1, coletados de boletins operacionais diários de seis ETAs de pequeno porte, onde os parâmetros físico-químicos das águas brutas são avaliados, considerando a qualidade da água distribuída, além da análise de:

- consumos dos produtos químicos;
- a produtividade;
- a quantidade de resíduos gerados nas unidades de tratamento (descargas de decantadores, águas de lavagens dos filtros e outros);
- o consumo de energia elétrica.

Neste cenário, são propostas medidas visando melhorias na operacionalidade das ETAs e para implantação de um sistema de gestão ambiental, baseado nas normas ISO 14000.

| DESCRIÇÃO                                                             |                                                 | Unidades       |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|
| Vazão Média                                                           |                                                 | L/s            |
| Volume Médio Diário Aduzido                                           |                                                 | m <sup>3</sup> |
| Características da Água Bruta<br>(média diária)                       | Cor                                             | UH             |
|                                                                       | PH                                              |                |
|                                                                       | Turbidez                                        | UT             |
| Consumo de Produtos Químicos<br>(média diária)                        | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Kg/dia         |
|                                                                       | Ca(OH) <sub>2</sub>                             | Kg/dia         |
|                                                                       | Cl <sub>2</sub>                                 | Kg/dia         |
|                                                                       | NaClO                                           | Kg/dia         |
| Média de Filtros lavados                                              |                                                 | Unidade/dia    |
| Vazão lavagens filtros (média diária)                                 |                                                 | L/s            |
| Tempo gasto, em média, nas lavagens dos filtros                       |                                                 | min            |
| Vol. Médio diário gasto lavagens filtros (água filtrada/água tratada) |                                                 | m <sup>3</sup> |
| Vol. Médio diário gasto descargas decantadores                        |                                                 | m <sup>3</sup> |
| Vol. Médio diário gasto lavagens decantadores                         |                                                 | m <sup>3</sup> |
| Vol. Médio diário gasto início lavagens filtros (água decantada)      |                                                 | m <sup>3</sup> |
| Vol. Diário total gasto lav. _filtros e decantadores + descargas      |                                                 | m <sup>3</sup> |
| Perda lavagens filtros                                                |                                                 | %              |
| Perda descargas decantadores                                          |                                                 | %              |
| Perda lavagens decantadores (água decantada)                          |                                                 | %              |
| Perda início lavagens filtros (água decantada)                        |                                                 | %              |
| Perdas totais                                                         |                                                 | %              |
| Total de Água Distribuída (média diária)                              |                                                 | m <sup>3</sup> |
| Características da Água Tratada<br>(média diária)                     | Cor                                             | UH             |
|                                                                       | PH                                              |                |
|                                                                       | Turbidez                                        | UT             |
| Consumo de Energia Elétrica                                           |                                                 | kWh            |

Quadro 4.1 - Mapa de Produtividade de uma Estação de Tratamento de Água.

Fonte: Adaptado do Mapa de Produtividade da ETA LARANJAL – CEDAE (2006).

## 5. LEVANTAMENTO DE DADOS

As coletas dos dados foram feitas durante todo o ano de 2006, onde foram realizadas visitas periódicas às ETAs, visto que estas se encontram distantes umas das outras, sendo necessária uma programação para que fosse possível atender a todo território em que elas se encontram.

Estas coletas eram feitas no início de cada mês, onde eram recolhidos os boletins que mostravam através das anotações dos operadores, toda a dinâmica operacional das referidas unidades.

Estes boletins contemplavam as lavagens dos filtros (quantidade e tempo gasto), descargas periódicas realizadas nos decantadores, dados (coletados diariamente) sobre o consumo e os estoques de produtos químicos e os parâmetros físico-químicos das águas brutas e distribuídas.

Foram estudadas 6 ETAs localizadas nas regiões leste e dos lagos do Estado do Rio de Janeiro, sendo que o tipo de tratamento realizado por todas pode ser descrito como de ciclo completo. Os nomes das ETAs serão omitidos devido a acordo realizado com a empresa de saneamento do estado.

### 5.1. APRESENTAÇÃO DAS ETAs

Menezes (2006) fez um levantamento onde referencia geograficamente as ETAs em estudo. Baseando-se nos dados obtidos, têm-se:

- **ETA 1:** localizada na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, nas coordenadas geográficas de 22° 42' 10" para latitude e 42° 37' 43" para longitude, no município de Rio Bonito (Menezes, 2006).

Esta ETA tem vazão nominal de 720 m<sup>3</sup>/h, mas trata, em média, 500 m<sup>3</sup>/h, tendo sido construída em alvenaria, sendo composta de dois flocladores hidráulicos, três decantadores, cinco filtros rápidos, sistema de cloração com berços para acondicionar dois cilindros de cloro gás (900 kg cada), sistema de correção de pH que utiliza a solução de cal hidratada e dois

reservatórios de distribuição de água tratada, com capacidade de 1.000 m<sup>3</sup> e 500 m<sup>3</sup> cada, dispostos junto à planta da ETA 1.

Na casa de química existem dois tanques para preparo da solução do coagulante (sulfato de alumínio sólido) a ser despejado na água, com capacidade de 11,7 m<sup>3</sup> cada, mais dois tanques para preparo da solução alcalinizante, ambos com as mesmas capacidades dos dois primeiros.

Para preparo da solução, são despejados de 350 kg (sete sacos) de sulfato de alumínio sólido, para a obtenção de uma concentração de 3,0% e para o preparo da solução alcalinizante são necessários 100 kg (cinco sacos) de cal hidratada, para obtenção de uma concentração de 2,0%.

A desinfecção é realizada com cloro gasoso que é fornecido em cilindros de 900 kg de capacidade.

No tratamento da ETA 1 o processo de coagulação (mistura rápida) é realizado em dois pontos distintos, sendo cada um na entrada de cada flocculador, pois foram nestes, através de experiências práticas realizadas pelos operadores da ETA, obteve-se a melhor mistura para o lançamento do coagulante, conseqüentemente, o melhorando o desempenho nos flocculadores, fazendo com que os flocos formados sejam maiores e mais homogêneos. A sedimentação (decantação) e a filtração são beneficamente influenciadas quando são obtidos bons desempenhos na coagulação e floculação, pois estes processos estão interligados entre si (Campos, Di Bernardo e Vieira, 2005).

- **ETA 2:** localizada na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, nas coordenadas geográficas de 22° 43' 28" para latitude e 42° 43' 36" para longitude, no município de Tanguá (Menezes, 2006).

A ETA 2 processa o tratamento da água com uma vazão de, aproximadamente, 97,0 m<sup>3</sup>/h, sendo composta de um flocculador mecânico, um decantador do tipo colméia e de fluxo ascendente e quatro filtros rápidos denominados autolaváveis, ou seja, um filtro é lavado com a água filtrada proveniente dos outros três, sendo realizada por diferença de nível.

O produto químico usado como coagulante é o sulfato de alumínio sólido, dispondo, para o preparo da sua solução, de duas caixas de água comuns com a capacidade para 1,0 m<sup>3</sup> cada e mais duas caixas de mesmas proporções, para o preparo da solução do alcalinizante (cal hidratada), sempre com uma em uso e outra na reserva, nos dois casos.

Para preparo da solução do coagulante, são adicionados 50 kg (um saco) de sulfato de alumínio sólido, para a obtenção de uma concentração de 5,0% e para o preparo da solução do alcalinizante são adicionados 20 kg (um saco) de cal hidratada, para obtenção de uma concentração de 2,0%.

A desinfecção é realizada com cloro gasoso que é fornecido em cilindros de 900 kg de capacidade.

Para a distribuição da água tratada, esta ETA dispõe de dois reservatórios, sendo um apoiado com capacidade para armazenar 500,00 m<sup>3</sup> e outro elevado com 100,00 m<sup>3</sup> de capacidade, sendo utilizado para o abastecimento de parte do município de Tanguá, estando em cota superior à ETA e ao primeiro, que abastece através de uma elevatória, com dois conjuntos moto-bomba, com vazão de 100,00 m<sup>3</sup>/hora e altura manométrica de 27 m.c.a, sendo que à época deste estudo o reservatório elevado foi desativado e a cidade passou a ser abastecida pela elevatória já existente.

A desinfecção é feita com cloro gasoso e no sistema de desinfecção desta ETA podem ser acondicionados e conectados dois cilindros de cloro gasoso, com capacidade para 45 kg cada, ficando um na reserva.

- **ETA 3:** localizada na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, nas coordenadas geográficas de 22° 42' 16" para latitude e 42° 53'00" para longitude, no município de Itaboraí (Menezes).

Esta unidade trata, em ciclo completo, aproximadamente, 500 m<sup>3</sup>/h e, dispondo de três floculadores mecânicos, o mesmo número de decantadores do tipo colméia, de alta taxa e de fluxo ascendente e cinco filtros rápidos, com camadas de areia e carvão antracito, mais um reservatório de água tratada com capacidade para 1.000 m<sup>3</sup> que é diretamente ligado à estação elevatória que tem a função de aduzir a água tratada para os reservatórios localizados no centro de Itaboraí.

Para o preparo da solução, com concentração de 6,25%, do coagulante (sulfato de alumínio sólido), a ETA 3 possui dois tanques com capacidade de 3,2 m<sup>3</sup>, onde são adicionados 200 kg (quatro sacos) do produto para ser diluído. Para o preparo da solução do alcalinizante, esta unidade de tratamento dispõe de mais dois tanques com as mesmas proporções, onde são adicionados 40 kg (dois sacos) de cal hidratada em cada tanque, ficando a solução com uma concentração de 1,25%.

A desinfecção é realizada com cloro gasoso que é fornecido em cilindros de 900 kg de capacidade.

- **ETA 4:** localizada na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, nas coordenadas geográficas de 22° 45' 27.7" para latitude e 42° 56'43.7" para longitude, no município de Itaboraí (Menezes, 2006).

Devido ao seu layout e ao material utilizado na sua construção (chapas de ferro), esta ETA possui características semelhantes à ETA 3, tendo sua vazão nominal de 360 m<sup>3</sup>/h, onde o seu tratamento é de ciclo completo, sendo composta de três flocculadores mecânicos, três decantadores do tipo colméia, de fluxo ascendente e com fundo para deposição do lodo do tipo pirâmides invertidas, mais quatro filtros rápidos autolaváveis.

Quando da realização deste estudo, os filtros desta ETA tinham um tempo de corrida de 12 horas, sendo os quatro lavados pela manhã e à tarde.

Na casa de química existem dois tanques para preparo da solução do coagulante (sulfato de alumínio sólido) a ser despejado na água, com capacidade de 3,1 m<sup>3</sup> cada, mais dois tanques para preparo da solução alcalinizante, ambos com as mesmas capacidades dos dois primeiros.

Para preparo da solução, são adicionados 150 kg (três sacos) de sulfato de alumínio sólido, para a obtenção de uma concentração de 4,8% e para o preparo da solução do alcalinizante são necessários 40 kg (dois sacos) de cal hidratada, para obtenção de uma concentração de 1,3%.

A desinfecção é realizada com cloro gasoso que é fornecido em cilindros de 900 kg de capacidade.

- **ETA 5:** localizada na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, nas coordenadas geográficas de 22° 47' 04" para latitude e 42° 56'43" para longitude, no município de Itaboraí (Menezes, 2006).

Apesar de ter sido construída com o mesmo material que as outras ETAs compactas, ou seja, chapa de ferro, esta unidade difere das demais por possuir dois módulos de tratamento com características distintas e que foram construídos em épocas diferentes, resultado de uma ampliação.

Denominada aqui de VETA (Velha Estação de Tratamento de Água), este 'módulo' foi construída no final da década de 80, tendo, nominalmente, capacidade para tratar 150 m<sup>3</sup>/h, mas tratando na realidade 90,0 m<sup>3</sup>/h (ultrapassando este valor há depreciação na qualidade da água decantada), sendo composto de um flocculador mecânico, de um decantador

de fluxo ascendente, do tipo colméia, onde são depositados seus resíduos e de quatro filtros rápidos de areia, autolaváveis.

O novo módulo, aqui denominado de NETA (Nova Estação de Tratamento de Água), foi uma ampliação feita e que representou o acréscimo de mais 90,0 m<sup>3</sup>/h no sistema de abastecimento, tendo este módulo o mesmo problema da VETA, que não consegue tratar a capacidade nominal da estação que é de 150 m<sup>3</sup>/h. Este módulo é composto de um floculador, um decantador de fluxo ascendente, do tipo colméia e com fundo de formato de pirâmide invertida e quatro filtros rápidos de areia, autolaváveis.

Na casa de química, para atender aos dois módulos, existem quatro tanques para preparo da solução do coagulante (sulfato de alumínio sólido), com capacidade de 1,0 m<sup>3</sup> cada, sendo dois para atender a VETA e mais dois para atender a NETA, sempre com um em funcionamento e outro na reserva. Existem mais dois tanques para preparo da solução alcalinizante, ambos com as mesmas capacidades dos quatro primeiros.

Para preparo da solução, são adicionados 100 kg (dois sacos) de sulfato de alumínio sólido em cada tanque, para a obtenção de uma concentração de 10,0% e para o preparo da solução do alcalinizante é necessário um saco de 20 kg de cal hidratada para cada tanque, para obtenção de uma concentração de 2,0%.

A desinfecção é realizada com cloro gasoso que é fornecido em cilindros de 45 kg de capacidade.

- **ETA 6:** localizada na região dos lagos, na bacia hidrográfica da Lagoa de Maricá, nas coordenadas geográficas de 22° 55' 12" para latitude e 42° 48' 52" para longitude, no município de Maricá (Menezes, 2006).

O tratamento realizado nesta ETA é de ciclo completo, sendo esta composta de um floculador mecânico, de um decantador do tipo colméia e fluxo ascendente, mais quatro filtros rápidos, construídos em alvenaria e são lavados com água tratada proveniente de um reservatório elevado de capacidade de 65,0 m<sup>3</sup>, que proporciona uma velocidade ascensional de, aproximadamente, 0,75 m/min. A taxa de filtração, em função da pouca vazão de água tratada, é bastante elevada, tanto que somente há condições operacionais de serem usados dois filtros, ficando dois na reserva.

Na casa de química existem dois tanques para preparo da solução do coagulante (sulfato de alumínio sólido) a ser despejado na água, com capacidade de 2,2 m<sup>3</sup> cada, mais

dois tanques para preparo da solução alcalinizante, ambos com as mesmas capacidades dos dois primeiros.

Para preparo da solução, são adicionados 200 kg (quatro sacos) de sulfato de alumínio sólido, para a obtenção de uma concentração de 9,1% e para o preparo do alcalinizante são necessários 40 kg (dois sacos) de cal hidratada, para obtenção de uma concentração de 1,8%.

A desinfecção é realizada com cloro gasoso que é fornecido em cilindros de 45 kg de capacidade, com autonomia para cloração de, no máximo, 72 horas para cada cilindro, ficando sempre dois cilindros na reserva.



## 6. AVALIAÇÕES DOS DADOS OPERACIONAIS

As seis ETAs serão avaliadas, observando, valores médios diários, obtidos ao longo do ano de 2006, referentes aos parâmetros ligados diretamente a operacionalidade de uma ETA, considerando os impactos ambientais e a produtividade de cada unidade, sendo ponto de partida para as propostas de implantação dos conceitos das Normas ISO 14.000.

Os parâmetros avaliados, quando existirem, são: cor, pH e turbidez da água bruta; as quantidades consumidas de sulfato de alumínio, cal hidratada, hipoclorito de sódio e cloro gasoso e as vazões das água brutas afluentes às ETAs, assim como os volumes perdidos nas lavagens dos filtros e nas descargas dos decantadores, o consumo e o custo da energia elétrica e a capacitação dos funcionários para atuarem em todas as ETA.

As quantidades dos produtos químicos consumidos estão diretamente ligadas aos parâmetros físico-químicos das águas brutas, onde existem substâncias que de acordo com suas características, origens e concentrações, apresentam uma larga amplitude de valores (Campos, Di Bernardo e Vieira, 2005).

As avaliações dos dados operacionais das ETAs servirão, através das fórmulas pesquisadas, para a quantificação, em valores médios, dos resíduos lançados no meio ambiente e das produtividades das mesmas, considerando as suas perdas físicas e as influencias que estas podem sofrer em função dos parâmetros físico-químicos.

Uma ETA de ciclo completo dentro de seus vários processos sofre perdas de água que de acordo com as condições de suas instalações e de sua eficiência operacional, podem ser significativos (Conejo, Lopes e Marcka, 1999).

As perdas físicas em uma ETA devem ser objetos de uma procura constante para que seus valores sejam reduzidos, pois de acordo com Conejo, Lopes e Marcka, (1999), esta é uma quantidade de água que é subtraída do sistema e que não será utilizada pelo cliente final.

Vários fatores podem contribuir para a ocorrência de perdas físicas em uma ETA como trincas, rachaduras, fissuras e outros que podem surgir e causar falhas na estrutura de concreto, tubulações e adutoras rompidas, além de vazamentos nas diversas válvulas e comportas que lá existem (Ferreira e Laje Filho, 1999).

## 6.1. Avaliações dos Dados Operacionais das ETAs

### 6.1.1. Quantificação dos Sólidos Produzidos

Para a quantificação dos sólidos produzidos em algumas ETAs, são mostradas quatro fórmulas empíricas, sendo as de números 1, 3 e 4 pesquisadas por Saron e Leite (2001) e a de número 5, pesquisada por Reali (1999) e que atendem satisfatoriamente, considerando os dados coletados.

As fórmulas são descritas a seguir:

#### **Water Research Center - (WRC)**

$$P = (1,2^{**} \times T + 0,07 \times C + k \times D + A) \times 10^{-3} \quad (1)$$

$$W = 86.400 \times P \times Q \quad (2)$$

#### **CETESB**

$$P = (0,23^{*} \times AS + 1,5^{**} \times T) \times 10^{-3} \quad (3)$$

#### **CORNWELLI**

$$P = (0,44 \times AS + 1,5^{**} \times T + A) \times 10^{-3} \quad (4)$$

#### **REALI**

$$T_S = (0,26^{*} \times D + 1,5^{**} \times T) \quad (5)$$

\* Fator que depende dos números de moléculas de  $H_2O$  associados a cada molécula de sulfato de alumínio (usualmente de 0,23 a 0,26).

\*\* Razão entre a concentração de sólidos suspensos totais presentes na água bruta e a turbidez da mesma (geralmente de 1,0 a 2,0).

Onde:

W = Quantidade de sólidos secos (kg/dia).

P = Produção de sólidos (kg de matéria seca/m<sup>3</sup> de água bruta tratada).

Q = Vazão da água bruta tratada (m<sup>3</sup>/s).

$T_s$  = Taxa de sólidos secos (g de matéria seca/m<sup>3</sup> de água bruta tratada).

$T$  = Turbidez da água bruta (uT – unidade de turbidez).

$C$  = Cor aparente da água bruta (uH – unidade de Hazen).

$D$  = Dosagem do  $Al_2(SO_4)_3$  (ppm = [g/m<sup>3</sup> ou mg/L]).

$A$  = Outros aditivos, tais como Polímero e Carvão Ativado (mg/l).

$AS$  = Dosagem do  $Al_2(SO_4)_3$  (mg/L).

$k$  = Coeficiente de precipitação (0,26, [ $Al_2(SO_4)_3$ ], 0,66, [ $FeCl_3$ ], e 0,81, [ $Fe_2(SO_4)_3$ ]).

A mostra das quatro fórmulas tem por objetivo explicitar a dificuldade que se tem na tentativa de se estimar a obtenção da quantidade do lodo que uma ETA pode produzir e, por conseguinte a dificuldade em seu gerenciamento.

A fórmula usada para cálculo neste trabalho será a pesquisada pelo Water Research Center (WRC), por entender ser ela mais abrangente, pois utiliza a cor aparente, o parâmetro físico-químico que caracteriza a matéria dissolvida na água, o que não se verificou na outras fórmulas.

Nas ETAs de ciclo completo há, basicamente, a geração dos resíduos líquidos e sólidos, sendo estes provenientes dos decantadores ou flotores, onde são gerados os sólidos e nas lavagens dos filtros, onde são gerados os líquidos. Estes resíduos apresentam diferentes características, considerado o volume e a concentração dos sólidos, sendo necessárias diferentes concepções para o tratamento destes. (Ferreira e Laje Filho, 1999).

De acordo com, AWWA apud Ferreira e Laje Filho (1999), o volume de água produzido no processo de lavagem dos filtros de uma ETA corresponde de 2% a 5% do volume produzido, configurando-se no maior volume de água que é gasto no tratamento da água.

A geração de resíduos nas ETAs apresenta valores bem distintos, considerando a quantidade e a qualidade destes, pois segundo Richter (2001), os resíduos gerados (lodo de decantadores e água de lavagens dos filtros) em termos mássicos são influenciados pela natureza físico-química da água, da dosagem ótima e do tipo de coagulante adotado e ainda de acordo com Ferreira e Laje Filho (1999), o volume gasto nas descargas do lodo de um decantador é muito menor se for comparado com o gasto na lavagem dos filtros, sendo muito maior sua carga de sólidos.

Os resíduos gerados nos decantadores, flotadores e na lavagem dos filtros, durante o tratamento da água para abastecimento público, são contribuintes ao desequilíbrio do meio ambiente (Barroso e Cordeiro, 2001).

A qualidade da água bruta (parâmetros físico-químicos) deve ser observada, considerando que das seis ETAs, três (3, 4 e 5) recebem água bruta proveniente do mesmo manancial e três (1, 2, e 6) tratam águas provenientes de mananciais diferentes apresentando dinâmicas de qualidade e quantidade distintas e capazes de influenciar a operacionalidade destas unidades, considerando as descargas contínuas dadas nos decantadores, as lavagens dos filtros, as concentrações das soluções de coagulantes e alcalinizantes.

Com relação à energia elétrica tem-se, segundo Saron apud Tsutiya (2001), uma pesquisa feita acerca do peso do custo da energia elétrica nas despesas totais (considerando somente a fase líquida) da ETA Guaraú, unidade operada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), localizada na Região Metropolitana de São Paulo e que trata, em ciclo completo, uma vazão média de 33,0 m<sup>3</sup>/s.

Os custos levantados após a pesquisa na SABESP foram:

- produtos químicos – 49,5%;
- pessoal (salário e encargos) – 36,1%;
- **energia elétrica – 8,2%;**
- serviços gerais – 4,4%;
- transporte – 1,8.

Mesmo sendo unidades de pequeno porte, estas ETAs são muito importantes para o abastecimento dos seus respectivos municípios (Rio Bonito, Tanguá, Itaboraí e Maricá), mas os resíduos resultantes de suas atividades são capazes de produzir impactos ambientais significativos nas regiões em que estão localizadas, principalmente nos recursos hídricos.

Apesar da importância, elas estão longe de serem soluções que atendam plenamente a dinâmica demográfica destes, visto que com o crescimento da indústria e do comércio, já se faz necessário a adoção de providências no sentido de melhorar a oferta da água potável.

Todos estes municípios sofrerão significativos impactos socioambientais decorrentes da implantação, no município de Itaboraí, do Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (COMPERJ), pela Petrobrás.

### 6.1.2. Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 1

As águas que chegam à ETA 1, conforme mostram as Figuras 6.1, 6.2 e 6.3, são provenientes de dois mananciais, sendo um no Rio Bacaxá (latitude 22° 39' 20" e longitude 42° 37' 43") (Menezes, 2006) que corresponde a cerca de 70% do volume total de água aduzido e outro na Serra do Sambê (latitude 22° 42' 00" e longitude 42° 37' 53"), que corresponde aos cerca de 30% restantes do volume total de água de água bruta tratado (Menezes, 2006).

Os mananciais apresentam características distintas com relação à qualidade da água, pois o rio Bacaxá, apesar de não apresentar significativas consequências dos impactos antropogênicos e, ainda, apresentar algumas áreas naturais preservadas, a bacia hidrográfica onde se localiza, em alguns locais ocorreram desmatamentos para a realização da atividade agropecuária e em momentos de chuvas, os parâmetros físico-químicos atingem valores altos, mudando toda a dinâmica operacional da ETA.



Figura 6.1 – Captação no Rio Bacaxá.  
Fonte: Arquivo do autor (2006).



Figura 6.2 – Captação no Rio Bacaxá.  
Fonte: Arquivo do autor (2006).

Segundo Bidegain e Völcker (2003), na região onde se situa a captação do rio Bacaxá a quantidade de chuvas é de cerca de 1.250 mm/ano a 1.500 mm/ano.

O rio Bacaxá tem a sua nascente na Serra de Lavras, no município de Rio Bonito, tendo com afluente os rios São Domingos e Catimbáu, sendo contribuinte da lagoa de Juturnaiba, que concomitantemente é afluente do rio São João pela sua margem direita (Bidegain e Völcker, 2003).

A Serra do Sambê é o ponto culminante do município de Rio Bonito, sendo o divisor de águas, com uma altitude de 1.100 m acima do nível do mar, fazendo parte do maciço da Serra do Mar, com diversos mananciais formando algumas cachoeiras de excepcional beleza natural, como as cachoeiras de Braçanã, de Lavras e dos Bagres, onde é feita a captação, conforme mostra a Figura 6.3, sendo estas afluentes das principais bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, sendo elas: a Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara e a do Rio São João (Semaict, 2008).



Figura 6.3 – Captação na Serra do Sambê. Fonte: Menezes (2006).

Na Figura 6.4 estão os setores administrativos e operacionais da ETA 1, sendo três andares, onde no primeiro andar ficam a cozinha, e os espaços para estocagem dos produtos químicos, geralmente sulfato de alumínio e cal hidratada, no segundo andar estão as salas administrativas e operacionais, além de um grande espaço para a alocação de um laboratório e



no terceiro andar estão os tanques para o preparo das soluções do coagulante e, também do alcalinizante.



Figura 6.4 – Vista geral da ETA 1. Fonte: Arquivo do autor (2007).

O Quadro 6.1 mostra, em números, a dinâmica operacional da ETA 1, que será avaliada nos tópicos seguintes.

| QUADRO DE PRODUTIVIDADE DA ETA 1 - ANO 2006               |                                                 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| DESCRIÇÃO                                                 |                                                 | Unidade   | Janeiro   | Fevereiro | Março     | Abril     | Maior     | Junho     | Julho     | Agosto    | Setembro  | Outubro   | Novembro  | Dezembro  | Média     |
| Vazão média                                               |                                                 | L/s       | 153,10    | 148,60    | 135,90    | 138,90    | 149,10    | 137,90    | 126,80    | 124,60    | 126,20    | 125,42    | 123,00    | 139,87    | 135,78    |
| Volume médio diário aduzido                               |                                                 | m³        | 13.227,84 | 12.839,04 | 11.741,76 | 12.000,96 | 12.882,24 | 11.914,56 | 10.955,52 | 10.765,44 | 10.903,68 | 10.836,29 | 10.627,20 | 12.084,77 | 11.731,61 |
| Características da Água Bruta (média diária)              | Cor                                             | uH        | -         | -         | 80,00     | 60,80     | 37,00     | 30,00     | 24,30     | 33,90     | 35,00     | 45,50     | 71,80     | 67,10     | 48,54     |
|                                                           | pH                                              |           | 6,50      | 6,50      | 6,50      | 6,50      | 6,50      | 6,50      | 6,70      | 6,70      | 6,30      | 6,60      | 6,60      | 6,60      | 6,54      |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | 48,71     | 23,26     | 70,06     | 25,40     | 15,30     | 9,95      | 9,19      | 9,29      | 10,43     | 15,60     | 28,60     | 21,95     | 23,98     |
| Consumo médio de Produtos Químicos                        | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Kg/dia    | 160,00    | 149,40    | 138,70    | 133,40    | 101,00    | 89,60     | 81,80     | 82,90     | 88,40     | 118,68    | 155,73    | 175,10    | 122,89    |
|                                                           | Ca(OH) <sub>2</sub>                             | Kg/dia    | 47,20     | 49,60     | 34,20     | 41,50     | 33,50     | 33,80     | 27,20     | 23,06     | 21,30     | 34,94     | 49,60     | 79,50     | 39,62     |
|                                                           | Cl <sub>2</sub>                                 | Kg/dia    | 53,20     | 51,60     | 51,30     | 49,20     | 51,10     | 47,30     | 43,40     | 42,70     | 41,98     | 41,59     | 43,56     | 25,50     | 45,20     |
|                                                           | NaClO                                           | Kg/dia    | 0,00      | 0,00      | 7,30      | 0,00      | 15,60     | 63,10     | 15,60     | 32,52     | 8,50      | 0,00      | 0,00      | 491,20    | 52,82     |
| Média_filtros lavados                                     |                                                 | Unid./dia | 2,10      | 1,90      | 1,80      | 1,46      | 1,58      | 1,30      | 1,25      | 1,10      | 1,33      | 1,16      | 1,50      | 1,64      | 1,51      |
| Vazão lavagens_filtros (média diária)                     |                                                 | L/s       | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    | 225,00    |
| Tempo gasto_lavagem/filtro (unidade)                      |                                                 | min       | 5:48:00   | 5:45:00   | 6:22:00   | 6:13:00   | 6:21:00   | 5:54:00   | 6:31:00   | 6:19:00   | 6:24:00   | 6:13:00   | 5:50:00   | 6:02:24   | 6:08:32   |
| Vol. diário gasto_lav._filtros (água decantada)           |                                                 | m³        | 164,43    | 147,49    | 154,71    | 122,53    | 135,45    | 103,55    | 109,97    | 93,80     | 114,91    | 97,35     | 118,13    | 133,73    | 124,67    |
| Vol. diário gasto_descargas_decantadores                  |                                                 | m³        | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      |
| Vol. diário gasto_lav._decantadores                       |                                                 | m³        | 44,00     | 0,00      | 44,00     | 0,00      | 44,00     | 0,00      | 50,90     | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 50,90     | 0,00      | 19,48     |
| Vol. diário gasto_início_lav._filtros (água decantada)    |                                                 | m³        | 14,09     | 12,74     | 12,50     | 13,35     | 14,45     | 14,19     | 14,00     | 11,87     | 14,89     | 13,00     | 16,80     | 18,36     | 14,19     |
| Vol.diário total gasto_lav._filtros e decant. + descargas |                                                 | m³        | 222,52    | 160,23    | 211,21    | 135,88    | 193,90    | 117,74    | 174,87    | 105,67    | 129,80    | 110,35    | 185,83    | 152,09    | 158,34    |
| Perda_lavagens_filtros (diária)                           |                                                 | %         | 1,24      | 1,15      | 1,32      | 1,02      | 1,05      | 0,87      | 1,00      | 0,87      | 1,05      | 0,90      | 1,11      | 1,11      | 1,06      |
| Perda_descargas_decantadores                              |                                                 | %         | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      |
| Perda_lavagens_decantadores (água decantada)              |                                                 | %         | 0,33      | 0,00      | 0,37      | 0,00      | 0,34      | 0,00      | 0,46      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,48      | 0,00      | 0,17      |
| Perda_início_lavagens_filtros (água decantada)            |                                                 | %         | 0,11      | 0,10      | 0,11      | 0,11      | 0,11      | 0,12      | 0,13      | 0,11      | 0,14      | 0,12      | 0,16      | 0,15      | 0,12      |
| Perdas totais                                             |                                                 | %         | 1,68      | 1,25      | 1,80      | 1,13      | 1,51      | 0,99      | 1,60      | 0,98      | 1,19      | 1,02      | 1,75      | 1,26      | 1,35      |
| Características da Água Tratada (média diária)            | Cor                                             | uH        | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      | 2,50      |
|                                                           | pH                                              |           | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      | 7,00      |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | 0,50      | 0,50      | 0,60      | 0,60      | 0,40      | 0,50      | 0,30      | 0,30      | 0,30      | 0,30      | 0,40      | 0,40      | 0,43      |
| Volume médio diário distribuído                           |                                                 | m³        | 13.005,32 | 12.678,81 | 11.530,55 | 11.865,08 | 12.688,34 | 11.796,82 | 10.780,65 | 10.659,77 | 10.773,88 | 10.725,94 | 10.441,37 | 11.932,68 | 11.573,27 |
| Energia elétrica consumida                                |                                                 | kwh       | 24.272    | 25.748    | 23.247    | 22.796    | 22.181    | 19.885    | 19.803    | 20.418    | 20.097    | -         | 20.685    | -         | 21.913    |
| Custo da Energia elétrica                                 |                                                 | R\$       | 6.143,75  | 6.208,02  | 5.825,50  | 6.600,18  | 6.906,49  | 6.442,15  | 6.063,63  | 6.089,65  | 5.997,88  | -         | 6.220,57  | -         | 6.249,78  |

Quadro 6.1 – Produtividade da ETA 1, referente ao ano de 2006. Fonte: Estudo acerca da produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).



- **Perdas Físicas na ETA 1**

As perdas físicas na ETA 1 computadas no ano de 2006 foram mínimas, cerca de 1,3% do volume de água bruta tratada, conforme pode ser visto no Gráfico 6.1, tendo como principal motivo um controle rígido no processo de lavagens dos filtros (retrolavagem), que é realizado por meio de um reservatório elevado e, assim, estas são realizadas por gravidade, sendo considerado neste estudo como perdas as águas retidas nas calhas e as das resultantes das próprias retrolavagens, sendo o volume médio perdido em um dia com as lavagens dos filtros correspondente a cerca de 79% do volume médio total perdido em dia.

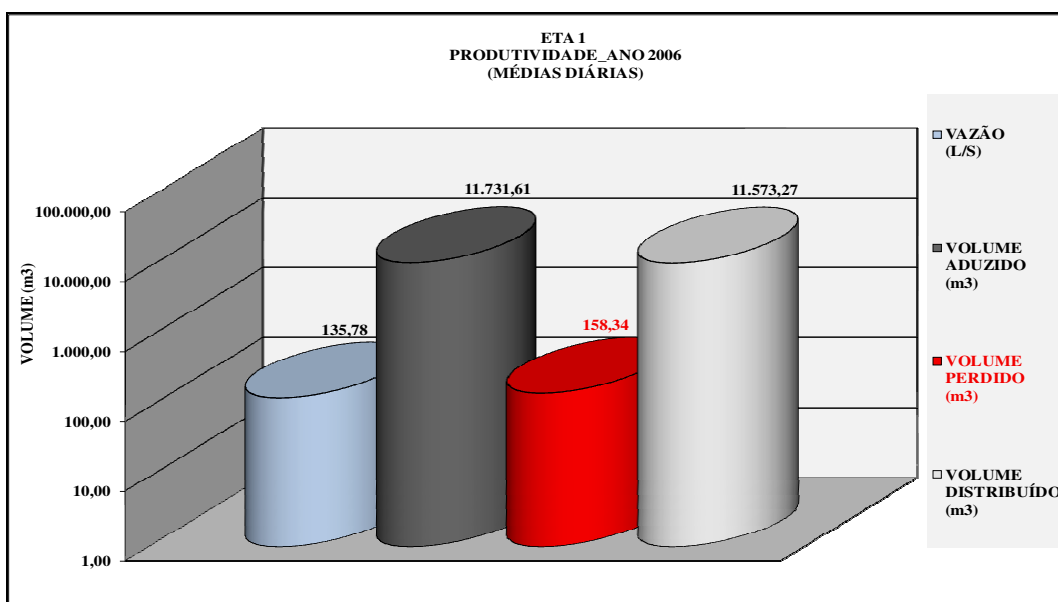


Gráfico 6.1 – A quantificação das perdas físicas da ETA 1.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Nesta ETA há outro fator importante que contribui para o baixo índice de perdas, cerca de 1,3% do volume de água bruta tratada, é o fato de não serem dadas descargas contínuas, pois o lodo fica acumulando nos decantadores por um período médio de 60 dias, sendo que, de acordo com Reali (1999), este procedimento representa um problema, pois lodos descartados em intervalos superiores a vinte dias, apresentam concentrações de sólidos totais maiores que 2,5%.

No início do ano de 2007, a gerência implantou nesta ETA, um sistema de recirculação da água de lavagem dos filtros, fazendo com que o índice de perda a ser contabilizado seja

somente quando da lavagem dos decantadores, considerando que segundo Di Bernardo, Centurione Filho e Di Bernardo (2002), esta alternativa, quando feita de forma regularizada é uma boa solução para as ETAs de ciclo completo, o que se configura neste caso específico.

- **Consumo de Produtos Químicos**

Os valores contidos no Gráfico 6.2 representam os produtos químicos que foram consumidos na ETA 1, em média diária (kg/dia), onde são mostradas as quantidades de: sulfato de alumínio sólido; cal hidratada; cloro gasoso e hipoclorito de sódio.

Esses valores são referentes ao ano de 2006 e nesta Figura estão representados os valores máximos e mínimos e os valores médios de todos os produtos químicos consumidos nos processos do tratamento da água.

No Gráfico 6.2 tem com destaque, em seus valores máximos, o consumo bastante alto do hipoclorito de sódio, que pela discrepância, em um único dia, pode ter sido devido a problemas no sistema de cloração, pois quando isto ocorre, há necessidade de se fazer a desinfecção com este produto, por um longo período, evitando que a ETA fique fora de carga por um longo período, segundo relato dos operadores.

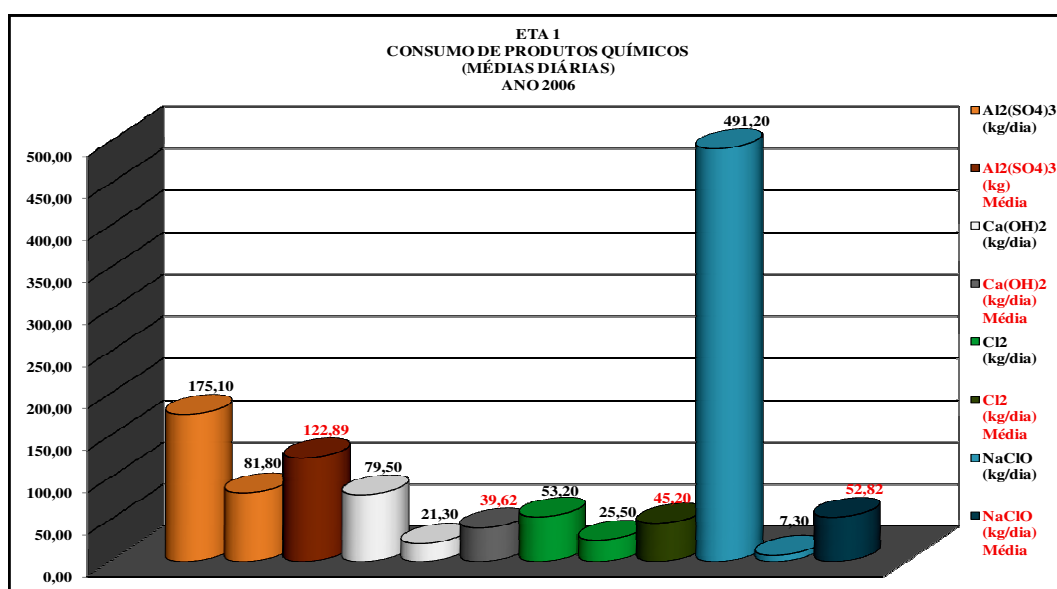


Gráfico 6.2 – Produtos químicos consumidos na ETA 1

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

A relação entre os valores médios diários do Gráfico 6.1 e os volumes aduzido e distribuído no Gráfico 6.2, fornece, em parte por milhão (ppm), as dosagens médias dos produtos químicos consumidos, dando o consumo em  $\text{g/m}^3$ , como mostra a Tabela 6.1.

Analisando a Tabela 6.1, podem ser observados os valores com a dosagem do sulfato de alumínio, da cal hidratada, do cloro gasoso e do hipoclorito de sódio, em ppm.

Tabela 6.1 – Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 1. Valores médios diários.

| <b>Produtos Químicos<br/>(Valores médios)</b> | <b>Quantidades<br/>(kg/dia)</b> | <b>Volume<br/>Tratado<br/>(<math>\text{m}^3/\text{dia}</math>)</b> | <b>Volume<br/>Distribuído<br/>(<math>\text{m}^3/\text{dia}</math>)</b> | <b>Dosagens<br/>em ppm<br/>(<math>\text{g/m}^3</math>).</b> |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Sulfato de alumínio sólido</b>             | 122,89                          | 11.731,61                                                          | -                                                                      | <b>10,48</b>                                                |
| <b>Cal hidratada</b>                          | 39,62                           | -                                                                  | 11.573,27                                                              | <b>3,42</b>                                                 |
| <b>Cloro gasoso</b>                           | 45,20                           | -                                                                  | 11.573,27                                                              | <b>3,91</b>                                                 |
| <b>Hipoclorito de sódio</b>                   | 52,82                           | -                                                                  | 11.573,27                                                              | <b>0,37</b>                                                 |

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Quanto às dosagens de cal hidratada, cloro gasoso e hipoclorito de sódio, os valores destas se mostram seguindo os mesmos padrões dos outros produtos químicos consumidos, ou seja, dentro da normalidade.

- **Parâmetros Físico-Químicos da Água Bruta e a Geração de Resíduos na ETA 1**

No Gráfico 6.3 são observadas as máximas, médias e mínimas diárias dos parâmetros cor, pH e turbidez, observando que seus valores não são muito altos, mostrando o que foi dito anteriormente com relação aos mananciais da ETA 1 de sofrerem poucos impactos ambientais significativos e serem, razoavelmente, preservados, devendo considerar os valores máximos devido ao período (novembro a março) das chuvas nesta região que são freqüentes e intensas.

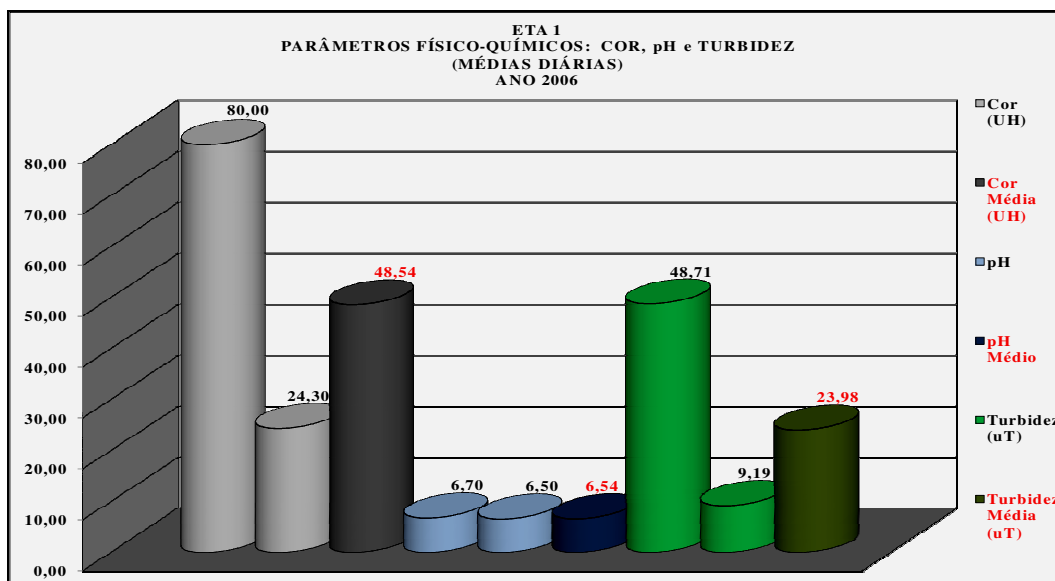


Gráfico 6.3 – Parâmetros físico-químicos da água bruta afluenta a ETA 1.  
Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Quanto ao pH devido ao longo período de estiagem, seus valores quase não mudam, pois as características físico-químicas da água têm poucas mudanças, considerando que este parâmetro está ligado a alcalinidade da água, pode ser observado que a dosagem do sulfato de alumínio está em um valor razoável, ou seja não é elevado o seu consumo, indicando que a alcalinidade necessária para o processo de coagulação é suficiente, tendo seus valores entre 12 e 14 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , de acordo com os boletins operacionais da ETA.

Os resíduos gerados na ETA 1 serão estimados através da fórmula pesquisada pela Water Research Center (WCR), baseando-se nos valores médios diários dos parâmetros cor e turbidez, constantes no Gráfico 6.3, utilizando também, o valor calculado da dosagem do sulfato de alumínio da Tabela 6.1.

Os cálculos são dados a seguir:

- Dados de entrada:

**W = Quantidade de sólidos secos (kg/dia).**

**P = Produção de sólidos (kg de matéria seca/m<sup>3</sup> de água bruta tratada).**

**Q =  $1,36 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{s}$  = Vazão da água bruta tratada.**

**C = 48,54 uH (unidade de Hazen) = Cor aparente da água bruta.**

**T = 23,98 uT (unidade de turbidez) = Turbidez da água bruta.**

**$D = 10,48 \text{ g/m}^3$  = Dosagem do sulfato de alumínio na água.**

**$A$  = Outros aditivos, tais como Polímero e Carvão Ativado (mg/l).**

**$S$  = Quantidade de sólidos secos (kg/ano).**

**$k = 0,26$  = Coeficiente de precipitação para o sulfato de alumínio.**

Fórmula WCR:

$$P = (1,2 \times T + 0,07 \times C + k \times D + A) \times 10^{-3} \quad (6)$$

$$P = (1,2 \times 23,98 + 0,07 \times 48,54 + 0,26 \times 10,48 + 0) \times 10^{-3} = 3,49 \times 10^{-2} \text{ kg/ m}^3.$$

$$\underline{P = 3,49 \times 10^{-2} \text{ kg/ m}^3}.$$

$$W = 86.400 \times P \times Q = 8,64 \times 10^4 \times 3,49 \times 10^{-2} \times 1,36 \times 10^{-1} = 4,10 \times 10^2 \text{ kg/dia.} \quad (7)$$

$$\underline{W = 4,10 \times 10^2 \text{ kg/dia.}}$$

Considerando o valor de  $W$  - Quantidade de sólidos secos (kg/dia), pode ser estimada a quantidade de sólidos secos que esta ETA pode produzir em um ano, ficando o seguinte valor:

$$S = W \times 365 = 4,10 \times 10^2 \text{ kg/dia} \times 365 = 1,50 \times 10^5 \text{ kg/ano.} \quad (8)$$

$$\underline{S = 1,50 \times 10^5 \text{ kg/ano.}}$$

Dentro das condições apresentadas, esta ETA pode produzir, aproximadamente, 150 toneladas de resíduos por ano, no tratamento da água, mostrando a necessidade da disposição adequada de seus resíduos, considerando as determinações da NBR 10.004/2004 da ABNT.

#### • **Consumos e Custos Mensais da Energia Elétrica na ETA 1**

Os valores da energia elétrica consumida na ETA 1 são resultados da medição feita pela concessionária, junto com os de uma elevatória de distribuição de água tratada, com dois conjuntos moto-bombas de 7,5 HP cada, sendo a tensão de 220V (Menezes, 2006).

Esta elevatória é utilizada para abastecer moradores que residem acima da cota da ETA.

O Gráfico 6.4 mostra que nos meses de estiagem há uma diminuição no consumo de energia, em kWh, devido à escassez das chuvas, quando no período noturno é possível até que se desligue um grupo da elevatória de água bruta.

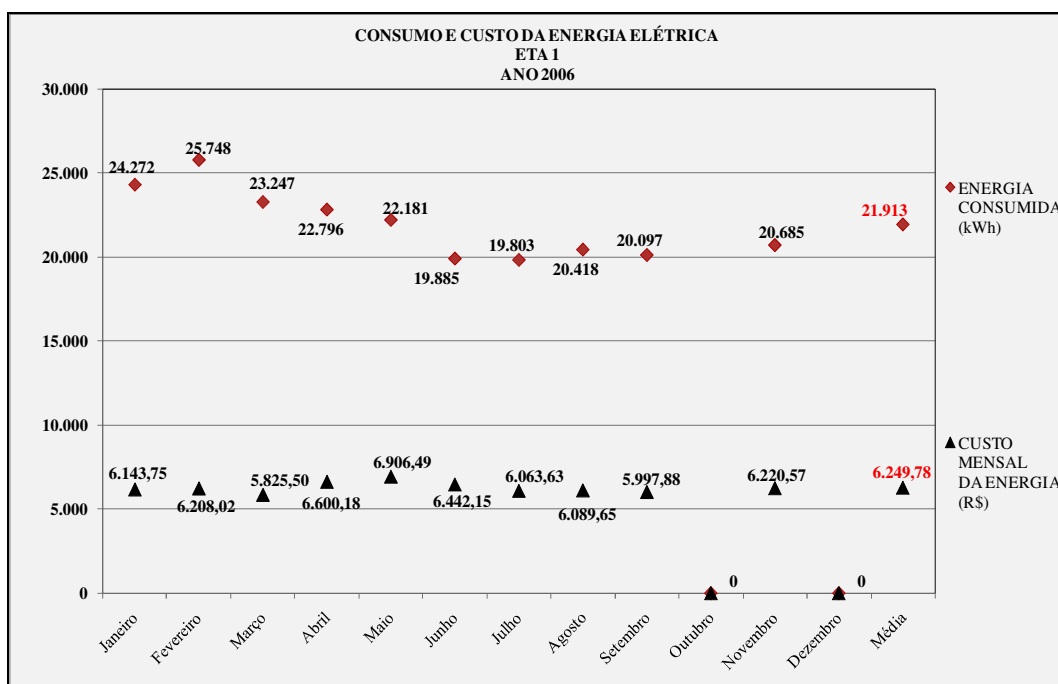


Gráfico 6.4 – Dados da Energia Elétrica consumida e o seu custo na ETA 1.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Isto reflete em economia de energia na ETA, devido ao menor uso da bomba que é usada para encher o reservatório de água de lavagem de filtros, pois com menos água no sistema e, tendo esta melhor qualidade, os filtros são menos exigidos, apresentando maiores tempos de corrida.

Somando a isso tem a menor demanda por parte dos habitantes que são abastecidos pela elevatória de água tratada, sendo possível diminuir o tempo em que esta permanece ligada.

A economia de energia elétrica é acompanhada de um menor custo financeiro desta, como pode ser observado no Gráfico 6.4.

- **Recursos Humanos na ETA 1**

Na ETA 1 os operadores responsáveis pelo tratamento à época deste estudo, tinham as mais diversas formações.

O regime de trabalho é de escala, sendo 24 horas de trabalho, com 72 horas de folga, esta é denominada por quase todos de simplesmente 24 por 72.

As turmas eram quatro, sendo um operador de tratamento e um auxiliar, ficando o operador responsável pelo tratamento na ETA.

Os operadores da ETA 1 à época deste estudo, tinha as mais diversas formações acadêmicas, sendo um formado em Ciências Sociais, um estava no final do curso de Direito, um com segundo grau completo (ensino médio) e o último havia concluído o primeiro grau (ensino fundamental).

A variedade de formação é realidade na da maioria das ETAs espalhadas pelo Brasil (Di Bernardo e Dantas, 2005).

Pode ser observado que nenhum deles tinha formação acadêmica ligada diretamente ao tratamento da água, seja a nível técnico ou superior, que os habilitasse, pela empresa, de modo formal, a operar uma ETA.

De acordo com os gerentes e operadores desta ETA, a empresa, no ano de 2006, contratou o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de São Gonçalo, para ministrar vários cursos de capacitação de seus funcionários e, entre estes, havia o de *Teoria e Técnicas de Tratamento de Água*, sendo parte de uma nova política da empresa voltada para o treinamento de seus funcionários, fato que, segundo eles não ocorria a mais de dez anos.

Segunda a Norma Regulamentadora nº 5, o objetivo da CIPA é prevenir acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a tornar compatível, de modo permanente, o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador, devendo ser constituída em cada estabelecimento e mantida em regular funcionamento, seja nas empresas privadas, públicas, sociedades de economia mista, órgãos da administração direta e indireta, instituições beneficentes, associações recreativas, cooperativas, bem como outras instituições que admitam trabalhadores como empregados.

Com relação à questão da segurança e saúde do trabalhador, à época deste estudo, nesta ETA, não havia CIPA ou representante constituídos, que pudesse orientar o trabalhador com relação a sua segurança e saúde laboral, tendo carência, inclusive de EPI's (máscaras de gás, luvas e etc.).

### 6.1.3. Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 2

O ponto de captação da água bruta afluyente à ETA, mostrado na Figura 6.5, está a uma distancia de, aproximadamente, 5.900 metros da ETA 2, localizado no Salto Braçanã, pertencente a bacia hidrográfica do Rio Casseribu, estando localizado nas coordenadas 22° 41' 50'' para latitude e 42° 42' 14'' para longitude, na Serra do Sambê (Menezes, 2006).

A Figura 6.6 mostra o prédio da ETA 2 que tem seu abastecimento realizado por gravidade, em uma adutora que está dividida em dois trechos, tendo o primeiro 250 mm de diâmetro e o segundo 200 mm (Menezes, 2006).

A bacia hidrográfica deste manancial, de algumas atividades agropecuárias, está em bom estado de conservação ambiental, sendo a água captada de boa qualidade.

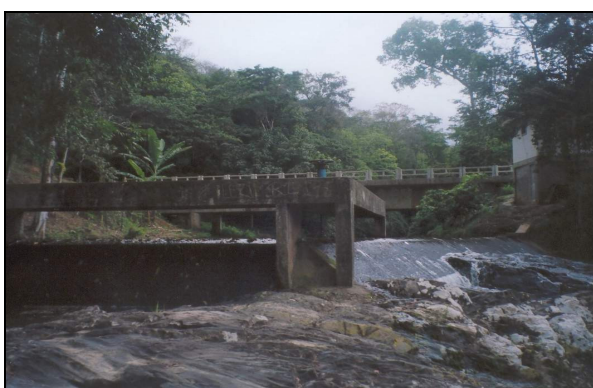


Figura 6.5 – Captação no Rio Casseribu.  
Fonte: Menezes (2006).



Figura 6.6 - Vista do Prédio da ETA 2.  
Fonte: Arquivo do Autor (2006).

Os dados da ETA 2, referentes a 2006, terão avaliados os valores médios diários dos consumos de sulfato de alumínio, cal hidratada, cloro gasoso e hipoclorito de sódio, em kg/dia, além dos valores do pH da água bruta, não sendo avaliados os parâmetros cor e turbidez, devido a falta de equipamentos, como: turbidímetro, colorímetro e pHgâmetro (Quadro 6.2).

As análises do pH (águas bruta e distribuída) e do residual de cloro, eram feitas comparando visualmente, utilizando os reagentes azul bromotimol e ortotolidina.

O quadro 6.2 mostra, em números, a dinâmica operacional da ETA 2, que será avaliada nos tópicos seguintes.



| QUADRO DE PRODUTIVIDADE DA ETA 2 - ANO 2006               |                                                 |           |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| DESCRIÇÃO                                                 |                                                 | Unidade   | Janeiro  | Fevereiro | Março    | Abril    | Maio     | Junho    | Julho    | Agosto   | Setembro | Outubro  | Novembro | Dezembro | Média    |
| Vazão média                                               |                                                 | L/s       | 29,30    | 27,90     | 28,50    | 28,90    | 28,23    | 29,26    | 24,94    | 24,58    | 24,63    | 24,97    | 24,68    | 27,28    | 26,93    |
| Volume médio diário aduzido                               |                                                 | m³        | 2.531,52 | 2.410,56  | 2.462,40 | 2.496,96 | 2.438,64 | 2.528,06 | 2.154,38 | 2.123,71 | 2.128,03 | 2.157,41 | 2.132,35 | 2.356,99 | 2.326,75 |
| Características da Água Bruta (média diária)              | Cor                                             | uH        | -        | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
|                                                           | pH                                              |           | 6,70     | 6,90      | 7,10     | 7,00     | 7,10     | 7,10     | 7,20     | 7,20     | 7,20     | 6,80     | 6,80     | 6,40     | 6,96     |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | -        | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| Consumo médio de Produtos Químicos                        | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Kg/dia    | 40,60    | 29,10     | 33,50    | 32,30    | 30,50    | 31,00    | 22,10    | 21,61    | 24,67    | 27,42    | 39,50    | 44,19    | 31,37    |
|                                                           | Ca(OH) <sub>2</sub>                             | Kg/dia    | 11,50    | 10,70     | 11,60    | 12,70    | 12,10    | 10,30    | 10,30    | 12,26    | 11,50    | 11,29    | 12,67    | 13,39    | 11,69    |
|                                                           | Cl <sub>2</sub>                                 | Kg/dia    | 6,10     | 5,90      | 6,00     | 6,00     | 5,90     | 6,10     | 5,20     | 5,10     | 5,11     | 5,18     | 5,29     | 4,80     | 5,56     |
|                                                           | NaClO                                           | Kg/dia    | 11,80    | 0,00      | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,98     |
| Média_filtros lavados                                     |                                                 | Unid./dia | 7,80     | 8,00      | 7,90     | 7,90     | 8,00     | 8,00     | 7,70     | 8,00     | 7,87     | 8,00     | 7,74     | 8,00     | 7,91     |
| Vazão lavagens_filtros (média diária)                     |                                                 | L/s       | 29,30    | 27,90     | 28,50    | 28,90    | 28,23    | 29,26    | 24,94    | 24,58    | 24,63    | 24,97    | 24,68    | 27,28    | 26,93    |
| Tempo gasto_lavagem/filtro (unidade)                      |                                                 | min       | 5:00:00  | 5:00:00   | 5:00:00  | 5:00:00  | 4:59:00  | 5:00:00  | 5:07:00  | 5:00:00  | 5:12:00  | 5:00:00  | 5:00:00  | 5:00:00  | 5:01:30  |
| Vol. diário gasto_lav._filtros (água decantada)           |                                                 | m³        | 68,56    | 66,96     | 67,55    | 68,49    | 67,53    | 63,02    | 58,96    | 58,99    | 60,48    | 59,93    | 57,31    | 65,47    | 63,60    |
| Vol. diário gasto_descargas_decantadores                  |                                                 | m³        | 9,30     | 5,90      | 6,50     | 6,90     | 7,00     | 7,46     | 8,64     | 8,62     | 7,60     | 8,51     | 8,19     | 6,62     | 7,60     |
| Vol. diário gasto_lav._decantadores                       |                                                 | m³        | 3,75     | 0,00      | 0,00     | 3,75     | 0,00     | 3,75     | 3,75     | 0,00     | 0,00     | 3,75     | 0,00     | 0,00     | 1,56     |
| Vol. diário gasto_início_lav._filtros (água decantada)    |                                                 | m³        | 28,20    | 29,00     | 28,24    | 29,20    | 29,00    | 0,00     | 27,90    | 0,00     | 28,49    | 0,00     | 0,00     | 2,02     | 16,84    |
| Vol.diário total gasto_lav._filtros e decant. + descargas |                                                 | m³        | 109,81   | 101,86    | 102,29   | 108,34   | 103,53   | 74,23    | 99,25    | 67,61    | 96,57    | 72,19    | 65,50    | 74,11    | 89,61    |
| Perda_lavagens_filtros (diária)                           |                                                 | %         | 2,71     | 2,78      | 2,74     | 2,74     | 2,77     | 2,49     | 2,74     | 2,78     | 2,84     | 2,78     | 2,69     | 2,78     | 2,74     |
| Perda_descargas_decantadores                              |                                                 | %         | 0,37     | 0,24      | 0,26     | 0,28     | 0,29     | 0,30     | 0,40     | 0,41     | 0,36     | 0,39     | 0,38     | 0,28     | 0,33     |
| Perda_lavagens_decantadores (água decantada)              |                                                 | %         | 0,15     | 0,00      | 0,00     | 0,15     | 0,00     | 0,15     | 0,17     | 0,00     | 0,00     | 0,17     | 0,00     | 0,00     | 0,07     |
| Perda_início_lavagens_filtros (água decantada)            |                                                 | %         | 1,11     | 1,20      | 1,15     | 1,17     | 1,19     | 0,00     | 1,30     | 0,00     | 1,34     | 0,00     | 0,00     | 0,09     | 0,71     |
| Perdas totais                                             |                                                 | %         | 4,34     | 4,23      | 4,15     | 4,34     | 4,25     | 2,94     | 4,61     | 3,18     | 4,54     | 3,35     | 3,07     | 3,14     | 3,84     |
| Características da Água Tratada (média diária)            | Cor                                             | uH        | -        | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
|                                                           | pH                                              |           | 6,90     | 6,90      | 7,00     | 7,00     | 7,00     | 7,00     | 7,00     | 7,10     | 7,10     | 7,10     | 7,10     | 7,10     | 7,03     |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | -        | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| Volume médio diário distribuído                           |                                                 | m³        | 2.421,71 | 2.308,70  | 2.360,11 | 2.388,62 | 2.335,11 | 2.453,83 | 2.055,13 | 2.056,10 | 2.031,46 | 2.085,22 | 2.066,85 | 2.282,88 | 2.237,14 |
| Energia elétrica consumida                                |                                                 | kwh       | 10.376   | 10.249    | 10.245   | 9.825    | 2.910    | 17.028   | 11.653   | 9.591    | 9.985    | -        | 10.104   | -        | 10.197   |
| Custo da Energia elétrica                                 |                                                 | R\$       | 3.484,18 | 3.340,48  | 3.355,04 | 3.345,04 | 986,03   | 5.728,24 | 3.863,56 | 3.320,75 | 3.318,34 | -        | 3.381,51 | -        | 3.412,32 |

Quadro 6.2 – Produtividade da ETA 2, referente ao ano de 2006. Fonte: Estudo acerca da produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).

- **Perdas Físicas na ETA 2**

O valor contabilizado das perdas físicas na ETA 2, como mostra o Gráfico 6.5, está dentro do razoável em uma ETA de ciclo completo, que deve ser de 2 a 5% (Reali, 1999).

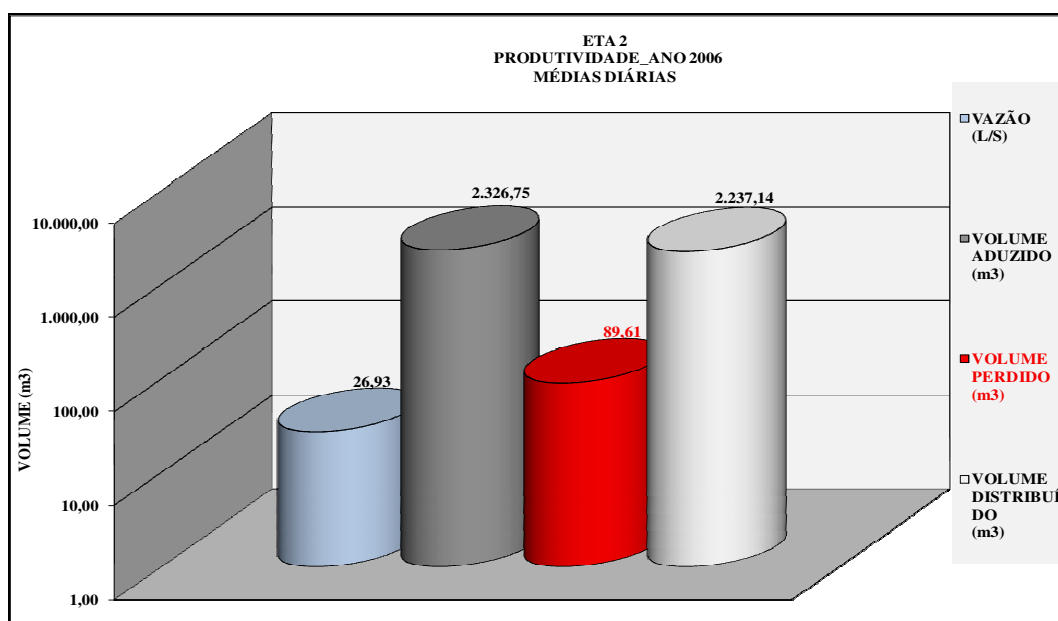


Gráfico 6.5 - A quantificação das perdas físicas da ETA 2.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Na ETA 2 o volume médio de água perdido corresponde a 3,84% do volume tratado, sendo que deste total, pouco mais de 70% são compostos pelos volumes perdidos com as águas de lavagem de filtros, considerando que os filtros desta unidade de tratamento são autolaváveis, onde dentro deste processo, o gasto é maior que se a retrolavagem fosse realizada pela força gravitacional, com água proveniente de um reservatório elevado.

- **Consumo de Produtos Químicos na ETA 2**

Na ETA 2 o consumo de produtos químicos, em relação ao volume de água bruta tratada, pode ser considerado elevado, observando que no consumo de sulfato de alumínio o valor médio diário consumido é pouco menos da metade do maior valor médio consumido em um dia.

O Gráfico 6.6 mostra os valores máximos e mínimos dos produtos químicos consumidos na ETA 2, podendo ser observado que a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo do consumo destes é pequena, o que pode caracterizar um comportamento mais uniforme dos parâmetros que caracterizam a qualidade da água bruta, além de problemas relacionados a eficiência do processo de coagulação, que tem a ver com as características de cada ETA.

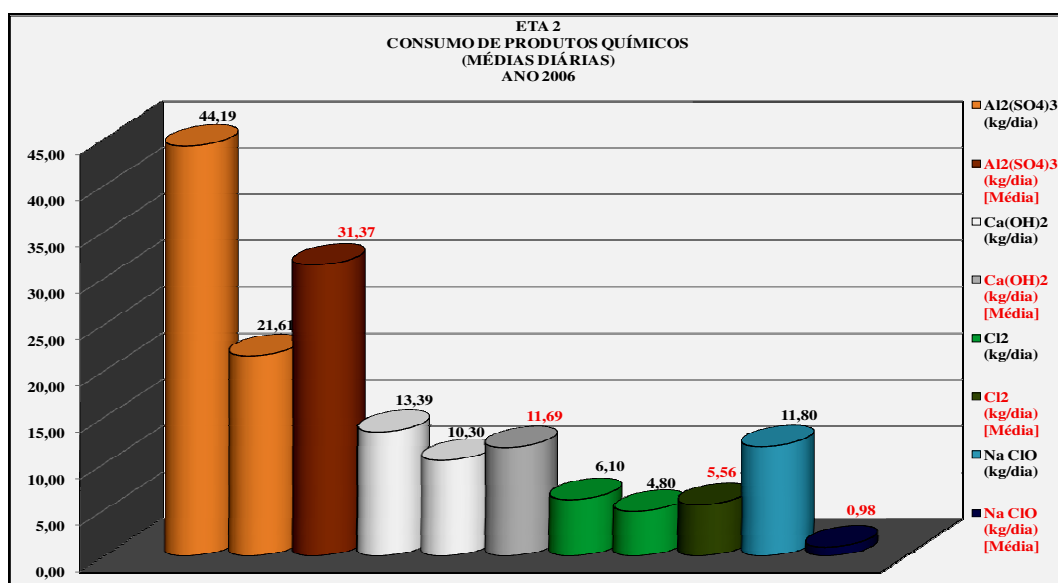


Gráfico 6.6 – Os produtos químicos consumidos na ETA 2.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Podem ser observados, na Tabela 6.2, os valores das dosagens dos produtos químicos gastos em função do volume de água bruta tratada.

Tabela 6.2 – Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 2. Valores médios diários.

| Produtos Químicos<br>(Valores médios) | Quantidades<br>(kg/dia) | Volume<br>Tratado<br>(m <sup>3</sup> /dia) | Volume<br>Distribuído<br>(m <sup>3</sup> /dia) | Dosagens<br>em ppm<br>(g/m <sup>3</sup> ). |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Sulfato de alumínio sólido            | 31,37                   | 2.326,75                                   | -                                              | 13,48                                      |
| Cal hidratada                         | 11,69                   | -                                          | 2.237,14                                       | 5,23                                       |
| Cloro gasoso                          | 5,56                    | -                                          | 2.237,14                                       | 2,34                                       |
| Hipoclorito de sódio                  | 0,98                    | -                                          | 2.237,14                                       | 0,44                                       |

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

A relação entre os valores médios diários do Gráfico 6.5 e os volumes aduzido e distribuído no Gráfico 6.7, pode fornecer, em parte por milhão (ppm), as dosagens médias dos produtos químicos consumidos, dando o consumo em  $\text{g/m}^3$ , como mostra a Tabela 6.2.

- **Parâmetros Físico-Químicos da Água Bruta e a Geração de Resíduos na ETA 2**

Os valores dos parâmetros cor aparente e turbidez, não poderão ter suas médias diárias avaliadas nesta unidade, pois esta ETA, à época deste estudo não possuía turbidímetro, colorímetro e peagâmetro, sendo que os valores do pH e do cloro residual eram obtidos utilizando os reagentes azul de bromotimol e ortotolidina, respectivamente.

O método de aferição depende da perspectiva visual de cada operador, fazendo com que os valores mostrados no Gráfico 6.7 não apresentem a confiabilidade adequada.

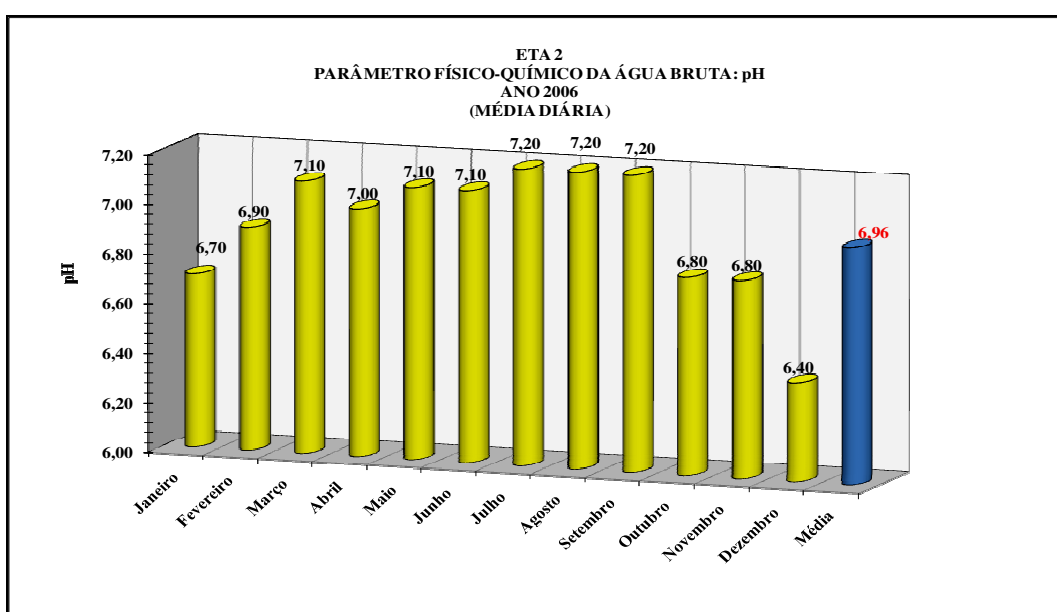


Gráfico 6.7 – Valores médios diários do pH da água bruta afluenta a ETA 2.  
Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

De acordo com a CEDAE (2007), em seu boletim de análise dos parâmetros semestrais visando atender a Resolução nº 357/2005, do CONAMA, emitido em agosto de 2007, com referencia ao primeiro semestre deste mesmo ano, apresenta o valor da cor em 12 uH, a turbidez com 2,3 uT e o pH com 6,74, sendo este último bem próximo ao valor que está

apresentado no Gráfico 6.7, em seu valor médio, todos para a água bruta, coletada no manancial.

A estimativa da produção de resíduos será realizada com os valores dos parâmetros da cor e da turbidez mostrados acima, mas lembrando que, certamente os valores encontrados não refletem a dinâmica ambiental da bacia hidrográfica, visto que a coleta foi feita pontualmente e em um período de estiagem, onde, geralmente os valores da cor e da turbidez tendem a ser mais baixos.

Os resíduos gerados na ETA 2 serão estimados através da fórmula pesquisada pela Water Research Center (WCR), baseando-se nos valores dos parâmetros cor e turbidez, mostrados nos parágrafos acima, utilizando também o valor calculado da dosagem do sulfato de alumínio da Tabela 6.2.

Os cálculos são dados a seguir:

$T = 2,3$  uT (turbidez);  $C = 12,0$  uH (cor aparente);  $D = 13,48$  g/m<sup>3</sup> (dosagem do sulfato de alumínio);  $Q = 1,36 \times 10^{-1}$  m<sup>3</sup>/s (vazão da água bruta).

$$P = (1,2 \times T + 0,07 \times C + k \times D + A) \times 10^{-3} \quad (9)$$

$$P = (1,2 \times 2,3 + 0,07 \times 12,0 + 0,26 \times 13,48 + 0) \times 10^{-3} = 7,10 \times 10^{-3} \text{ kg/ m}^3.$$

$$\underline{P = 7,10 \times 10^{-3} \text{ kg/ m}^3.}$$

$$W = 86.400 \times P \times Q = 8,64 \times 10^4 \times 7,10 \times 10^{-3} \times 2,69 \times 10^{-2} = 1,65 \times 10 \text{ kg/dia.} \quad (10)$$

$$\underline{W = 1,65 \times 10 \text{ kg/dia.}}$$

Considerando o valor de W - Quantidade de sólidos secos (kg/dia), pode ser estimada a quantidade de sólidos secos que esta ETA pode produzir em um ano, ficando o seguinte valor:

$$S = W \times 365 = 1,65 \times 10 \text{ kg/dia} \times 365 = 6,02 \times 10^3 \text{ kg/ano.} \quad (11)$$

$$\underline{S = 6,02 \times 10^3 \text{ kg/ano.}}$$

Vale lembrar que estes valores podem não corresponder a real produção de resíduos desta ETA, considerando que os valores dos períodos chuvosos, possivelmente mais altos, fariam com os valores médios da cor e da turbidez tivessem alguma elevação.

Os valores aqui estimados servirão como parâmetros para alguma ação de mitigação dos impactos ambientais que esta ETA possa estar causando com o lançamento destes resíduos no meio ambiente.

- **Consumos e os Custos Mensais da Energia Elétrica na ETA 2**

Nos meses de maio e junho podem ser observados, no Gráfico 6.8, valores diferentes dos demais meses, mas ao se obter a média dos dois valores (2.910 e 17.028 kWh), constata-se que o novo valor (9.969 kWh) está próximo dos outros dos demais meses, fazendo supor a ocorrência algum problema na leitura no mês de maio, sendo no mês seguinte feita a compensação.

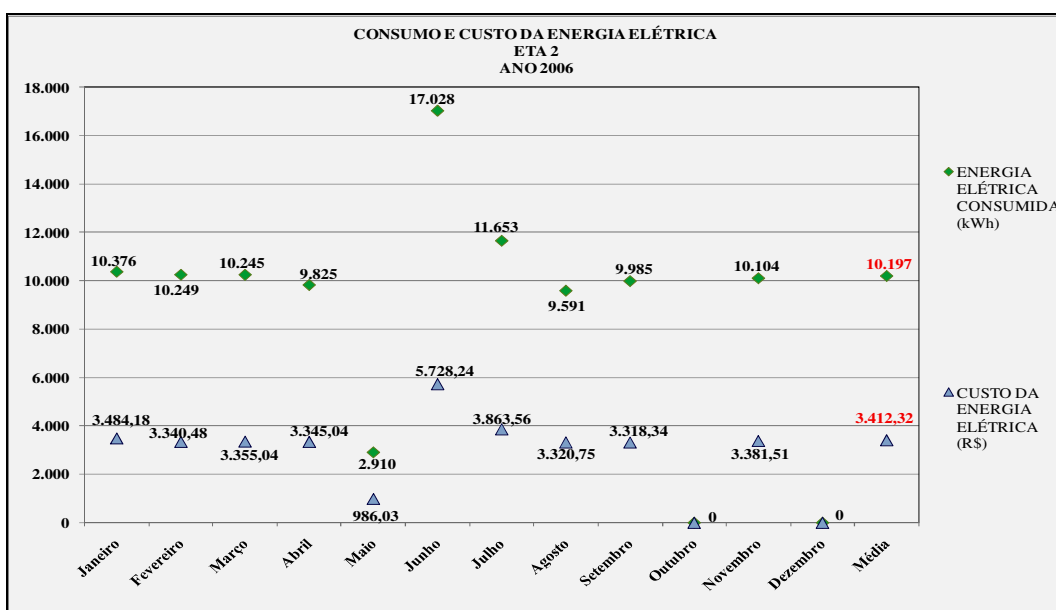


Gráfico 6.8 – Consumo e custo da energia Elétrica da ETA 2

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Nesta unidade, o fator importante que faz com que o consumo e, conseqüentemente, o custo sejam elevados nesta unidade, vêm do fato dos equipamentos eletromecânicos que equipam a elevatória de distribuição de água potável serem integrados aos da ETA 2, sendo considerados de uma única unidade pela concessionária ao fazer a leitura do consumo.

- **Recursos Humanos na ETA 2**

A qualificação formal dos operadores da ETA 2 é bastante variada, onde se tem um operador que cursou somente o primeiro grau e outro que cursou o terceiro grau, mas sua escolha de profissão foi de Tecnólogo em Petróleo e Gás, não tendo esta nenhuma relação com a sua atividade profissional principal, ligada ao saneamento ambiental, que é o tratamento da água e, por último, dois outros que cursaram o segundo grau.

Na diversidade de formação nesta ETA, pode se observado que mesmo a maioria tendo um grau de instrução formal dentro de um padrão razoável para operar uma ETA, ainda consta nos quadros funcionai desta unidade um operador que não apresentava um grau de instrução em que ele pudesse se considerado adequadamente preparado para o exercício desta função, considerando as responsabilidades e as complexidades que são inerentes ao operador e ao tratamento da água.

Nesta ETA a situação com relação à segurança e saúde ocupacional, mostra o mesmo quadro da primeira unidade, não possuindo uma CIPA ou um representante qualificado que pudesse atuar efetivamente neste campo, não sendo verificadas placas educativas para o uso de EPIs que os trabalhadores devam usar em cada setor, considerando o manuseio de produtos químicos e reagentes, tanto aqueles que são utilizados no tratamento da água, quanto os nas análises laboratoriais.

#### 6.1.4. Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 3

A captação da água que abastece a ETA 3 realizada no canal do Imunana, no município de Guapimirim, onde afluem as águas dos rios Guapiaçu e Macacu (Helder, 1999), nas coordenadas geográficas de latitude 22° 39' 30" e longitude 42° 56' 20" (Menezes, 2006).

A Figura 6.7 mostra a captação da água bruta no canal do Imunana e a Figura 6.8 mostra o prédio da ETA 3, no município de Itaboraí.



Figura 6.7 – Captação no canal Imunana Rio Guapi-Macacu.  
Fonte: Arquivo do Autor (2007).



Figura 6.8 – Vista do Prédio da ETA 3.  
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

As áreas de drenagem do canal do Imunana somam cerca de 1.000 km<sup>2</sup>, representando próximo de 1/4 de toda área contribuinte à Baía de Guanabara, configurando-se no mais importante manancial da região, considerando a quantidade de água captada (Helder, 1999).

O Quadro 6.3 mostra, em números, a dinâmica operacional da ETA 3, sendo avaliada nos tópicos seguintes.



| QUADRO DE PRODUTIVIDADE DA ETA 3 - ANO 2006               |                                                 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| DESCRIÇÃO                                                 |                                                 | Unidade   | Janeiro   | Fevereiro | Março     | Abril     | Maior     | Junho     | Julho     | Agosto    | Setembro  | Outubro   | Novembro  | Dezembro  | Média     |
| Vazão média                                               |                                                 | L/s       | 125,50    | 137,80    | 135,00    | 135,50    | 138,60    | 135,50    | 138,50    | 138,87    | 153,23    | 132,87    | 133,39    | 131,23    | 136,33    |
| Volume médio diário aduzido                               |                                                 | m³        | 10.843,20 | 11.905,92 | 11.664,00 | 11.707,20 | 11.975,04 | 11.707,20 | 11.966,40 | 11.998,37 | 13.239,07 | 11.479,97 | 11.524,90 | 11.338,27 | 11.779,13 |
| Características da Água Bruta (média diária)              | Cor                                             | uH        | 252,50    | 146,75    | 97,05     | 101,36    | 51,52     | 42,11     | 35,35     | 51,71     | 47,50     | 52,96     | 70,76     | 86,27     | 86,32     |
|                                                           | pH                                              |           | 6,17      | 6,11      | 6,44      | 6,43      | 6,46      | 6,32      | 6,61      | 6,50      | 6,26      | 6,52      | 6,37      | 6,37      | 6,38      |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | 51,82     | 28,74     | 23,85     | 25,25     | 12,87     | 12,22     | 10,48     | 13,48     | 11,30     | 12,18     | 16,91     | 19,94     | 19,92     |
| Consumo médio de Produtos Químicos                        | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Kg/dia    | 181,30    | 197,00    | 172,80    | 179,80    | 151,70    | 138,00    | 111,10    | 139,06    | 153,23    | 159,19    | 193,47    | 180,61    | 163,11    |
|                                                           | Ca(OH) <sub>2</sub>                             | Kg/dia    | 57,30     | 56,10     | 57,60     | 63,80     | 51,00     | 82,30     | 75,20     | 81,29     | 79,50     | 81,13     | 87,33     | 98,87     | 72,62     |
|                                                           | Cl <sub>2</sub>                                 | Kg/dia    | 35,90     | 38,10     | 38,70     | 38,40     | 38,00     | 38,40     | 38,00     | 38,08     | 38,38     | 37,59     | 37,79     | 35,88     | 37,77     |
|                                                           | NaClO                                           | Kg/dia    | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 5,32      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,44      |
| Média_filtros lavados                                     |                                                 | Unid./dia | 17,90     | 20,00     | 20,10     | 20,80     | 10,70     | 10,00     | 10,00     | 19,84     | 10,00     | 10,00     | 10,00     | 9,68      | 14,09     |
| Vazão lavagens_filtros (média diária)                     |                                                 | L/s       | 125,50    | 137,80    | 135,00    | 135,50    | 138,60    | 135,50    | 138,50    | 138,87    | 153,23    | 132,87    | 133,39    | 131,23    | 136,33    |
| Tempo gasto_lavagem/filtro (unidade)                      |                                                 | min       | 17:46:00  | 12:58:00  | 12:38:00  | 12:22:00  | 25:14:00  | 24:14:00  | 24:06:00  | 11:29:00  | 23:48:00  | 23:19:00  | 23:04:00  | 22:50:00  | 19:29:00  |
| Vol. diário gasto_lav._filtros (água decantada)           |                                                 | m³        | 2.396,30  | 2.179,39  | 2.133,60  | 2.161,60  | 2.122,70  | 2.119,60  | 2.085,81  | 1.914,12  | 2.188,84  | 1.859,32  | 1.846,12  | 1.806,14  | 2.067,80  |
| Vol. diário gasto_descargas_decantadores                  |                                                 | m³        | 8,40      | 9,00      | 7,20      | 7,00      | 7,60      | 7,50      | 8,10      | 6,75      | 6,75      | 6,75      | 6,56      | 7,50      | 7,43      |
| Vol. diário gasto_lav._decantadores                       |                                                 | m³        | 12,30     | 0,00      | 0,00      | 12,30     | 0,00      | 12,30     | 0,00      | 12,30     | 0,00      | 12,30     | 0,00      | 0,00      | 5,13      |
| Vol. diário gasto_infcio_lav._filtros (água decantada)    |                                                 | m³        | 121,72    | 136,00    | 136,68    | 141,44    | 72,76     | 68,00     | 68,00     | 134,91    | 68,00     | 68,00     | 68,00     | 65,82     | 95,78     |
| Vol.diário total gasto_lav._filtros e decant. + descargas |                                                 | m³        | 2.538,72  | 2.324,39  | 2.277,48  | 2.322,34  | 2.203,06  | 2.207,40  | 2.161,91  | 2.068,08  | 2.263,59  | 1.946,37  | 1.920,68  | 1.879,46  | 2.176,12  |
| Perda_lavagens_filtros (diária)                           |                                                 | %         | 22,10     | 18,31     | 18,29     | 18,46     | 17,73     | 18,11     | 17,43     | 15,95     | 16,53     | 16,20     | 16,02     | 15,93     | 17,59     |
| Perda_descargas_decantadores                              |                                                 | %         | 0,08      | 0,08      | 0,06      | 0,06      | 0,06      | 0,06      | 0,07      | 0,06      | 0,05      | 0,06      | 0,06      | 0,07      | 0,06      |
| Perda_lavagens_decantadores (água decantada)              |                                                 | %         | 0,11      | 0,00      | 0,00      | 0,11      | 0,00      | 0,11      | 0,00      | 0,10      | 0,00      | 0,11      | 0,00      | 0,00      | 0,04      |
| Perda_infcio_lavagens_filtros (água decantada)            |                                                 | %         | 1,12      | 1,14      | 1,17      | 1,21      | 0,61      | 0,58      | 0,57      | 1,12      | 0,51      | 0,59      | 0,59      | 0,58      | 0,82      |
| Perdas totais                                             |                                                 | %         | 23,41     | 19,52     | 19,53     | 19,84     | 18,40     | 18,86     | 18,07     | 17,24     | 17,10     | 16,95     | 16,67     | 16,58     | 18,51     |
| Características da Água Tratada (média diária)            | Cor                                             | uH        | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         |
|                                                           | pH                                              |           | 7,00      | 6,90      | 7,20      | 7,00      | 6,90      | 7,00      | 7,10      | 7,00      | 7,20      | 7,20      | 7,00      | 7,10      | 7,05      |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         |
| Volume médio diário distribuído                           |                                                 | m³        | 8.304,48  | 9.581,53  | 9.386,52  | 9.384,86  | 9.771,98  | 9.499,80  | 9.804,49  | 9.930,29  | 10.975,48 | 9.533,60  | 9.604,22  | 9.458,81  | 9.603,00  |
| Energia elétrica consumida                                |                                                 | kwh       | 6.929     | 7.585     | 5.617     | 7.626     | 8.856     | 8.364     | 8.610     | 8.897     | 8.036     | -         | 8.405     | -         | 7.893     |
| Custo da Energia elétrica                                 |                                                 | R\$       | 2.273,12  | 2.129,78  | 1.703,27  | 2.582,19  | 4.397,05  | 1.884,32  | 3.071,96  | 3.021,98  | 3.714,84  | -         | 2.933,81  | -         | 2.771,23  |

Quadro 6.3 – Produtividade da ETA 3, referente ao ano de 2006. Fonte: Estudo acerca da produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).

- **Perdas Físicas na ETA 3**

Dentre as seis ETAs, a ETA 3 é a que apresenta, no Gráfico 6.9, as maiores perdas físicas, seja em números percentuais (18,5%) ou absolutos (2.176,12 m<sup>3</sup>), considerando o volume de água bruta tratada.

O Gráfico 6.9 mostra que em valores médios, o volume de água perdido pela ETA 3 era quase o que a ETA 2, no Gráfico 6.5, distribuía diariamente à população e treze vezes o volume perdido pela ETA 1 no Gráfico 6.1, considerando que os volume de água bruta que a ETA 1 trata têm valores bem semelhantes.

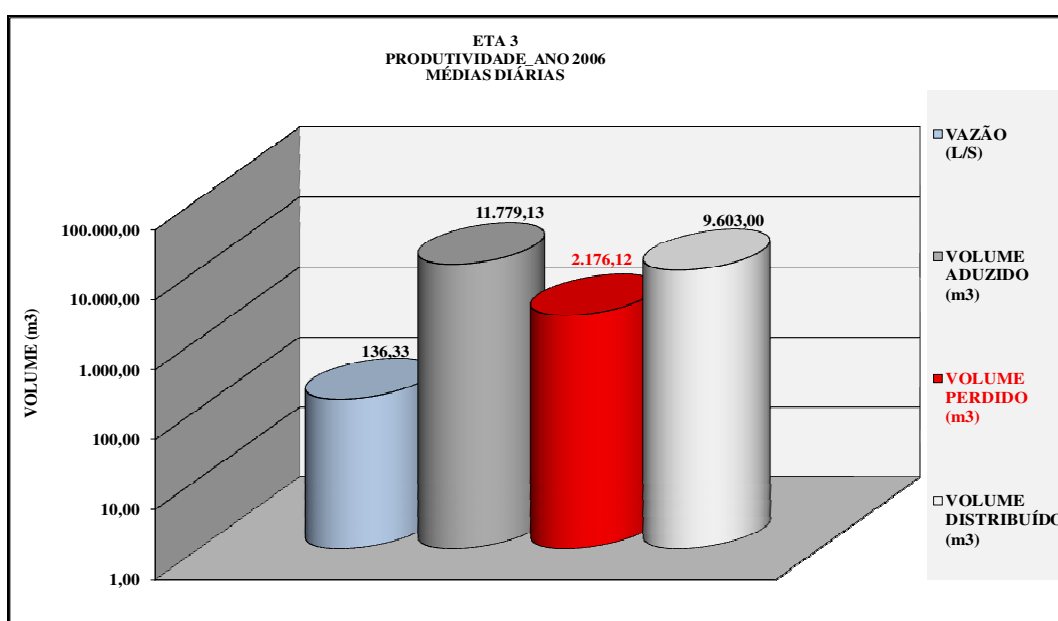


Gráfico 6.9– Quantificação das perdas físicas na ETA 3.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Cerca de 95% do volume médio diário das perdas físicas da ETA 3, são de águas provenientes das lavagens dos filtros, considerando que à época deste estudo todas as unidades de filtração não reuniam condições normais de operacionalidade, apresentando perdas de cargas rapidamente, forçando aos operadores a procederem novamente suas lavagens em um espaço de tempo menor, sendo o estabelecido de 24 h, caracterizando as altas perdas verificadas nos mapas de controle operacionais.

### • Consumo de Produtos Químicos na ETA 3

O Gráfico 6.10 mostra um alto consumo de sulfato de alumínio sólido na ETA 3, tendo com fatores a grande variação da qualidade da água bruta, devido ao alto índice pluviométrico da bacia do rio Guapi-Macacu e, também, a sua concepção, pois a esta unidade possui três módulos de tratamento com um único ponto para aplicação do coagulante, devendo ser considerados que os tempos de resposta para reação do produto são diferentes, sendo necessário, em algumas características de água bruta, adicionar uma dosagem maior do que a pesquisada no teste dos jarros (jar-test).

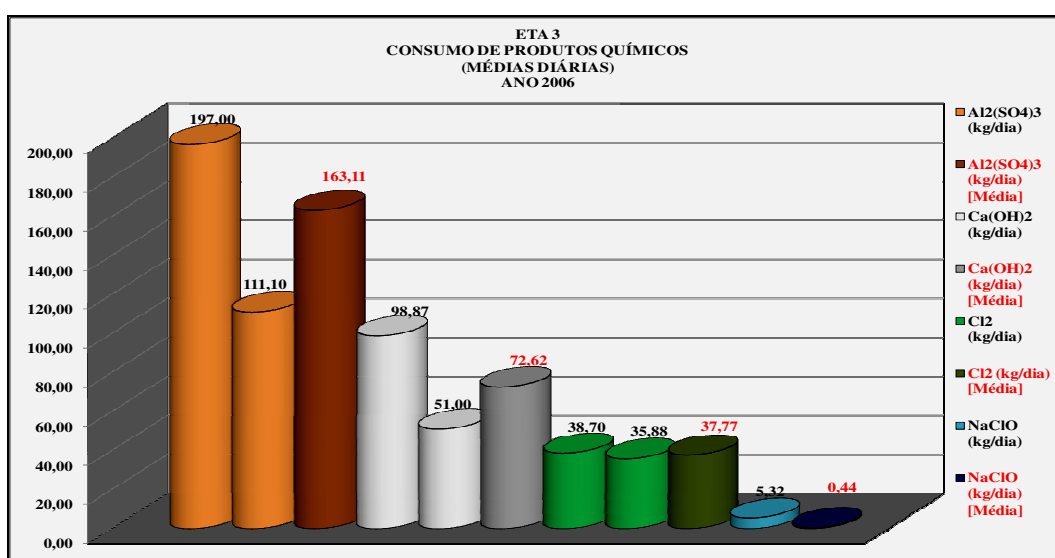


Gráfico 6.10 – Consumo de produtos químicos na ETA 3

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Como consequência, a quantidade de cal gasta também se eleva, pois com maior adição de coagulante, o pH da água coagulada fica menor, aumentando sua acidez que será magnificada com a dosagem do cloro gasoso, tendo, então, a necessidade do aumento da dosagem da solução de cal hidratada.

Os consumos do cloro gasoso e do hipoclorito de sódio estão dentro da normalidade, pois o primeiro é dosado para que o seu valor residual seja de 2,5 ppm, devido a longa distância até os reservatórios de distribuição que estão localizados no centro do município de Itaboraí e, quanto ao segundo, foram gastos em substituição ao cloro quando da ocorrência de

problemas no sistema de desinfecção, como pode ser observado na Figura 6.18, pela quantidade gasta, foram poucos os períodos em que o sistema de cloração ficou fora de carga.

A relação entre os valores médios diários do Gráfico 6.10 e os volumes aduzido e distribuído no Gráfico 6.9, fornece, em ppm(g/m<sup>3</sup>), como mostra a Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 3. Valores médios diários.

| <b>Produtos Químicos<br/>(Valores médios)</b> | <b>Quantidades<br/>(kg/dia)</b> | <b>Volume<br/>Tratado<br/>(m<sup>3</sup>/dia)</b> | <b>Volume<br/>Distribuído<br/>(m<sup>3</sup>/dia)</b> | <b>Dosagens<br/>em ppm<br/>(g/m<sup>3</sup>).</b> |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Sulfato de alumínio sólido</b>             | 163,11                          | 11.779,13                                         | -                                                     | <b>13,85</b>                                      |
| <b>Cal hidratada</b>                          | 72,62                           | -                                                 | 9.603,00                                              | <b>7,56</b>                                       |
| <b>Cloro gasoso</b>                           | 37,77                           | -                                                 | 9.603,00                                              | <b>3,93</b>                                       |
| <b>Hipoclorito de sódio</b>                   | 5,32                            | -                                                 | 9.603,00                                              | <b>0,55</b>                                       |

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

#### • **Parâmetros Físico-Químicos da Água Bruta e a Geração de Resíduos na ETA 3**

No Gráfico 6.11, observa-se que os valores da cor aparente apresentam entre os valores máximos e mínimos, grande amplitude, sendo o primeiro valor sete vezes maior que o segundo, caracterizando os períodos de chuvas intensas e os períodos de estiagem, respectivamente, que são bem marcantes nesta região.

As características físico-químicas da água bruta que abastece a ETA 3 representam, em síntese, as dinâmicas ambientais da maior parte da bacia hidrográfica dos rios Guapi-Macacu.

Toda a área de drenagem desta bacia hidrográfica tem cerca de 1.640 km<sup>2</sup>, com uma população residente estimada em cerca de 106.000 habitantes (IBGE, 2007), abrangendo os municípios de Cachoeiras de Macacu, onde 90% de sua área estão situados na nesta bacia, Guapimirim, com 95% e o município de Itaboraí com 12% (Helder, 2001).

Com relação à turbidez, os valores não são tão altos quanto os da cor aparente, mas também indicam a mesma situação anterior com relação à qualidade da água, sendo que o valor máximo é cerca de cinco vezes o valor mínimo.

O pH da água bruta se comporta baixo quando os valores da cor e da turbidez se elevam, devido ao aumento de quantidade de materiais dissolvidos e/ou em suspensão na

água, isso ocorre em períodos chuvosos e se eleva mantendo-se estável quando há uma longa estiagem, sem que haja qualquer perturbação na água de natureza química.

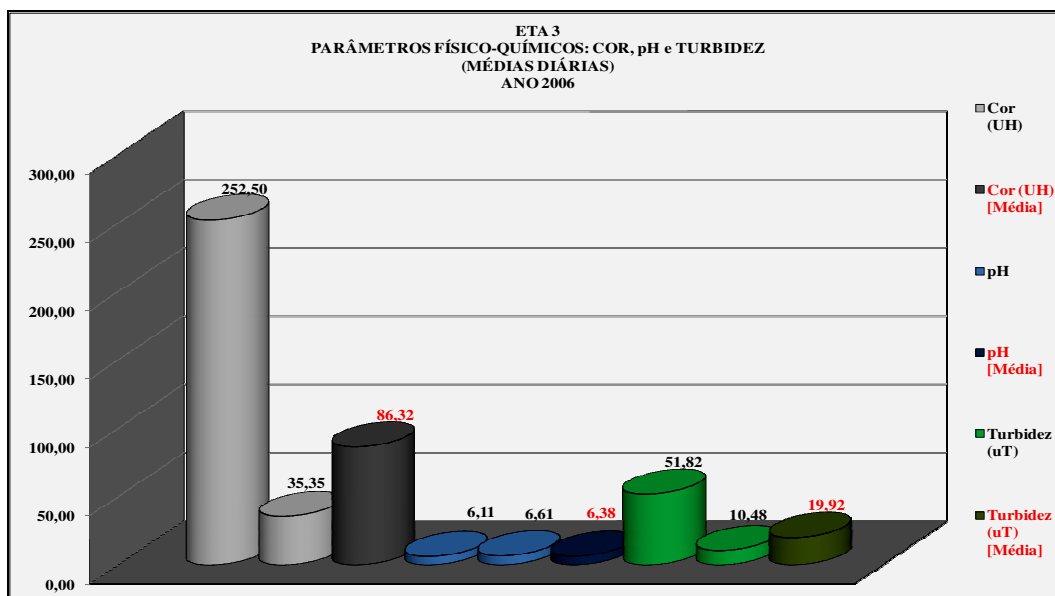


Gráfico 6.11 – Parâmetros físico-químicos da água bruta afluente a ETA 3  
Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Os resíduos gerados na ETA 3 serão estimados através da fórmula pesquisada pela Water Research Center (WCR), baseando-se nos valores médios diários dos parâmetros cor e turbidez, constantes no Gráfico 6.10, utilizando também o valor calculado da dosagem do sulfato de alumínio da Tabela 6.3.

Os cálculos são dados a seguir:

$T = 19,92 \text{ uT}$  (turbidez);  $C = 86,32 \text{ uH}$  (cor aparente);  $D = 13,85 \text{ g/m}^3$  (dosagem do sulfato de alumínio);  $Q = 1,36 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{s}$  (vazão da água bruta).

$$P = (1,2 \times T + 0,07 \times C + k \times D + A) \times 10^{-3} \quad (12)$$

$$P = (1,2 \times 19,92 + 0,07 \times 86,32 + 0,26 \times 13,85 + 0) \times 10^{-3} = 3,35 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^3.$$

$$P = 3,35 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^3.$$

$$W = 86.400 \times P \times Q = 8,64 \times 10^4 \times 3,35 \times 10^{-2} \times 1,36 \times 10^{-1} = 3,94 \times 10^2 \text{ kg/dia.} \quad (13)$$

$$W = 3,94 \times 10^2 \text{ kg/dia.}$$

Considerando o valor de W - Quantidade de sólidos secos (kg/dia) - pode ser estimada a quantidade de sólidos secos que esta ETA pode produzir em um ano, ficando o seguinte valor:

$$S = W \times 365 = 3,94 \times 10^2 \text{ kg/dia} \times 365 \text{ dias} = 1,44 \times 10^5 \text{ kg/ano.} \quad (14)$$

$$S = 1,44 \times 10^5 \text{ kg/ano.}$$

Dentro das condições apresentadas, esta ETA pode produzir, aproximadamente, 144 toneladas de resíduos por ano, na realização do tratamento da água, mostrando a necessidade da disposição adequada de seus resíduos.

- **Consumos e Custos Mensais da Energia Elétrica na ETA 3**

No Gráfico 6.12 mostra que a energia elétrica na ETA 3 não apresenta valores elevados, em relação às demais unidades, considerando o kWh consumido e os valores cobrados pela concessionária, em reais.

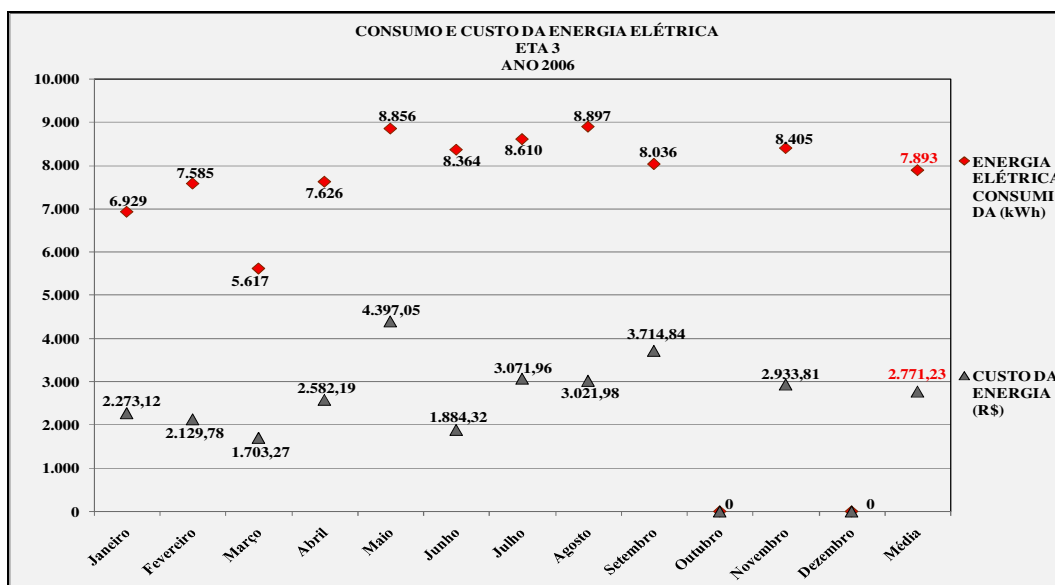


Gráfico 6.12 – Consumo e custo da energia elétrica na ETA3

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

A ressalva que deve ser feita neste caso, especificamente, está relacionada ao grande volume perdido por esta unidade nos seus processos de tratamento, pois boa parte da energia paga se perdeu com o volume perdido.

- **Recursos Humanos na ETA 3**

A composição dos recursos humanos alocados na ETA 3 mostra que o nível de escolaridade melhorou se for feita uma comparação com as ETAs 1 e 2.

Na ETA 3 todos os operadores concluíram o segundo grau e, também, participaram, no SENAI, localizado no município de São Gonçalo, do curso Teoria e Técnica de Tratamento de Água, que tinha como objetivo a melhoria na qualificação dos funcionários.

A falta de EPIs e da atuação de uma CIPA ou algum profissional que atuasse como seu representante também ocorre nesta ETA, não sendo contemplado um programa efetivo de segurança e saúde ocupacional para os profissionais que nela atuem e os riscos aos quais estes estão expostos, como o manuseio de produtos químicos (sulfato de alumínio, cal hidratada, cloro gás, hipoclorito de sódio e etc.).

### 6.1.5. Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 4

A ETA 4 é abastecida com água bruta captada no canal do Imunana, sendo utilizado o sistema Imunana-Laranjal, que também abastece as ETAs 3 e 5. A Figura 6.9 mostra a ETA 4.



Figura 6.9 – Vista da ETA 4. Fonte: Arquivo do Autor (2006).

A captação para o abastecimento desta ETA é efetuada em um trecho inferior da bacia principal, recebendo contribuições das sub-bacias dos rios Macacu e Guapiaçu, ficando a jusante das tomadas de água que fazem os mais diversos usos e a montante de outro rio importante, o Guapimirim (Helder, 1999).

O canal do Imunana está localizado na bacia hidrográfica do Guapi-Macacu, onde segundo Helder (1999), esta é limitada ao Norte e Noroeste pela Serra dos Órgãos à Nordeste pela Serra de Macaé de Cima, à Leste pelas Serras das Botija e de Monte Azul e ao Sul pelas Serras do Sambê e das Garcias.

O Departamento Nacional de Obras e Saneamento – DNOS construiu o canal, para que áreas adjacentes, que freqüentemente inundavam fossem drenadas (Helder, 1999).

O Quadro 6.4 mostra, em números, a dinâmica operacional da ETA 4, sendo avaliada nos tópicos seguintes.



| QUADRO DE PRODUTIVIDADE DA ETA 4 - ANO 2006               |                                                 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |           |          |           |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| DESCRIÇÃO                                                 |                                                 | Unidade   | Janeiro   | Fevereiro | Março     | Abril     | Mai       | Junho     | Julho     | Agosto    | Setembro  | Outubro  | Novembro  | Dezembro | Média     |
| Vazão média                                               |                                                 | L/s       | 97,40     | 99,60     | 93,50     | 99,80     | 100,00    | 100,00    | 97,20     | 100,00    | 99,83     | 96,13    | 95,10     | 96,77    | 97,94     |
| Volume médio diário aduzido                               |                                                 | m³        | 8.415,36  | 8.605,44  | 8.078,40  | 8.622,72  | 8.640,00  | 8.640,00  | 8.398,08  | 8.640,00  | 8.625,31  | 8.305,63 | 8.216,64  | 8.360,93 | 8.462,38  |
| Características da Água Bruta (média diária)              | Cor                                             | uH        | 252,50    | 146,75    | 97,05     | 101,36    | 51,52     | 42,11     | 35,35     | 51,71     | 47,50     | 52,96    | 70,76     | 86,27    | 86,32     |
|                                                           | pH                                              |           | 6,17      | 6,11      | 6,44      | 6,43      | 6,46      | 6,32      | 6,61      | 6,50      | 6,26      | 6,52     | 6,37      | 6,37     | 6,38      |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | 51,82     | 28,74     | 23,85     | 25,25     | 12,87     | 12,22     | 10,48     | 13,48     | 11,30     | 12,18    | 16,91     | 19,94    | 19,92     |
| Consumo médio de Produtos Químicos                        | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Kg/dia    | 180,30    | 162,50    | 125,00    | 122,70    | 100,30    | 88,00     | 67,90     | 103,10    | 116,00    | 120,97   | 131,17    | 151,39   | 122,44    |
|                                                           | Ca(OH) <sub>2</sub>                             | Kg/dia    | 49,30     | 44,80     | 40,60     | 37,30     | 26,50     | 29,70     | 23,70     | 32,74     | 30,17     | 36,61    | 36,33     | 51,94    | 36,64     |
|                                                           | Cl <sub>2</sub>                                 | Kg/dia    | 25,90     | 26,50     | 26,60     | 26,70     | 26,80     | 26,80     | 26,00     | 26,76     | 26,72     | 26,58    | 26,30     | 26,76    | 26,54     |
|                                                           | NaClO                                           | Kg/dia    | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00     | 0,00      | 0,00     | 0,00      |
| Média_filtros lavados                                     |                                                 | Unid./dia | 6,70      | 7,90      | 8,00      | 7,87      | 8,00      | 8,00      | 7,87      | 8,00      | 8,00      | 7,73     | 8,00      | 7,61     | 7,81      |
| Vazão lavagens_filtros (média diária)                     |                                                 | L/s       | 97,40     | 99,60     | 93,50     | 99,80     | 100,00    | 100,00    | 97,20     | 100,00    | 99,83     | 96,13    | 95,10     | 96,77    | 97,94     |
| Tempo gasto_lavagem/filtro (unidade)                      |                                                 | min       | 11:16:00  | 12:07:00  | 14:35:00  | 13:48:00  | 13:42:00  | 14:28:00  | 15:00:00  | 15:00:00  | 15:00:00  | 15:10:00 | 15:00:00  | 15:00:00 | 14:10:30  |
| Vol. diário gasto_lav._filtros (água decantada)           |                                                 | m³        | 453,32    | 574,70    | 700,65    | 625,27    | 657,50    | 695,00    | 688,50    | 720,00    | 718,78    | 676,46   | 684,72    | 740,65   | 661,30    |
| Vol. diário gasto_descargas_decantadores                  |                                                 | m³        | 6,45      | 6,50      | 6,30      | 5,17      | 10,50     | 8,50      | 4,38      | 4,50      | 4,50      | 7,53     | 6,11      | 10,28    | 6,73      |
| Vol. diário gasto_lav._decantadores                       |                                                 | m³        | 8,93      | 0,00      | 8,93      | 0,00      | 0,00      | 8,93      | 0,00      | 8,93      | 0,00      | 8,93     | 0,00      | 0,00     | 3,72      |
| Vol. diário gasto_início_lav._filtros (água decantada)    |                                                 | m³        | 68,34     | 80,58     | 81,60     | 80,27     | 81,60     | 81,60     | 80,27     | 81,60     | 81,60     | 78,85    | 81,60     | 77,62    | 79,63     |
| Vol.diário total gasto_lav._filtros e decant. + descargas |                                                 | m³        | 537,04    | 661,78    | 797,48    | 710,71    | 749,60    | 794,03    | 773,15    | 815,03    | 804,88    | 771,77   | 772,43    | 828,55   | 751,37    |
| Perda_lavagens_filtros (diária)                           |                                                 | %         | 5,39      | 6,68      | 8,67      | 7,25      | 7,61      | 8,04      | 8,20      | 8,33      | 8,33      | 8,14     | 8,33      | 8,86     | 7,82      |
| Perda_descargas_decantadores                              |                                                 | %         | 0,08      | 0,08      | 0,08      | 0,06      | 0,12      | 0,10      | 0,05      | 0,05      | 0,05      | 0,09     | 0,07      | 0,12     | 0,08      |
| Perda_lavagens_decantadores (água decantada)              |                                                 | %         | 0,11      | 0,00      | 0,11      | 0,00      | 0,00      | 0,10      | 0,00      | 0,10      | 0,00      | 0,11     | 0,00      | 0,00     | 0,04      |
| Perda_início_lavagens_filtros (água decantada)            |                                                 | %         | 0,81      | 0,94      | 1,01      | 0,93      | 0,94      | 0,94      | 0,96      | 0,94      | 0,95      | 0,95     | 0,99      | 0,93     | 0,94      |
| Perdas totais                                             |                                                 | %         | 6,38      | 7,69      | 9,87      | 8,24      | 8,68      | 9,19      | 9,21      | 9,43      | 9,33      | 9,29     | 9,40      | 9,91     | 8,89      |
| Características da Água Tratada (média diária)            | Cor                                             | uH        | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -        | -         | -        | -         |
|                                                           | pH                                              |           | 6,80      | 6,90      | 7,00      | 7,20      | 7,10      | 6,90      | 7,20      | 6,80      | 7,00      | 7,00     | 6,90      | 7,20     | 7,00      |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -        | -         | -        | -         |
| Volume médio diário distribuído                           |                                                 | m³        | 7.878,32  | 7.943,66  | 7.280,92  | 7.912,01  | 7.890,40  | 7.845,97  | 7.624,93  | 7.824,97  | 7.820,43  | 7.533,87 | 7.444,21  | 7.532,38 | 7.711,00  |
| Energia elétrica consumida                                |                                                 | kwh       | 51.045    | 50.061    | 48.216    | 51.291    | 49.815    | 48.831    | 50.307    | 50.922    | 37.023    | -        | 50.757    | -        | 48.827    |
| Custo da Energia elétrica                                 |                                                 | R\$       | 12.729,10 | 11.575,70 | 11.125,18 | 13.359,39 | 13.684,28 | 17.799,49 | 16.343,15 | 16.679,65 | 21.185,60 | -        | 18.555,89 | -        | 15.303,74 |

Quadro 6.4 – Produtividade da ETA 4, referente ao ano de 2006. Fonte: Estudo acerca da produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).

- **Perdas Físicas na ETA 4**

A ETA 4 apresenta elevadas perdas físicas, como mostra o Gráfico 6.13, com índices próximos de 9%, sendo que deste total cerca de 88% do volume médio total perdido por esta unidade são decorrentes do processo das lavagens dos filtros, considerando que os filtros desta ETA são vasos comunicantes e autolaváveis, tendo, com isso, uma perda de carga que ocorre de forma quase simultânea, obrigando o operador a realizar duas lavagens por dia, sendo uma pela manhã e a outra à tarde.

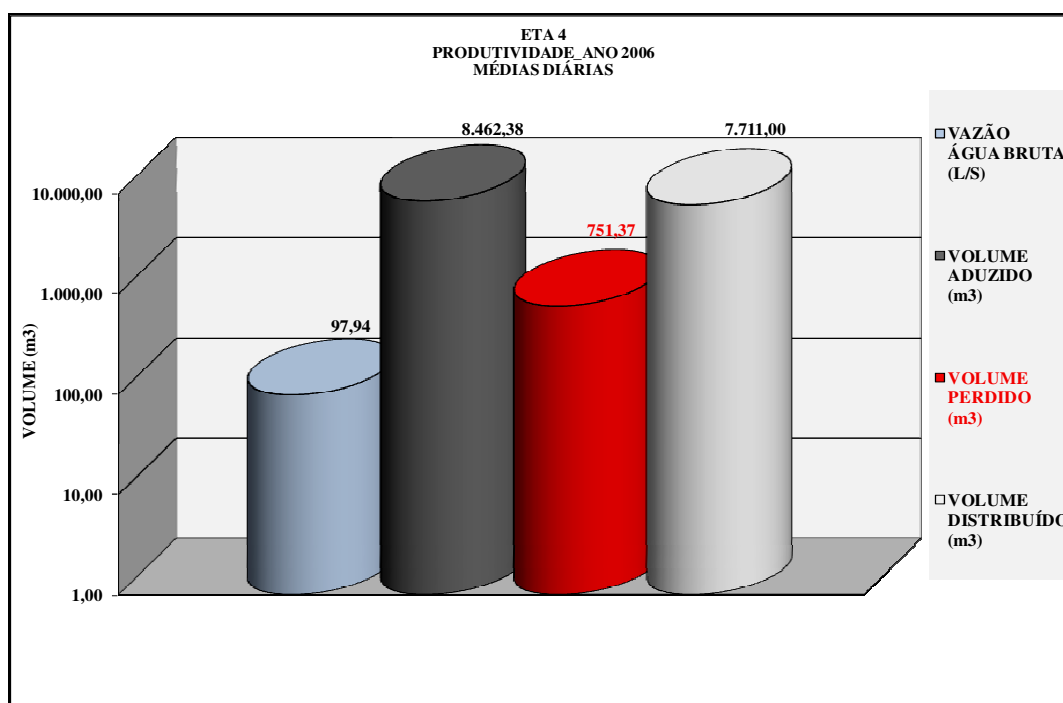


Gráfico 6.13 – As perdas físicas na ETA 4

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

As descargas nos decantadores eram realizadas a cada três horas, com duração de um minuto cada, pois através de uma avaliação realizada pelos responsáveis pela gerência da ETA 4, concluiu-se que após este tempo não haveria lodo junto com a água descartada, devido ao caminho preferencial que geralmente se forma na torta de lodo.

- **Consumo de Produtos Químicos**

O Gráfico 6.14 mostra que os consumos dos produtos químicos na ETA 4.

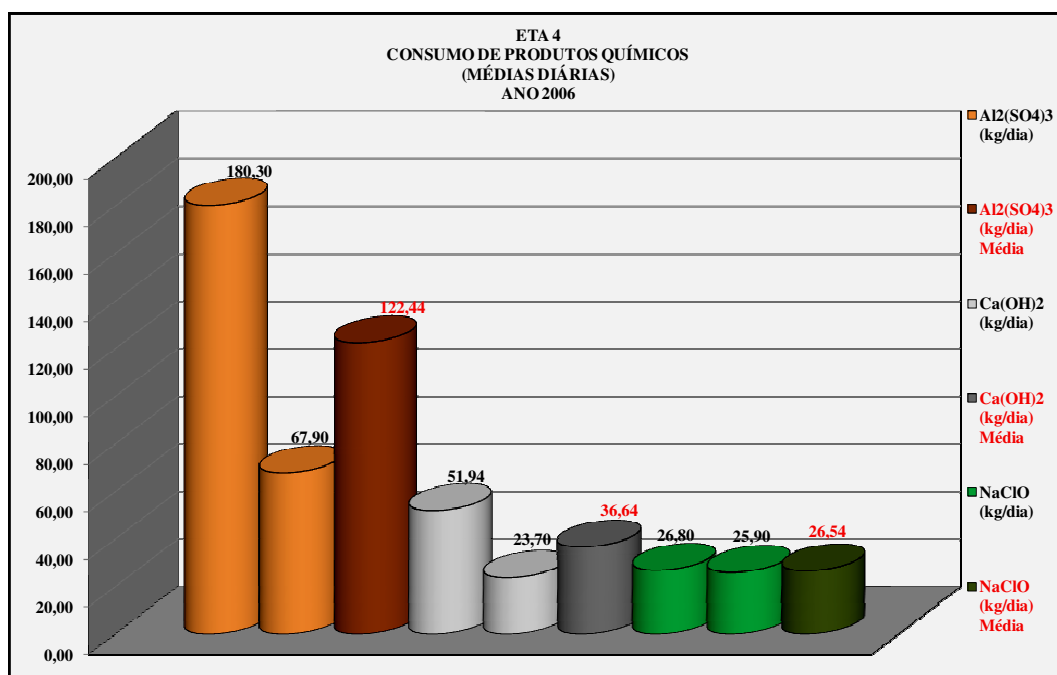


Gráfico 6.14 – Os produtos químicos consumidos na ETA 4.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Nesta unidade de tratamento os valores de sulfato de alumínio sólido consumidos apresentam um espaço maior entre máximo e mínimo, acompanhando o comportamento dos parâmetros físico-químicos da água bruta, podendo este ser um indicativo de melhor eficiência no processo de coagulação.

Quanto às quantidades consumidas de cal hidratada e cloro gasoso, estas se apresentam dentro da normalidade, cabendo ressaltar que o sistema de desinfecção desta ETA, trabalhou todo o tempo sem que apresentasse qualquer problema que fizesse necessário o uso do hipoclorito de sódio.

A relação entre os valores médios diários do Gráfico 6.14 e os volumes aduzido e distribuído no Gráfico 6.13, fornece, em ppm (parte por milhão), as dosagens médias dos produtos químicos consumidos, dando o consumo em g/m<sup>3</sup>, como mostra a Tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 4. Valores médios diários.

| Produtos Químicos<br>(Valores médios) | Quantidades<br>(kg/dia) | Volume<br>Tratado<br>(m <sup>3</sup> /dia) | Volume<br>Distribuído<br>(m <sup>3</sup> /dia) | Dosagens<br>em ppm<br>(g/m <sup>3</sup> ). |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Sulfato de alumínio sólido            | 122,44                  | 8.462,38                                   | -                                              | 14,47                                      |
| Cal hidratada                         | 36,64                   | -                                          | 7.711,00                                       | 4,75                                       |
| Cloro gasoso                          | 26,54                   | -                                          | 7.711,00                                       | 3,44                                       |

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

#### • Parâmetros Físico-Químicos da Água Bruta e a Geração de Resíduos na ETA 4

As avaliações deste tópico são as mesmas que constam no tópico 6.1.3, pois a água bruta afluyente à ETA 4 é proveniente do mesmo manancial da ETA 3.

Os resíduos gerados na ETA 4 serão estimados através da fórmula pesquisada pela Water Research Center – WCR, baseando-se nos valores médios diários dos parâmetros cor e turbidez, constantes no Gráfico 6.14, utilizando também o valor calculado da dosagem do sulfato de alumínio da Tabela 6.4, assim como a vazão média que se encontra no Gráfico 6.13.

Os cálculos são dados a seguir:

$T = 19,92$  uT (turbidez);  $C = 86,32$  uH (cor aparente);  $D = 14,47$  g/m<sup>3</sup> (dosagem do sulfato de alumínio);  $Q = 9,79 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/s (água bruta).

$$P = (1,2 \times T + 0,07 \times C + k \times D + A) \times 10^{-3} \quad (15)$$

$$P = (1,2 \times 19,92 + 0,07 \times 86,32 + 0,26 \times 14,47 + 0) \times 10^{-3} = 3,37 \times 10^{-2} \text{ kg/ m}^3.$$

$$P = 3,37 \times 10^{-2} \text{ kg/ m}^3.$$

$$W = 86.400 \times P \times Q = 8,64 \times 10^4 \times 3,37 \times 10^{-2} \times 9,79 \times 10^{-2} = 2,85 \times 10^2 \text{ kg/dia.} \quad (16)$$

$$\underline{W = 2,85 \times 10^2 \text{ kg/dia.}}$$

Considerando o valor de W - Quantidade de sólidos secos (kg/dia), pode ser estimada a quantidade de sólidos secos que esta ETA pode produzir em um ano, ficando o seguinte valor:

$$S = W \times 365 = 2,85 \times 10^2 \text{ kg/dia} \times 365 \text{ dias} = 1,04 \times 10^5 \text{ kg/ano.} \quad (17)$$

$$\underline{S = 1,04 \times 10^5 \text{ kg/ano.}}$$

Simplificando, dentro das condições apresentada, esta ETA pode produzir, pouco mais de 100 toneladas de resíduos por ano, na realização do tratamento da água, mostrando a necessidade da disposição adequada de seus resíduos.

- **Consumos e os Custos Mensais da Energia Elétrica na ETA 4**

O Gráfico 6.15 mostra valores de consumo e custo da energia elétrica nesta ETA, muito acima daqueles apresentados pelas três unidades anteriores.

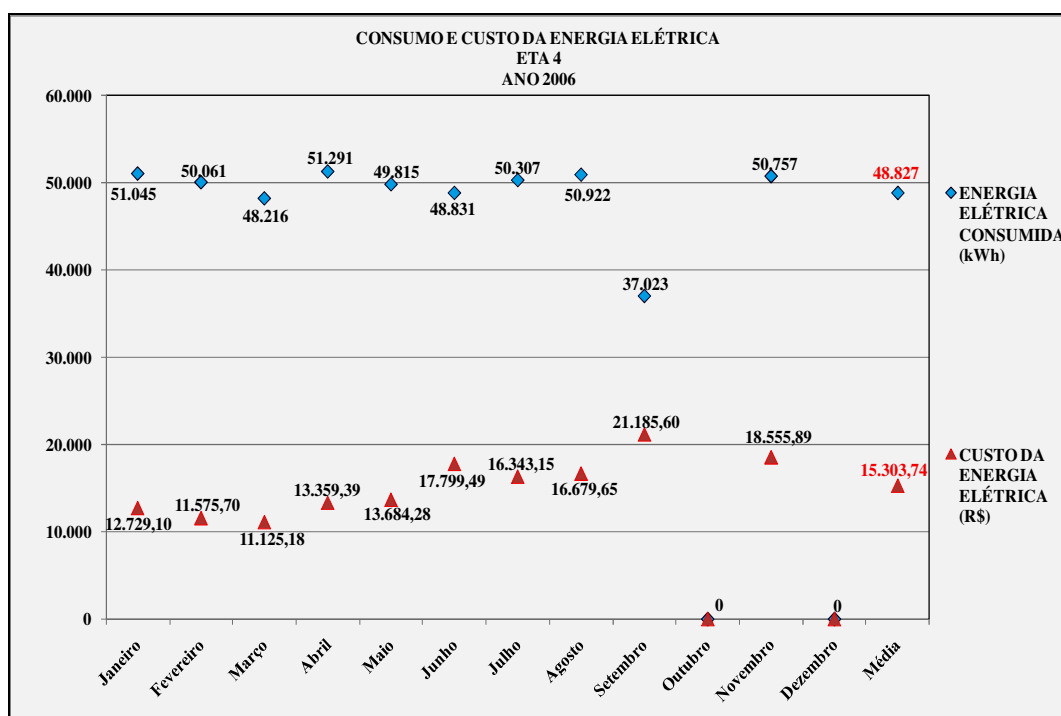


Gráfico 6.15 – Consumo e custo da energia na ETA 4

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Esses valores são devido a elevatória de água tratada a ser distribuída à população, como mostram as Figuras 6.10 e 6.11, sendo esta composta de quatro conjuntos moto-bombas de 50 HP cada, dois conjuntos de 15 HP cada e mais dois de 5 HP, todos com tensão de 220 V (Menezes, 2006), que fazem os valores da energia e, conseqüentemente, os custos financeiros sejam altos se forem comparados às outras unidades estudadas.



Figura 6.10 – Elevatória de água tratada.  
Fonte: Arquivo do Autor.



Figura 6.11 – Dois conjuntos menores.  
Fonte: Arquivo do Autor.

#### • Recursos Humanos na ETA 4

O quadro funcional desta ETA é um dos melhores dentre as seis ETAs pesquisadas, possuindo dois operadores com terceiro grau completo, sendo um formado em Educação Física e outro em Tecnólogo de Petróleo e Gás e os outros dois com ensino médio completo.

Vale destacar que os dois operadores conquistaram seus diplomas de nível superior, mas não foram de profissões ligadas diretamente ao saneamento ambiental, muito menos com a atividade de tratamento de água, cabendo ressaltar que com objetivo de melhorar a qualificação dos funcionários, a empresa, em parceria com o SENAI de São Gonçalo, montou um curso de atualização profissional, do qual todos estes profissionais participaram ativamente.

Considerando a segurança e a saúde ocupacional esta ETA não contempla itens essenciais relacionadas à segurança dos profissionais alocados nesta unidade, onde não se tem constituída uma CIPA ou de um profissional capacitado que pudesse representá-la. Decorrente disto não se verifica um mapa de risco confeccionado considerando as características da planta da ETA e as atividades exercidas pelos profissionais que nela atuam.

A época deste estudo não havia EPIs, para serem usados, à disposição dos profissionais assim como, qualquer placa elucidativa acerca dos riscos locais ou com orientações quanto a obrigatoriedade do uso dos EPIs.

### 6.1.6. Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 5

A captação da água bruta afluyente a ETA 5 é realizada no mesmo manancial que abastece as ETAs 3 e 4, sendo usado o sistema Imunana-Laranjal, como é denominado, devido ao fato que originalmente este abastecia somente a ETA Laranjal, localizada no município de São Gonçalo.

A Figura 6.12 mostra a vista do prédio da ETA 5.



Figura 6.12 – Vista do prédio da ETA 5. Fonte: Arquivo do autor.

A água que chega à ETA 5 é proveniente dos rios Macacu e Guapiaçu, sendo a do primeiro a bacia principal, tendo seu nascimento na Serra dos Órgãos, a cerca de 1.700 m de altitude, no município de Cachoeiras de Macacu, percorrendo cerca de 74 Km até a junção com o rio Guapimirim (Helder, 1999).

De acordo com Helder (1999) os principais afluentes do rio Macacu são, pela margem esquerda, os rios São Joaquim, Bela Vista, Bengala, Soarinho, das Pedras, Pontilhão e Alto Jacu, sendo pela margem direita os rios Duas Barras, Cassiano e Guapiaçu.

O Quadro 6.5 mostra a dinâmica operacional da ETA 5, que será avaliada nos tópicos seguintes.



| QUADRO DE PRODUTIVIDADE DA ETA 5 - ANO 2006               |                                                 |           |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| DESCRIÇÃO                                                 |                                                 | Unidade   | Janeiro  | Fevereiro | Março    | Abril    | Maió     | Junho    | Julho    | Agosto   | Setembro | Outubro  | Novembro | Dezembro | Média    |
| Vazão média                                               |                                                 | L/s       | 51,90    | 52,90     | 53,60    | 50,30    | 51,90    | 50,30    | 51,90    | 51,77    | 51,77    | 49,81    | 49,84    | 49,16    | 51,26    |
| Volume médio diário aduzido                               |                                                 | m³        | 4.484,16 | 4.570,56  | 4.631,04 | 4.345,92 | 4.484,16 | 4.345,92 | 4.484,16 | 4.472,93 | 4.472,93 | 4.303,58 | 4.306,18 | 4.247,42 | 4.429,08 |
| Características da Água Bruta (média diária)              | Cor                                             | uH        | 252,50   | 146,75    | 97,05    | 101,36   | 51,52    | 42,11    | 35,35    | 51,71    | 47,50    | 52,96    | 70,76    | 86,27    | 86,32    |
|                                                           | pH                                              |           | 6,17     | 6,11      | 6,44     | 6,43     | 6,46     | 6,32     | 6,61     | 6,50     | 6,26     | 6,52     | 6,37     | 6,37     | 6,38     |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | 51,82    | 28,74     | 23,85    | 25,25    | 12,87    | 12,22    | 10,48    | 13,48    | 11,30    | 12,18    | 16,91    | 19,94    | 19,92    |
| Consumo médio de Produtos Químicos                        | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Kg/dia    | 85,50    | 98,60     | 83,50    | 90,70    | 65,60    | 51,30    | 43,10    | 51,13    | 83,83    | 67,58    | 86,17    | 76,77    | 73,65    |
|                                                           | Ca(OH) <sub>2</sub>                             | Kg/dia    | 22,70    | 27,50     | 21,90    | 20,30    | 20,00    | 18,70    | 19,70    | 20,00    | 22,50    | 20,81    | 21,00    | 25,16    | 21,69    |
|                                                           | Cl <sub>2</sub>                                 | Kg/dia    | 10,20    | 10,20     | 10,20    | 9,90     | 9,90     | 9,90     | 9,90     | 9,84     | 9,95     | 9,25     | 9,41     | 9,10     | 9,81     |
|                                                           | NaClO                                           | Kg/dia    | 0,00     | 0,00      | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     |
| Média_filtros lavados                                     |                                                 | Unid./dia | 7,48     | 7,70      | 7,60     | 7,50     | 7,70     | 7,80     | 7,60     | 8,00     | 8,00     | 7,87     | 7,77     | 7,74     | 7,73     |
| Vazão lavagens_filtros (média diária)                     |                                                 | L/s       | 25,95    | 26,45     | 26,80    | 25,15    | 25,95    | 25,15    | 25,95    | 25,89    | 25,89    | 24,91    | 24,92    | 24,58    | 25,63    |
| Tempo gasto_lavagem/filtro (unidade)                      |                                                 | min       | 6:30:00  | 6:28:00   | 6:31:00  | 6:29:00  | 6:37:00  | 6:30:00  | 6:27:00  | 6:03:00  | 6:03:00  | 6:35:00  | 6:30:00  | 6:30:00  | 6:26:05  |
| Vol. diário gasto_lav._filtros (água decantada)           |                                                 | m³        | 75,70    | 79,02     | 79,64    | 73,38    | 79,33    | 76,50    | 76,32    | 75,18    | 75,18    | 77,44    | 77,75    | 74,19    | 76,64    |
| Vol. diário gasto_descargas_decantadores                  |                                                 | m³        | 26,73    | 31,76     | 21,20    | 28,30    | 26,90    | 30,40    | 29,00    | 28,32    | 28,32    | 27,27    | 28,09    | 27,75    | 27,84    |
| Vol. diário gasto_lav._decantadores                       |                                                 | m³        | 7,35     | 0,00      | 7,35     | 0,00     | 7,35     | 0,00     | 0,00     | 7,35     | 0,00     | 7,35     | 0,00     | 0,00     | 3,06     |
| Vol. diário gasto_início_lav._filtros (água decantada)    |                                                 | m³        | 19,28    | 19,90     | 16,20    | 20,90    | 20,10    | 19,80    | 19,40    | 41,24    | 41,24    | 39,90    | 41,24    | 39,91    | 28,26    |
| Vol.diário total gasto_lav._filtros e decant. + descargas |                                                 | m³        | 129,06   | 130,68    | 124,39   | 122,58   | 133,68   | 126,70   | 124,72   | 152,09   | 144,74   | 151,96   | 147,08   | 141,85   | 135,79   |
| Perda_lavagens_filtros (diária)                           |                                                 | %         | 1,69     | 1,73      | 1,72     | 1,69     | 1,77     | 1,76     | 1,70     | 1,68     | 1,68     | 1,80     | 1,81     | 1,75     | 1,73     |
| Perda_descargas_decantadores                              |                                                 | %         | 0,60     | 0,69      | 0,46     | 0,65     | 0,60     | 0,70     | 0,65     | 0,63     | 0,63     | 0,63     | 0,65     | 0,65     | 0,63     |
| Perda_lavagens_decantadores (água decantada)              |                                                 | %         | 0,16     | 0,00      | 0,16     | 0,00     | 0,16     | 0,00     | 0,00     | 0,16     | 0,00     | 0,17     | 0,00     | 0,00     | 0,07     |
| Perda_início_lavagens_filtros (água decantada)            |                                                 | %         | 0,43     | 0,44      | 0,35     | 0,48     | 0,45     | 0,46     | 0,43     | 0,92     | 0,92     | 0,93     | 0,96     | 0,94     | 0,64     |
| Perdas totais                                             |                                                 | %         | 2,88     | 2,86      | 2,69     | 2,82     | 2,98     | 2,92     | 2,78     | 3,40     | 3,24     | 3,53     | 3,42     | 3,34     | 3,07     |
| Características da Água Tratada (média diária)            | Cor                                             | uH        | -        | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
|                                                           | pH                                              |           | 7,10     | 7,00      | 7,20     | 7,10     | 7,10     | 7,00     | 7,20     | 6,90     | 7,00     | 7,20     | 7,10     | 7,00     | 7,08     |
|                                                           | Turbidez                                        | uT        | -        | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| Volume médio diário distribuído                           |                                                 | m³        | 4.355,10 | 4.439,88  | 4.506,65 | 4.223,34 | 4.350,48 | 4.219,22 | 4.359,44 | 4.320,84 | 4.328,19 | 4.151,62 | 4.159,10 | 4.105,57 | 4.293,29 |
| Energia elétrica consumida                                |                                                 | kwh       | 7.120    | 8.320     | 7.680    | 9.760    | 7.480    | 5.400    | 6.760    | 6.080    | 6.120    | -        | 9.160    | -        | 7.388    |
| Custo da Energia elétrica                                 |                                                 | R\$       | 2.380,30 | 2.711,15  | 2.514,05 | 3.308,14 | 2.534,55 | 1.865,86 | 2.241,28 | 2.068,09 | 2.033,87 | -        | 2.275,75 | -        | 2.393,30 |

Quadro 6.5 – Produtividade da ETA 5, referente ao ano de 2006. Fonte: Estudo acerca da produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).



- **Perdas Físicas na ETA 5**

As perdas físicas na ETA 5, mostradas no Gráfico 6.16, representam pouco mais que 3% do total do volume médio diário de água bruta aduzido, estando, de acordo com a literatura, dentro dos padrões de perdas de uma ETA, que devem ser de cerca de 5% (Ferreira Filho e Laje, 1999; Reali, 1999), para a realização das suas necessidades operacionais.

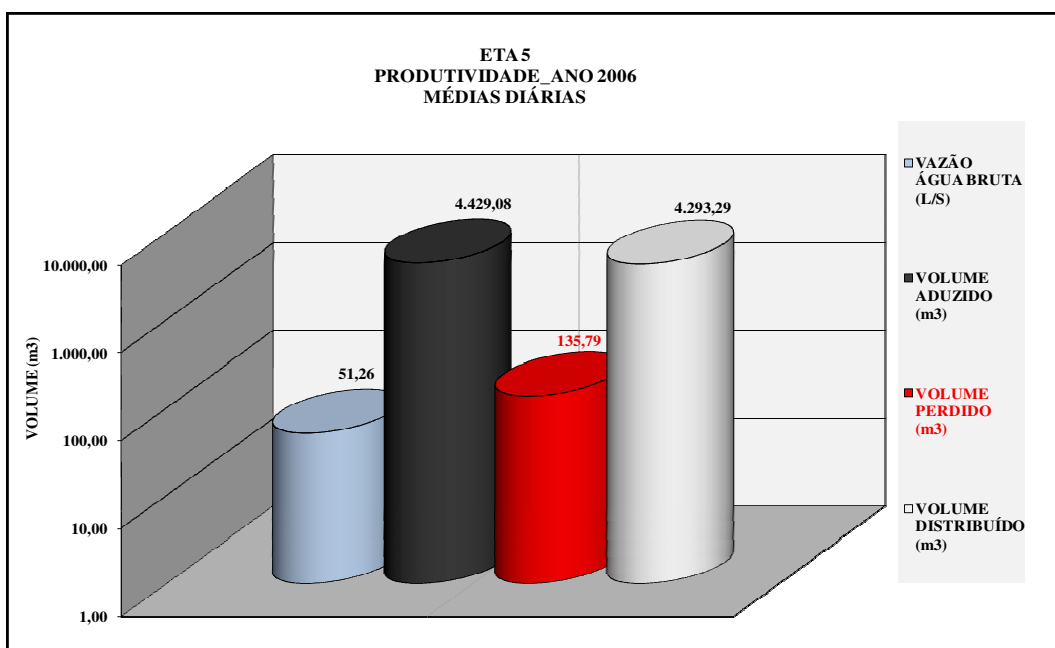


Gráfico 6.16 - As perdas físicas na ETA 5.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Apesar de seguir o padrão das demais ETAs estudadas até aqui, tendo nas águas de lavagens dos filtros, a maior parcela de suas perdas físicas, correspondendo a cerca de 56% do total do volume médio diário perdido, esta unidade mostra um índice bem menor de perdas com água de lavagens dos filtros em função do volume total perdido, que também é composto das águas provenientes das descargas dos decantadores.

Na Figura 6.13 pode ser visto a lavagem de um filtro sendo executada, em sistema de filtros autolaváveis, mostrando a enorme quantidade de água que se perde neste processo, pois quando da lavagem de outro filtro, espera-se que todos estejam cheios até a borda e depois a água do que será lavado será descartada, para que com a diferença de nível em relação aos demais a lavagem possa ser processada.



Figura 6.13 – Filtro sendo lavado. Fonte: Arquivo do autor (2006).

O descarte de lodo pode ser visto na Figura 6.14, que é feito através de descargas dadas no decantador, com intervalos de três em três horas, totalizando oito descargas em cada plantão de vinte quatro horas.



Figura 6.14 – Descargas de um decantador. Fonte: Arquivo do autor (2006).

- **Consumo de Produtos Químicos na ETA 5**

Esta ETA, no Gráfico 6.17, mostra o maior consumo de sulfato de alumínio, considerando o volume médio de água bruta captada diariamente, sendo for comparado com as ETAs 3 e 4.

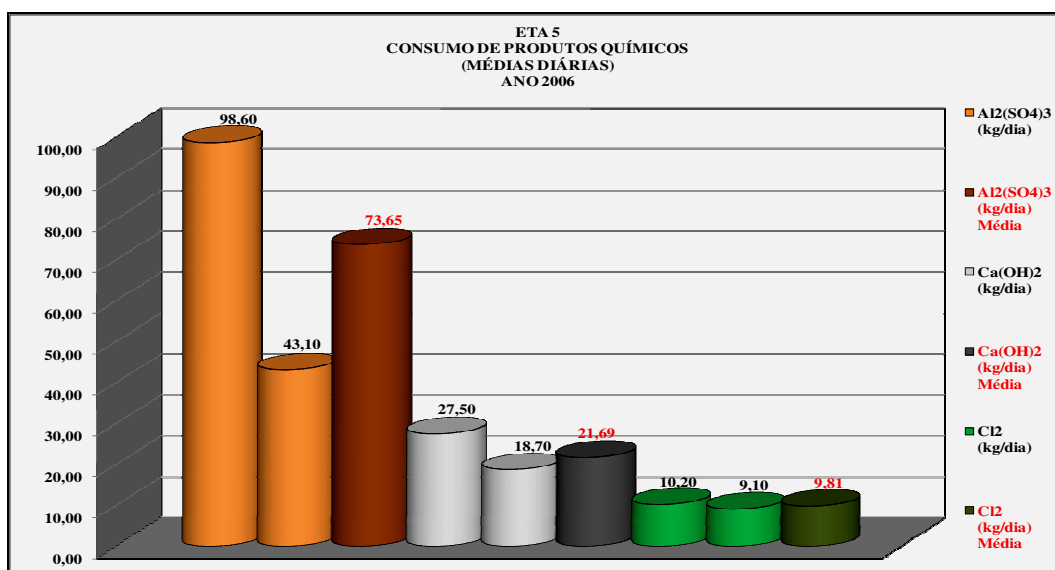


Gráfico 6.17 - Produtos químicos consumidos na ETA 5

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Com relação ao consumo de cal hidratada, este se mantém um pouco elevado devido ao consumo do coagulante, considerando as dosagens constantes na Tabela 6.5, pois este ao ser adicionado à água bruta, faz com que o valor de seu pH diminua, fazendo-se necessário para a retomada do equilíbrio a adição de um alcalinizante, neste caso a cal hidratada.

Tabela 6.5 – Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 5. Valores médios diários.

| Produtos Químicos<br>(Valores médios) | Quantidades<br>(kg/dia) | Volume<br>Tratado<br>(m <sup>3</sup> /dia) | Volume<br>Distribuído<br>(m <sup>3</sup> /dia) | Dosagens<br>em ppm<br>(g/m <sup>3</sup> ). |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Sulfato de alumínio sólido            | 73,65                   | 4.429,08                                   | -                                              | 16,63                                      |
| Cal hidratada                         | 21,69                   | -                                          | 4.293,29                                       | 5,05                                       |
| Cloro gasoso                          | 9,81                    | -                                          | 4.293,29                                       | 2,28                                       |

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

A relação entre os valores médios diários da Figura 6.31 e os volumes aduzido e distribuído, do Gráfico 6.16, pode fornecer, em ppm (parte por milhão), as dosagens médias dos produtos químicos consumidos, dando o consumo em  $\text{g/m}^3$ .

- **Parâmetros Físico-Químicos na Água Bruta e a Geração de Resíduos na ETA 5**

As avaliações deste tópico são as mesmas que constam no tópico 6.1.3, pois a água bruta que é captada para abastecer a ETA 5 é proveniente do mesmo manancial que abastece as ETAs 3 e 4.

Os resíduos gerados na ETA 5 serão estimados através da fórmula pesquisada pela Water Research Center (WCR), baseando-se nos valores médios diários dos parâmetros cor e turbidez, constantes no Gráfico 6.17, utilizando também o valor calculado da dosagem do sulfato de alumínio da Tabela 6.5.

Os cálculos são dados a seguir:

$T = 23,98 \text{ uT}$  (turbidez);  $C = 48,54 \text{ uH}$  (cor aparente);  $D = 16,63 \text{ g/m}^3$  (dosagem de sulfato de alumínio);  $Q = 5,13 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$  (vazão da água bruta).

$$P = (1,2 \times T + 0,07 \times C + k \times D + A) \times 10^{-3} \quad (18)$$

$$P = (1,2 \times 23,98 + 0,07 \times 48,54 + 0,26 \times 16,63 + 0) \times 10^{-3} = 3,65 \times 10^{-2} \text{ kg/ m}^3.$$

$$\underline{P = 3,65 \times 10^{-2} \text{ kg/ m}^3.}$$

$$W = 86.400 \times P \times Q = 8,64 \times 10^4 \times 3,65 \times 10^{-2} \times 5,13 \times 10^{-2} = 1,62 \times 10^2 \text{ kg/dia.} \quad (19)$$

$$\underline{W = 1,62 \times 10^2 \text{ kg/dia.}}$$

Considerando o valor da quantidade de sólidos secos (W), pode ser estimada a quantidade de sólidos secos que esta ETA pode produzir em um ano, ficando o seguinte valor:

$$S = W \times 365 = 1,62 \times 10^2 \text{ kg/dia} \times 365 \text{ dias} = 5,91 \times 10^4 \text{ kg/ano.} \quad (20)$$

$$\underline{S = 5,91 \times 10^4 \text{ kg/ano.}}$$

Dentro das condições apresentada, esta ETA pode produzir pouco mais de 59 toneladas de resíduos por ano, na realização do tratamento da água, que mesmo não sendo uma quantidade tão expressiva quanto às demais, ainda assim é um valor a se considerado para tomadas de medidas com objetivo de disponibilizá-lo adequadamente.

- **Consumos e Custos Mensais da Energia Elétrica na ETA 5**

O Gráfico 6.18 mostra que, o consumo de energia diminui em até 45% nos períodos de estiagem, sendo devido a alguns períodos afetados pela escassez de água no manancial, sendo necessária a redução da vazão, usando somente um módulo para a realização do tratamento da água.

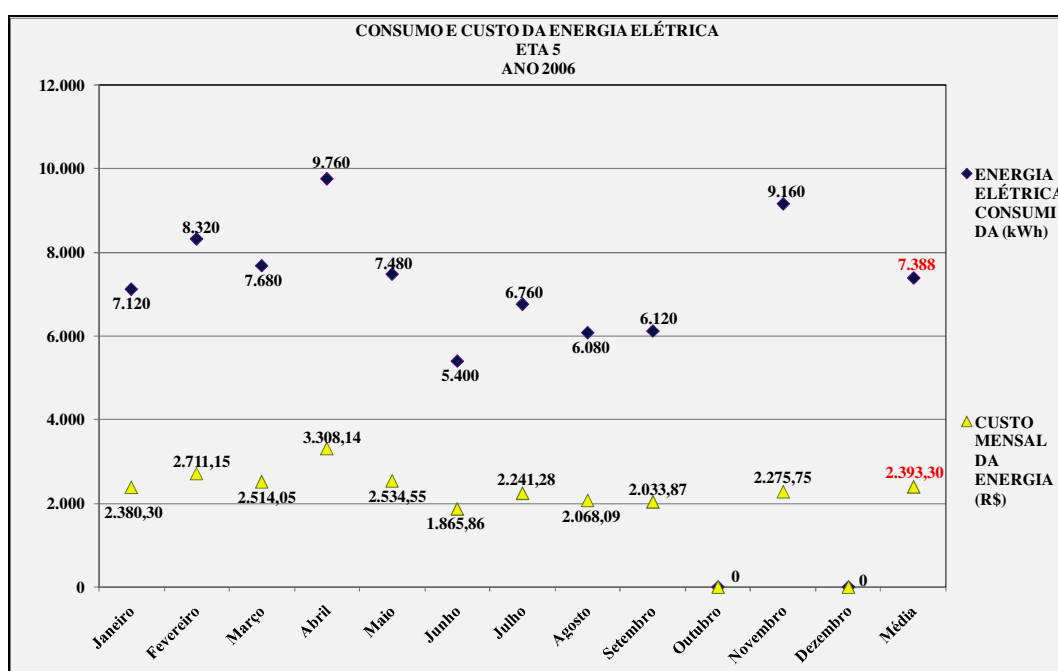


Gráfico 6.18 - Consumo e custo da energia elétrica na ETA 5.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Os valores e os custos da energia consumida na ETA 5 não se apresentam elevados em comparação às outras quatro ETAs já pesquisadas.

A ETA 5 é dotada de dois floculadores mecânicos, além de quatro misturadores que são usados para o preparo das soluções de sulfato de alumínio e de cal hidratada, sendo neste

caso, um ligado, mantendo a suspensão na solução permanentemente, no taque que está dosando a cal hidratada.

- **Recursos Humanos na ETA 5**

Considerando a questão do grau de escolaridade dos operadores, esta ETA se equivale com a anterior, com dois operadores com cursos de nível superiores concluídos e dois com ensino médio concluído.

Os operadores que concluíram o ensino médio o fizeram sem que escolhessem qualquer curso técnico.

Dos operadores que concluíram o terceiro grau, um se formou em Tecnólogo em Petróleo e Gás e o outro em Biólogo.

Este último foi o que apresentou uma formação acadêmica que mais se aproxima das atividades ligadas ao tratamento da água, não sendo de grande proveito devido ao fato da ETA 5, assim com as demais ETAs, não possuir um laboratório que realize análises de pesquisas ligadas às atividades de um Biólogo.

Com objetivo de melhorar a qualificação dos funcionários, a empresa, em parceria com o SENAI de São Gonçalo, montou um curso de atualização profissional, do qual todos estes profissionais participaram ativamente.

Nesta ETA pode ser verificada a ausência de uma CIPA constituída ou de um representante seu como determina a NR-5, considerando a falta de cartazes elucidativos quanto ao uso dos EPIs e outros procedimentos relacionados à segurança do trabalhador, deixando evidente que esta é mais uma unidade onde há a falta de uma política específica voltada para o gerenciamento da questão da segurança de saúde ocupacional.



### 6.1.7. Avaliações dos Dados Operacionais na ETA 6

A captação da água bruta afluyente à ETA 6, mostrado na Figura 6.33, está a uma distancia de, aproximadamente, 6.100 metros da ETA 6, localizado no rio Ubatiba, pertencente a bacia hidrográfica da lagoa de Maricá, estando localizado nas coordenadas geográficas de 22° 55' 12'' para latitude e 42° 48' 52'' para longitude (Menezes, 2006), no distrito de Ubatiba no município de Maricá.

O abastecimento da ETA 2 é, realizado por uma estação elevatória de água bruta que é composta de um conjunto moto-bomba de 31 HP, um de 30 HP e outro de 88 HP, todos trabalhando com uma tensão de 220V, tendo uma adutora que está dividida em dois trechos, tendo o primeiro 250 mm e o segundo 150 mm de diâmetro (Menezes, 2006).

A Figura 6.15 mostra a captação no rio Ubatiba.



Figura 6.15 – Captação Rio Ubatiba. Fonte: Menezes (2006).

A Figura 6.16 mostra a vista do prédio da ETA 6.



Figura 6.16 – Vista da ETA 6. Fonte: Menezes (2006).

A bacia hidrográfica deste manancial, apesar da presença do homem, em atividades rurais, apresenta pouca capacidade de fornecimento de água e apresenta muita matéria dissolvida que faz com que os valores de seu pH sejam relativamente altos, variando muito pouco durante o ano.

Com os dados da ETA 6, referentes ao ano de 2006, serão avaliados os valores médios diários dos consumos de sulfato de alumínio, cal hidratada, cloro gasoso e hipoclorito de sódio, expressos em kg/dia, além dos valores do pH da água bruta.

A avaliação dos parâmetros cor e turbidez, não será possível devido a falta de equipamentos que pudessem aferir estes parâmetros, sendo eles: turbidímetro, colorímetro e pHgâmetro.

As medidas do pH e do residual de cloro, eram feitas com os reagentes azul de bromotimol e ortotolidina, respectivamente.

O Quadro 6.6 mostra, numericamente, a dinâmica operacional da ETA 6, que será avaliada nos tópicos seguintes.



| QUADRO DE PRODUTIVIDADE DA ETA 6 - ANO 2006               |                                                 |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| DESCRIÇÃO                                                 | Unidade                                         | Janeiro  | Fevereiro | Março    | Abril    | Maio     | Junho    | Julho    | Agosto   | Setembro | Outubro  | Novembro | Dezembro | Média    |
| Vazão média                                               | L/s                                             | 56,80    | 65,00     | 62,00    | 65,10    | 63,20    | 60,90    | 62,90    | 62,66    | 61,90    | 88,30    | 86,40    | 76,97    | 67,68    |
| Volume médio diário aduzido                               | m <sup>3</sup>                                  | 4.907,52 | 5.616,00  | 5.356,80 | 5.624,64 | 5.460,48 | 5.261,76 | 5.434,56 | 5.413,82 | 5.348,16 | 7.629,12 | 7.464,96 | 6.650,21 | 5.847,34 |
| Características da Água Bruta (média diária)              | Cor                                             | uH       | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
|                                                           | pH                                              |          | 6,72      | 6,68     | 6,69     | 6,73     | 6,67     | 6,70     | 6,71     | 6,70     | 6,68     | 6,69     | 6,70     | 6,65     |
|                                                           | Turbidez                                        | uT       | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| Consumo médio de Produtos Químicos                        | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Kg/dia   | 129,70    | 147,10   | 127,60   | 163,50   | 148,40   | 114,30   | 90,20    | 89,03    | 116,17   | 133,23   | 169,83   | 247,42   |
|                                                           | Ca(OH) <sub>2</sub>                             | Kg/dia   | 35,50     | 33,20    | 31,80    | 28,30    | 35,20    | 33,00    | 24,20    | 35,48    | 34,83    | 36,61    | 47,67    | 53,87    |
|                                                           | Cl <sub>2</sub>                                 | Kg/dia   | 15,60     | 17,70    | 17,50    | 17,90    | 17,30    | 17,20    | 17,20    | 17,17    | 16,92    | 23,15    | 23,32    | 20,02    |
|                                                           | NaClO                                           | Kg/dia   | 5,20      | 7,90     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     | 0,00     |
| Média_filtros lavados                                     | Unid./dia                                       | 2,50     | 2,50      | 1,87     | 2,10     | 2,30     | 2,50     | 2,40     | 2,71     | 2,30     | 1,90     | 2,14     | 2,06     | 2,27     |
| Vazão lavagens_filtros (média diária)                     | L/s                                             | 143,00   | 143,00    | 143,00   | 143,00   | 143,00   | 143,00   | 143,00   | 143,00   | 143,00   | 143,00   | 143,00   | 143,00   | 143,00   |
| Tempo gasto_lavagem/filtro (unidade)                      | min                                             | 5:00:00  | 5:00:00   | 4:58:00  | 5:00:00  | 5:00:00  | 5:00:00  | 5:02:00  | 5:00:00  | 5:00:00  | 5:00:00  | 5:00:00  | 5:08:00  | 5:00:40  |
| Vol. diário gasto_lav._filtros (água decantada)           | m <sup>3</sup>                                  | 107,25   | 107,25    | 79,95    | 90,09    | 108,00   | 107,25   | 107,00   | 116,26   | 99,69    | 81,51    | 91,81    | 90,73    | 98,90    |
| Vol. diário gasto_descargas_decantadores                  | m <sup>3</sup>                                  | 7,60     | 7,10      | 5,70     | 6,30     | 7,90     | 6,60     | 6,60     | 6,09     | 7,05     | 12,80    | 12,47    | 11,67    | 8,16     |
| Vol. diário gasto_lav._decantadores                       | m <sup>3</sup>                                  | 3,30     | 0,00      | 0,00     | 3,30     | 0,00     | 3,30     | 0,00     | 3,30     | 0,00     | 0,00     | 3,30     | 0,00     | 1,38     |
| Vol. diário gasto_início_lav._filtros (água decantada)    | m <sup>3</sup>                                  | 3,38     | 3,38      | 2,52     | 3,45     | 2,97     | 3,38     | 3,24     | 3,66     | 3,15     | 2,57     | 2,89     | 2,78     | 3,11     |
| Vol.diário total gasto_lav._filtros e decant. + descargas | m <sup>3</sup>                                  | 121,53   | 117,73    | 88,17    | 103,14   | 118,87   | 120,53   | 116,84   | 129,31   | 109,89   | 96,88    | 110,47   | 105,18   | 111,55   |
| Perda_lavagens_filtros (diária)                           | %                                               | 2,19     | 1,91      | 1,49     | 1,60     | 1,98     | 2,04     | 1,97     | 2,15     | 1,86     | 1,07     | 1,23     | 1,36     | 1,74     |
| Perda_descargas_decantadores                              | %                                               | 0,15     | 0,13      | 0,11     | 0,11     | 0,14     | 0,13     | 0,12     | 0,11     | 0,13     | 0,17     | 0,17     | 0,18     | 0,14     |
| Perda_lavagens_decantadores (água decantada)              | %                                               | 0,07     | 0,00      | 0,00     | 0,06     | 0,00     | 0,06     | 0,00     | 0,06     | 0,00     | 0,00     | 0,04     | 0,00     | 0,02     |
| Perda_início_lavagens_filtros (água decantada)            | %                                               | 0,07     | 0,06      | 0,05     | 0,06     | 0,05     | 0,06     | 0,06     | 0,07     | 0,06     | 0,03     | 0,04     | 0,04     | 0,05     |
| Perdas totais                                             | %                                               | 2,48     | 2,10      | 1,65     | 1,83     | 2,18     | 2,29     | 2,15     | 2,39     | 2,05     | 1,27     | 1,48     | 1,58     | 1,95     |
| Características da Água Tratada (média diária)            | Cor                                             | uH       | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
|                                                           | pH                                              |          | 7,10      | 7,20     | 7,00     | 7,10     | 7,30     | 7,20     | 7,00     | 7,00     | 7,10     | 7,20     | 7,00     | 6,90     |
|                                                           | Turbidez                                        | uT       | -         | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -        |
| Volume médio diário distribuído                           | m <sup>3</sup>                                  | 4.785,99 | 5.498,27  | 5.268,63 | 5.521,50 | 5.341,61 | 5.141,23 | 5.317,72 | 5.284,51 | 5.238,27 | 7.532,24 | 7.354,49 | 6.545,03 | 5.735,79 |
| Energia elétrica consumida                                | kwh                                             | 2.460    | 2.320     | 2.420    | 2.900    | 2.570    | 2.710    | 2.510    | 2.390    | 2.150    | -        | 2.450    | -        | 2.488    |
| Custo da Energia elétrica                                 | R\$                                             | 823,19   | 756,16    | 792,51   | 981,74   | 870,82   | 921,56   | 832,19   | 816,97   | 714,51   | -        | 819,94   | -        | 832,96   |

Quadro 6.6 – Produtividade da ETA 6, referente ao ano de 2006. Fonte: Estudo acerca da produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).

- **Perdas Físicas na ETA 6**

A ETA 6, como mostra a Gráfico 6.19, apresenta números reduzidos de perdas físicas contabilizadas, considerando que as suas perdas são de, aproximadamente, 2,0%, baseando-se no valor da água bruta tratada.

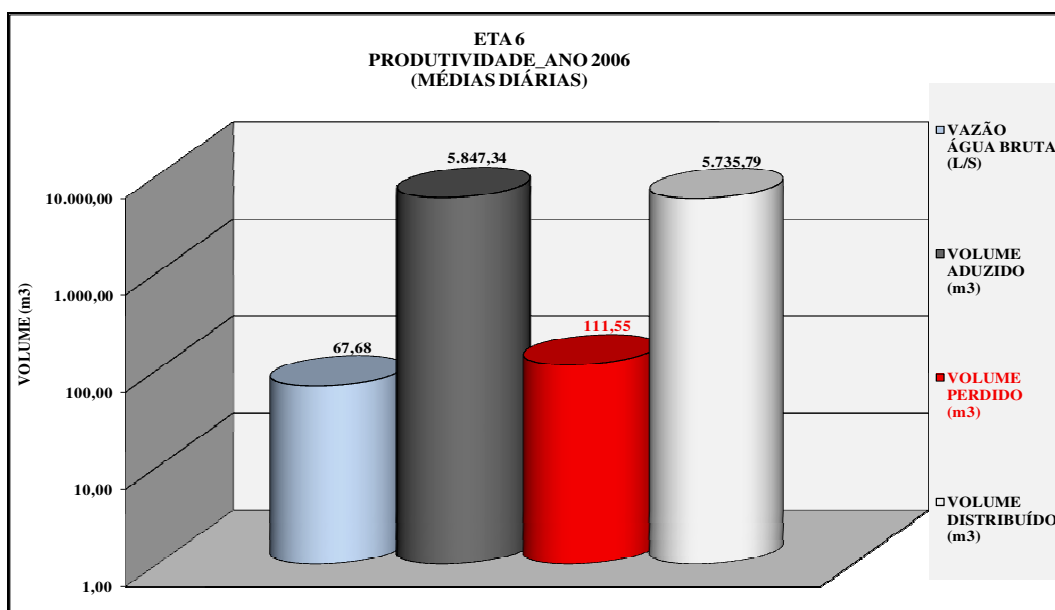


Gráfico 6.19 - As perdas físicas na ETA 6.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Como nas demais unidades de tratamento, as águas de lavagem dos filtros correspondem a pouco mais de 88% do total perdido contabilizado, sendo que o restante corresponde às águas provenientes das descargas dadas no decantador, que à época deste estudo eram oito por dias, sendo dadas a cada três horas.

A apresentação de baixos valores nas perdas desta ETA tem os mesmos motivos apresentados na ETA 1, devido ao fato da forma como os filtros são lavados, tendo suas perdas diminuídas, devidos aos procedimentos em que as águas provenientes dos decantadores são filtradas até a base da área filtrante, sendo perdidas somente aquelas que ficaram retidas nas calhas coletoras.

A questão das perdas físicas na ETA 6 tem que ser tratada com bastante atenção pois o município de Maricá que é abastecido por ela, segundo dados do IBGE (2007) tem uma

população de 105.294 habitantes e, destes, somente 32.200 habitantes são abastecidos pela rede geral (CEDAE, 2007), sendo a produção média diária da ETA de pouco mais de 5.700 m<sup>3</sup>, perfazendo, então, uma per capita de 180 L/hab./dia, mas se considerar o total da população do município, este valor cai para 54 L/hab./dia, devendo ser observado que este município tem vocação turística e que em determinados períodos do ano, sua população cresce consideravelmente.

- **Consumo de Produtos Químicos na ETA 6**

Proporcionalmente aos volumes tratado da água bruta e o distribuído e em valores absolutos, a ETA 6 é que apresenta o maior consumo de produtos químicos usados no tratamento da água.

No Gráfico 6.20, o sulfato de alumínio se destaca pela amplitude entre os valores máximo e mínimo, sendo o valor máximo seis vezes o valor mínimo, onde o valor médio diário máximo de 247,42 kg, com um volume médio diário de água bruta tratada de cerca de 5.850 m<sup>3</sup> (Tabela 6.6), fez com a dosagem média máxima fosse de pouco mais de 42 ppm, podendo ter como causa, a ocorrência de algum evento extraordinário, na bacia do rio Ubatiba, que viesse alterar os parâmetros físico-químicos da água bruta, sendo necessário que se adicionasse mais coagulante na água.

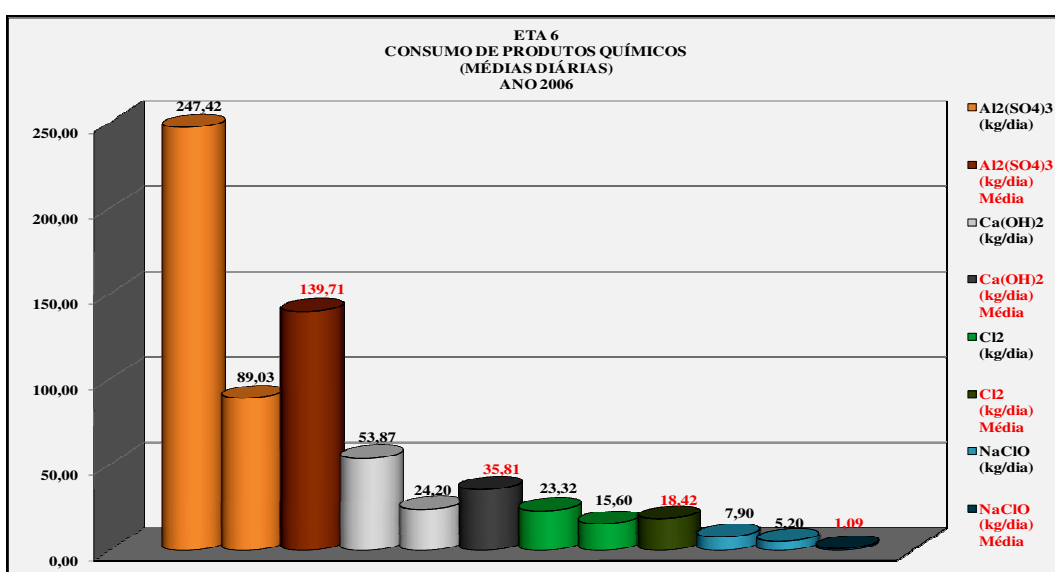


Gráfico 6.20 - Produtos químicos consumidos na ETA 6

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

A Tabela 6.6 mostra que a ETA 6 apresenta a maior dosagem de sulfato de alumínio dentre as seis ETAs, com um valor de dosagem de quase 44% acima da que mais gastou em segundo lugar.

Tabela 6.6 – Dosagens dos produtos químicos gastos na ETA 6. Valores médios diários.

| Produtos Químicos<br>(Valores médios) | Quantidades<br>(kg/dia) | Volume<br>Tratado<br>(m <sup>3</sup> /dia) | Volume<br>Distribuído<br>(m <sup>3</sup> /dia) | Dosagens<br>em ppm<br>(g/m <sup>3</sup> ). |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Sulfato de alumínio sólido</b>     | 139,71                  | 5.847,34                                   | -                                              | <b>23,89</b>                               |
| <b>Cal hidratada</b>                  | 35,81                   | -                                          | 5.735,79                                       | <b>6,24</b>                                |
| <b>Cloro gasoso</b>                   | 18,42                   | -                                          | 5.735,79                                       | <b>3,21</b>                                |
| <b>Hipoclorito de sódio</b>           | 1,09                    | -                                          | 5.735,79                                       | <b>0,19</b>                                |

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

- **Parâmetro Físico-Químico da Água Bruta e a Geração de Resíduos na ETA 6**

Para que o parâmetro pudesse ser aferido havia a dependência da perspectiva visual de cada operador, podendo apresentar alguma variação importante, fazendo com que os valores mostrados no Gráfico 6.21, não apresentem a confiabilidade adequada.

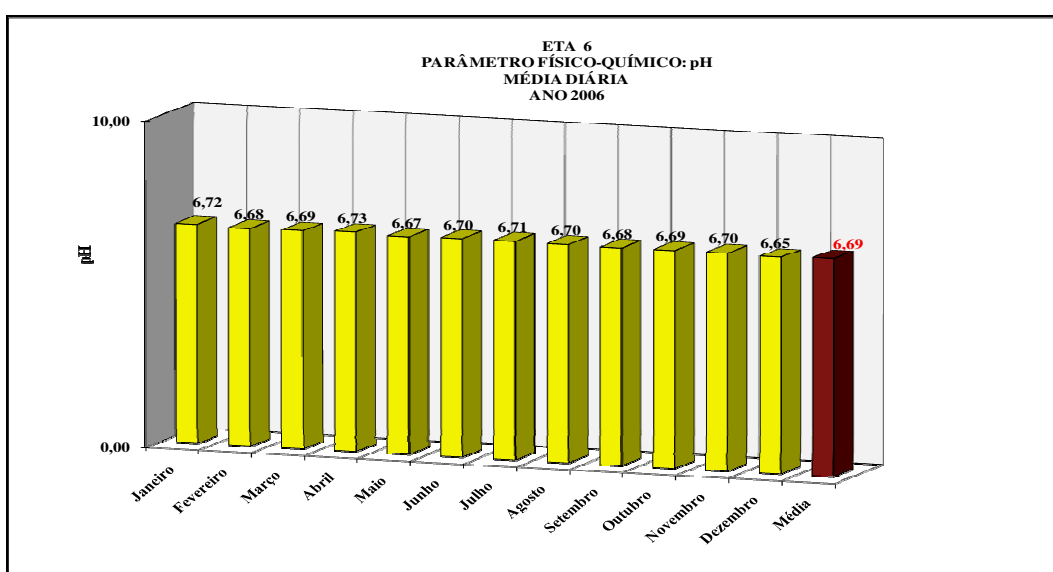


Gráfico 6.21– Parâmetro Físico-Químico da água bruta na ETA 6.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Os valores dos parâmetros cor e turbidez não foram avaliados nesta unidade, pois esta ETA, à época deste estudo não possuía turbidímetro, colorímetro e peagâmetro, sendo os valores do pH e do cloro residual obtidos através da utilização dos reagentes **azul de bromotimol e ortotolidina**, respectivamente.

De acordo com a CEDAE (2007), em seu boletim de análise dos parâmetros semestrais visando atender a Resolução nº 357/2005, do CONAMA, emitido em agosto de 2007, com referencia ao primeiro semestre do referido ano, o valor da cor é apresentado, sendo <5 uH (para cálculo será arbitrado o valor de 4 uH), a turbidez com 0,19 uT e o pH com 6,64, sendo bem próximo ao valor que está apresentado no Gráfico 6.21, em seu valor médio.

A estimativa da produção de resíduos será realizada com os valores dos parâmetros da cor e da turbidez mostrados acima, mas lembrando que, certamente os valores encontrados não refletem a dinâmica ambiental da bacia hidrográfica, visto que a coleta foi feita pontualmente e em um período de estiagem, onde, geralmente, os valores da cor e da turbidez tendem a ser mais baixos.

Os resíduos gerados na ETA 6 serão estimados através da fórmula pesquisada pela WCR, baseando-se nos valores dos parâmetros da cor e da turbidez, constantes acima, utilizando também o valor calculado da dosagem do sulfato de alumínio da Tabela 6.6.

Os cálculos são dados a seguir:

T = 0,19 uT (turbidez); C = 4,0 uH (cor aparente); D = 23,89 g/m<sup>3</sup> (dosagem de sulfato de alumínio); Q = 6,77 x 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>/s (vazão da água bruta).

$$P = (1,2 \times T + 0,07 \times C + k \times D + A) \times 10^{-3} \quad (21)$$

$$P = (1,2 \times 0,19 + 0,07 \times 4,00 + 0,26 \times 23,89 + 0) \times 10^{-3} = 6,72 \times 10^{-3} \text{ kg/ m}^3.$$

$$\underline{P = 6,72 \times 10^{-3} \text{ kg/ m}^3.}$$

$$W = 86.400 \times P \times Q = 8,64 \times 10^4 \times 6,72 \times 10^{-3} \times 6,77 \times 10^{-2} = 3,93 \times 10 \text{ kg/dia.} \quad (22)$$

$$\underline{W = 3,93 \times 10 \text{ kg/dia.}}$$

Considerando o valor de W - Quantidade de sólidos secos (kg/dia), pode ser estimada a quantidade de sólidos secos que esta ETA pode produzir em um ano, ficando o seguinte valor:

$$S = W \times 365 = 3,93 \times 10 \text{ kg/dia} \times 365 \text{ dias} = 1,43 \times 10^4 \text{ kg/ano.} \quad (23)$$

$$\underline{S = 1,43 \times 10^4 \text{ kg/ano.}}$$

Estes valores podem não corresponder a real produção de resíduos na ETA 6, considerando que os valores dos períodos chuvosos possivelmente mais altos, fariam com os valores médios diários da cor e da turbidez fossem mais elevados.

Os valores aqui estimados servirão como parâmetros para alguma ação de mitigação dos impactos ambientais que esta ETA possa produzir com o lançamento destes resíduos no meio ambiente.

- **Consumos e Custos Mensais da Energia Elétrica na ETA 6**

Os números apresentados no Gráfico 6.22 são os mais baixos de todas as unidades estudadas.

Algumas considerações importantes devem ser feitas, onde, considerando que esta ETA possui somente um flocculador em funcionamento de modo contínuo e os consumos relacionados aos pequenos conjuntos moto-bomba são faturados junto com os da unidade de tratamento, sem que represente relevância, visto que são usados para o enchimento do reservatório de água de lavagem dos filtros.

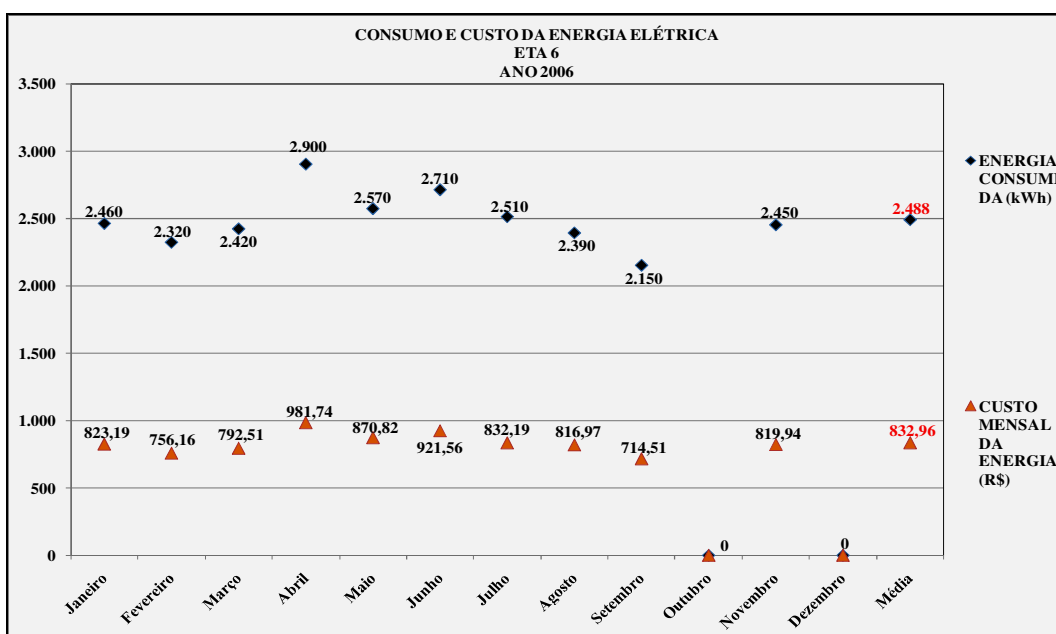


Gráfico 6.22 - Consumo e custo da energia elétrica na ETA 6.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Nesta ETA o abastecimento é feito por um reservatório construído junto à sua planta, tendo duas pequenas bombas que são usadas para o abastecimento do reservatório elevado, usado para a lavagem dos filtros.

- **Recursos Humanos na ETA 6**

Os recursos humanos que estão alocados na ETA 6 mostram que o nível de escolaridade dos operadores desta unidade melhorou é bom, considerando que todos concluíram o segundo grau e, também, participaram, no SENAI, localizado no município de São Gonçalo, do curso Teoria e Técnica de Tratamento de Água, que tinha como objetivo melhorar a qualificação destes operadores.

Assim como em todas as outras ETAs, nesta também foi constatada a ausência da CIPA ou de um representante seu como determina a NR-5, deixando evidente que esta é mais uma unidade onde há a falta de uma política específica voltada para o gerenciamento da questão da segurança de saúde ocupacional.

## 6.2. Os Dados Operacionais das seis ETAs

Os dados operacionais das seis ETAs foram analisados individualmente, onde puderam ser observadas, através dos números, questões ligadas à operacionalidade, onde as características de cada unidade de tratamento foram observadas, procurando mostrar as deficiências e eficiências de cada uma.

Nesta segunda avaliação os dados das ETAs serão agrupados, pois os mesmos estão sob uma mesma divisão que controla a operação e a qualidade das águas brutas e distribuídas, além dos seus operadores poderem atuar em todas estas unidades.

Neste tópico são desconsiderados os parâmetros físico-químicos, considerando que estes, além de serem oriundos de bacias hidrográficas diferentes, somente uma ETA fazia, efetivamente, as análises mínimas (cor, pH e turbidez), pois somente esta possuía os equipamentos necessários para tais procedimentos.

Será feita uma abordagem, considerando nas seis ETAs as questões relacionadas às perdas físicas das ETAs, aos consumos dos produtos químicos, a geração e disposição dos resíduos, a questão dos recursos humanos, assim como, a oferta de equipamentos laboratoriais que possibilitem a aferição dos parâmetros físico-químicos.

O Quadro 6.7 mostra, numericamente, a dinâmica operacional das seis ETAs, que será avaliada nos tópicos seguintes.



| SOMA DOS MAPAS DE PRODUTIVIDADE DAS SEIS ETAs DE PEQUENO PORTE - ANO 2006 |                                                 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| DESCRIÇÃO                                                                 | Unidade                                         | Janeiro   | Fevereiro | Março     | Abril     | Mai       | Junho     | Julho     | Agosto    | Setembro  | Outubro   | Novembro  | Dezembro  | Média     |
| Vazão média                                                               | L/s                                             | 514,00    | 531,80    | 508,50    | 518,50    | 531,03    | 513,86    | 502,24    | 502,48    | 517,56    | 517,50    | 512,41    | 521,28    | 515,93    |
| Volume médio diário aduzido                                               | m <sup>3</sup>                                  | 44.409,60 | 45.947,52 | 43.934,40 | 44.798,40 | 45.880,56 | 44.397,50 | 43.393,10 | 43.414,27 | 44.717,18 | 44.712,00 | 44.272,22 | 45.038,59 | 44.576,28 |
| Consumo médio de Produtos Químicos                                        | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Kg/dia    | 777,40    | 783,70    | 681,10    | 722,40    | 597,50    | 512,20    | 416,20    | 486,83    | 582,30    | 627,07    | 775,87    | 653,17    |
|                                                                           | Ca(OH) <sub>2</sub>                             | Kg/dia    | 223,50    | 221,90    | 197,70    | 203,90    | 178,30    | 207,80    | 180,30    | 204,83    | 199,80    | 221,39    | 254,60    | 218,06    |
|                                                                           | Cl <sub>2</sub>                                 | Kg/dia    | 146,90    | 150,00    | 150,30    | 148,10    | 149,00    | 145,70    | 139,70    | 139,65    | 139,06    | 143,34    | 145,67    | 143,29    |
|                                                                           | NaClO                                           | Kg/dia    | 17,00     | 7,90      | 7,30      | 0,00      | 15,60     | 63,10     | 15,60     | 37,84     | 8,50      | 0,00      | 0,00      | 55,34     |
| Média_filtros lavados                                                     | Unid./dia                                       | 44,48     | 48,00     | 47,27     | 47,63     | 38,28     | 37,60     | 36,82     | 47,65     | 37,50     | 36,66     | 37,15     | 36,73     | 41,31     |
| Vol. diário gasto_lavagens_filtros (água decantada)                       | m <sup>3</sup>                                  | 3.265,56  | 3.154,81  | 3.216,10  | 3.141,36  | 3.170,51  | 3.164,92  | 3.126,56  | 2.978,35  | 3.257,88  | 2.852,01  | 2.875,84  | 2.910,91  | 3.092,90  |
| Vol. diário gasto_descargas_decantadores                                  | m <sup>3</sup>                                  | 58,48     | 60,26     | 46,90     | 53,67     | 59,90     | 60,46     | 56,72     | 54,28     | 54,22     | 62,86     | 61,42     | 63,82     | 57,75     |
| Vol. diário gasto_lavagens_decantadores                                   | m <sup>3</sup>                                  | 79,63     | 0,00      | 60,28     | 19,35     | 51,35     | 28,28     | 54,65     | 31,88     | 0,00      | 32,33     | 54,20     | 0,00      | 34,33     |
| Vol. diário gasto_início_lavagens_filtros (água decantada)                | m <sup>3</sup>                                  | 255,01    | 281,60    | 277,74    | 288,61    | 220,88    | 186,97    | 212,81    | 273,28    | 237,37    | 202,32    | 210,53    | 206,52    | 237,80    |
| Vol. diário total gasto_lav._filtros e decant. + descargas                | m <sup>3</sup>                                  | 3.658,68  | 3.496,67  | 3.601,02  | 3.502,99  | 3.502,64  | 3.440,63  | 3.450,74  | 3.337,79  | 3.549,47  | 3.149,52  | 3.201,99  | 3.181,25  | 3.422,78  |
| Perda_lavagens_filtros (diária)                                           | %                                               | 7,35      | 6,87      | 7,32      | 7,01      | 6,91      | 7,13      | 7,21      | 6,86      | 7,29      | 6,38      | 6,50      | 6,46      | 6,94      |
| Perda_descargas_decantadores                                              | %                                               | 0,13      | 0,13      | 0,11      | 0,12      | 0,13      | 0,14      | 0,13      | 0,13      | 0,12      | 0,14      | 0,14      | 0,14      | 0,13      |
| Perda_lavagens_decantadores (água decantada)                              | %                                               | 0,18      | 0,00      | 0,14      | 0,04      | 0,11      | 0,06      | 0,13      | 0,07      | 0,00      | 0,07      | 0,12      | 0,00      | 0,08      |
| Perda_início_lavagens_filtros (água decantada)                            | %                                               | 0,57      | 0,61      | 0,63      | 0,64      | 0,48      | 0,42      | 0,49      | 0,63      | 0,53      | 0,45      | 0,48      | 0,46      | 0,53      |
| Perdas totais                                                             | %                                               | 8,24      | 7,61      | 8,20      | 7,82      | 7,63      | 7,75      | 7,95      | 7,69      | 7,94      | 7,04      | 7,23      | 7,06      | 7,68      |
| Volume médio diário tratado distribuído                                   | m <sup>3</sup>                                  | 40.750,92 | 42.450,85 | 40.333,38 | 41.295,41 | 42.377,92 | 40.956,87 | 39.942,36 | 40.076,48 | 41.167,71 | 41.562,48 | 41.070,23 | 41.857,35 | 41.153,50 |
| Energia elétrica consumida                                                | kwh                                             | 102.202   | 104.283   | 97.425    | 104.198   | 93.812    | 102.218   | 99.643    | 98.298    | 83.411    | -         | 101.561   | -         | 98.705    |
| Custo da Energia elétrica                                                 | R\$                                             | 27.833,64 | 26.721,29 | 25.315,55 | 30.176,68 | 29.379,22 | 34.641,62 | 32.415,77 | 31.997,09 | 36.965,04 | -         | 34.187,47 | -         | 30.963,34 |

Quadro 6.7 – Soma dos mapas de Produtividade das seis ETAs de pequeno porte, referente ao ano de 2006.

Fonte: Estudo acerca da produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).

### 6.2.1. Perdas Físicas nas ETAs

Os filtros correspondem a cerca de 80% do volume total perdido pelas seis ETAs, sendo que quatro destas tem sistemas de filtração em que suas unidades têm seus fundos interligados e suas lavagens são realizadas por diferença dos níveis dos demais, onde segundo Di Bernardo e Dantas (2005), em ETAs de pequeno porte, com pelo menos quatro filtros, os seus fundos podem ser interligados.

Por ocasião da manutenção de um filtro qualquer do sistema de filtração, há o inconveniente operacional da paralisação da estação.

Em geral é desejável se ter pelo menos, seis filtros na instalação para garantir que, quando um filtro for lavado, resulte a velocidade ascensional desejada, ou seja, cerca de 0,80m/min, sendo que em sistemas de filtros autolaváveis o número de filtros e a taxa média de filtração são parâmetros principais para a utilização desse sistema de fornecimento de água para lavagem (Di Bernardo e Dantas, 2005).

As seis ETAs apresentam, um índice elevado de perdas contabilizadas (água de lavagem de filtros e descargas de decantadores) diariamente, cerca de 7,7%, onde a ETA 3 tem a maior contribuição neste número, devido ao seu elevado índice de perdas, sendo o volume médio perdido em um dia com as lavagens dos filtros correspondendo a cerca de 90% do volume médio total perdido diariamente por todas as unidades.

Nestas ETAs as perdas físicas podem ser detectadas nos mais variados locais, sendo possível observar vazamentos em diversas situações e locais, como nas comportas e registros, nas lavagens dos tanques de preparo da solução de produtos químicos, na realização de lavagens dos decantadores e outros.

Apesar de individualmente parecerem pequenos, estes vazamentos, quando quantificados, podem mostrar a existência de perdas significativas de quantidades de água.

Esta situação é um ótimo motivo para que os gestores de uma ETA tenham atenção especial com os vazamentos em toda sua estrutura, mesmo que sejam pequenos.

Segundo Reali (1999); Ferreira Filho e Lage (1999), as perdas físicas de uma ETA de ciclo completo não deve ultrapassar os 5% do volume aduzido de água bruta, estando o volume de água de lavagem de filtros na faixa de 2 a 5% e o volume das descargas dos decantadores entre 0,1 a 1,5%.

No Gráfico 6.23, o volume médio diário de água distribuído pelas seis ETAs é de 41.153,50 m<sup>3</sup>, para o abastecimento de uma população residente de 185.774 habitantes (IBGE, 2007), dos municípios de Rio Bonito, Tanguá, Itaboraí e Maricá, perfazendo uma per capita de 222 L/(habitante/dia), aproximadamente, sendo que de acordo com o Funasa (2006), o ideal é que para uma população urbana de acima de 100.000 habitantes, a per capita ideal seria entre 250 e 300 L/ (habitante/dia).

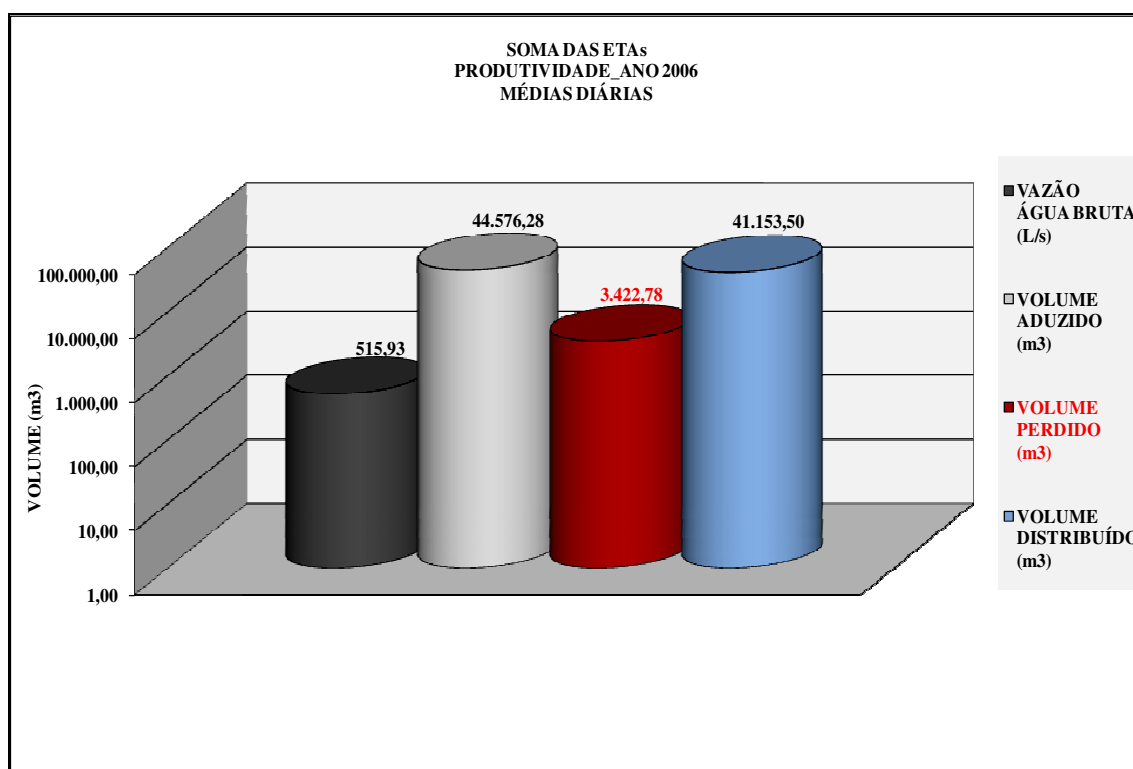


Gráfico 6.23 – Perdas físicas nas ETAs.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

As Figuras 6.17 e 6.18 mostram um tanque (uma “caixa d’água” com capacidade para  $1,0 \text{ m}^3$ ) de sulfato de alumínio sendo lavado na ETA 5 e o descarte resultante desta lavagem.



Figura 6.17 - Lavagem do tanque de sulfato.  
Fonte: Arquivo do Autor (2007).



Figura 6.18 – Resíduos da lavagem.  
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

Das seis ETAs, somente as ETAs 2 e 5, preparam as soluções dos seus coagulantes e alcalinizantes em recipientes como o mostrado na Figura 6.40, nas demais unidades os tanques foram construídos em alvenaria e o menor tem capacidade para  $2,2 \text{ m}^3$  e o maior para  $11,7 \text{ m}^3$ , sendo todos lavados periodicamente, sem que haja a quantificação destes volumes gastos e dos poluentes que estes carregam para o meio ambiente.

As Figuras 6.19 e 6.20 mostram, por ângulos diferentes, uma perda física, em um filtro da ETA 4, que não é medida no processo de lavagem dos filtros.

A perda desta água ocorre no início do processo de lavagem em um filtro denominado autolavável, considerando que este esteja com seu leito filtrante muito sujo, fazendo com que a lavagem ser realize sem que toda a água decantada seja utilizada, sendo uma parte descartada por um extravasor localizado na parte superior e que irá descartar esta água decantada próximo ao ponto de lançamento daquela que é realmente resultante da lavagem do filtro, sendo esta medida para o devido controle das perdas.





Figura 6.19 – Perda não contabilizada.  
Fonte: Arquivo do Autor (2007).



Figura 6.20 – Perda não contabilizada.  
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

Nas Figuras 6.44 e 6.45 as perdas ocorrem nas comportas dos filtros e nos registros de descargas dos da ETA 5, respectivamente, sendo bastante significativas, considerando o período contínuo de funcionamento desta unidade.



Figura 6.21 – Perda não contabilizada.  
Fonte: Arquivo do Autor (2007).



Figura 6.22 – Perda não contabilizada.  
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

Considerando as ETAs pesquisadas, juntas elas totalizam doze flocculadores, treze decantadores e trinta e um filtros, sendo, diante destes números, necessário atenção especial a todo tipo de perda que possa ter nestas unidades, pois o objetivo principal de uma ETA é oferecer água de qualidade em quantidade suficiente.

### 6.2.2. Produtos Químicos Consumidos nas ETAs

Para a transformação da água bruta em água potável nas ETAs de ciclo completo são usados produtos químicos, que vão estar nos processos físico-químicos, como coagulantes, alcalinizantes e desinfetantes, considerando que o no caso do coagulante, o sulfato de alumínio (sólido/líquido) é o mais usado no país.

Em uma avaliação com relação ao consumo de produtos químicos das ETAs, o Gráfico 6.24 mostra números relativos aos consumos generalizados do sulfato de alumínio, cal hidratada, cloro gasoso e hipoclorito de sódio.

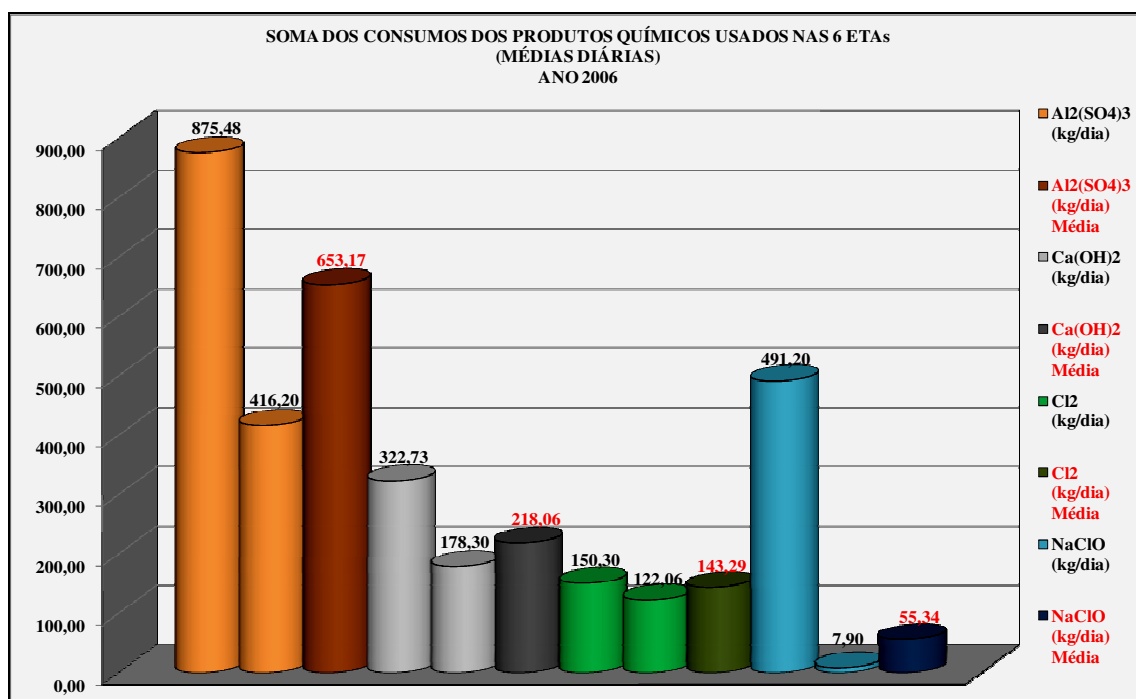


Gráfico 6.24 – Consumos dos Produtos químicos nas ETAs

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

São analisados os valores máximo, mínimo e médio diários dos consumos de todos os produtos, procurando mostrar como está a produtividade também com relação aos produtos químicos.

Ao analisar os valores máximos e mínimos tendo destaque o sulfato de alumínio, podendo ser visto que este apresenta valores altos relativos ao seu consumo, mas com a diferença entre o valor máximo e o mínimo menor que em algumas ETAs, quando analisadas individualmente.

Na Tabela 6.7, pode ser observado que o consumo de sulfato de alumínio mantém a dosagem, em ppm, valores próximos das seis ETAs, considerando que esta tendência foi devido às cinco ETAs que apresentaram valores próximos nas suas dosagens, mas a ETA 6 apresentou o maior consumo dentre estas e, como exceção, tem-se a ETA 1 que apresentou o menor valor do consumo deste produto, considerando o volume de água bruta tratado.

Com relação aos consumos da cal hidratada, do cloro gasoso e do hipoclorito de sódio, estes estão dentro da normalidade, como mostra a Tabela 6.7.

Tabela 6.7 – Dosagens dos produtos químicos gastos nas ETAs. Valores médios diários.

| <b>Produtos Químicos<br/>(Valores médios)</b> | <b>Quantidades<br/>(kg/dia)</b> | <b>Volume<br/>Tratado<br/>(m<sup>3</sup>/dia)</b> | <b>Volume<br/>Distribuído<br/>(m<sup>3</sup>/dia)</b> | <b>Dosagens<br/>em ppm<br/>(g/m<sup>3</sup>).</b> |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Sulfato de alumínio sólido</b>             | 653,17                          | 44.576,28                                         | -                                                     | <b>14,65</b>                                      |
| <b>Cal hidratada</b>                          | 218,06                          | -                                                 | 41.153,50                                             | <b>5,30</b>                                       |
| <b>Cloro gasoso</b>                           | 143,29                          | -                                                 | 41.153,50                                             | <b>3,48</b>                                       |
| <b>Hipoclorito de sódio</b>                   | 55,34                           | -                                                 | 41.153,50                                             | <b>1,34</b>                                       |

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Considerando que das seis ETAs, três têm suas captações em bacias hidrográficas diferentes e as outras três, captam a água bruta em um mesmo manancial, estes números não se mostram tão discrepantes em relação aos valores pela maioria, podendo ser feita uma boa análise de como se comportam estas ETAs, mesmo como seus valores agrupados.

Quanto ao armazenamento e de acordo com a norma NBR 12.216/1992, o depósito de produtos, como sulfato de alumínio sólido e cal hidratada deve obedecer algumas das diretrizes, constantes na norma:

- o depósito de produtos químicos deve ter o piso situado, preferencialmente, 1,00 m acima da cota da área de estacionamento dos carros transportadores, devendo ser prevista uma plataforma com largura de 1,50 m, destinada ao recebimento dos produtos químicos;
- cada depósito deve ter porta com largura mínima de 1,20 m, de correr ou abrindo-se para o exterior da casa de química;
- a área de depósito deve permitir o livre acesso entre as pilhas de sacarias, com ventilação conveniente, para evitar excesso de umidade;
- o armazenamento de produtos ensacados, com a utilização de empilhadeiras mecânicas, é possível até a altura de 3,00 m, sendo com empilhamento manual, até a altura de 1,80 m.

As fugiras 6.23 e 6.24 mostram formas inadequadas de armazenamento de produtos químicos nas ETAs.



Figura 6.23 – Armazenamento de Cal  
Fonte: Arquivo do Autor (2006).



Figura 6.24 – Armazenamento de Sulfato  
Fonte: Arquivo do Autor (2006)



### 6.2.3. Geração de Resíduos nas ETAs

Toda unidade industrial gera resíduos e uma ETA não é diferente, sendo necessário que haja a quantificação e a qualificação destes, pois além dos estimados anteriormente, existem outros tipos de materiais produzidos nas ETAs e que devem ser gerenciados.

No sulfato de alumínio sólido, os materiais insolúveis podem ser de até 6,0% (% em massa) (Cataguases, 2006), ou seja, na solução em que forem adicionados 100 kg do produto, a solução poderá ter até 6,0 kg de materiais que não serão diluídos e serão descartados em locais apropriados para esse tipo de material, como determina a legislação ambiental.

Deve ser considerado que os tanques utilizados para a preparação da solução com sulfato de alumínio sólido têm que ser limpos a cada preparação de uma nova carga, tendo, dentre as seis ETAs, tanques com capacidades que variam de 1,0 m<sup>3</sup> a 11,0 m<sup>3</sup>.

Na Tabela 6.8 e na Figura 6.25, considerando o consumo médio diário de sulfato de alumínio das seis ETAs, pode ser observado que decorrente do preparo da solução deste coagulante há a geração de outros resíduos que não tem destino adequado, sendo estes as embalagens que acondicionavam o produto e os materiais que não foram dissolvidos na água no preparo da solução.

De acordo com Cordeiro e Campos (1999), corpos hídricos são os mais atingidos negativamente, quando resíduos, como os estimados nas Tabelas 6.8, 6.9 e 6.10, independentes de sua procedência, são dispostos inadequadamente no meio ambiente.

Tabela 6.8 – Resíduos gerados com o uso do Sulfato de Alumínio Sólido nas ETAs.

| UNIDADE      | Consumos médios de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (Kg/dia) | Valores de insolúveis (6%) (Kg/dia) | Valores de insolúveis (6%) (Kg/ano) | Números médios de sacos plásticos descartados/dia | Números médios de sacos plásticos descartados/ano |
|--------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| ETA 1        | 123,00                                                   | 7,38                                | 2.693,70                            | 2,46                                              | 897,90                                            |
| ETA 2        | 31,40                                                    | 1,88                                | 686,20                              | 0,63                                              | 229,95                                            |
| ETA 3        | 163,00                                                   | 9,78                                | 3.569,70                            | 3,62                                              | 1.321,30                                          |
| ETA 4        | 122,40                                                   | 7,32                                | 2.671,80                            | 2,45                                              | 894,25                                            |
| ETA 5        | 73,70                                                    | 4,42                                | 1.613,30                            | 1,47                                              | 536,55                                            |
| ETA 6        | 140,00                                                   | 8,40                                | 3.066,00                            | 2,80                                              | 1.022,00                                          |
| <b>TOTAL</b> | <b>653,50</b>                                            | <b>39,18</b>                        | <b>14.300,70</b>                    | <b>13,43</b>                                      | <b>4.901,95</b>                                   |

**Fonte:** Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte do ano de 2006.



Figura 6.25 – Sacos de plástico de sulfato de alumínio vazios.  
Fonte: Arquivo do Autor (2006).

A condição da cal hidratada é mostrada Tabela 6.9 e na Figura 6.26, onde a mesma situação se repete, sendo que neste produto, a quantidade de materiais insolúveis, segundo a CEDAE (2007) tem que ser menor que 1,0 (% em massa), ou seja, a cada 100g que são adicionados à água, menos de 1,0g pode ser de material insolúvel.

Tabela 6.9 – Resíduos gerados com o uso da Cal Hidratada nas ETAs.

| UNIDADE      | Consumos médios de $\text{Ca(OH)}_2$ (Kg/dia) | Valores de insolúveis (2,0%) (Kg/dia) | Valores de insolúveis (2,0%) (Kg/ano) | Números médios de sacos de papel descartados/dia | Números médios de sacos de papel descartados/ano |
|--------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| ETA 1        | 39,62                                         | 0,386                                 | 140,89                                | 1,98                                             | 722,70                                           |
| ETA 2        | 11,69                                         | 0,117                                 | 42,71                                 | 0,58                                             | 211,70                                           |
| ETA 3        | 72,62                                         | 0,726                                 | 264,99                                | 3,63                                             | 1.324,95                                         |
| ETA 4        | 36,64                                         | 0,366                                 | 133,59                                | 1,83                                             | 667,95                                           |
| ETA 5        | 21,69                                         | 0,217                                 | 79,21                                 | 1,08                                             | 394,20                                           |
| ETA 6        | 35,81                                         | 0,358                                 | 130,67                                | 1,79                                             | 653,35                                           |
| <b>TOTAL</b> | <b>218,07</b>                                 | <b>2,17</b>                           | <b>792,06</b>                         | <b>10,89</b>                                     | <b>3.974,85</b>                                  |

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte do ano de 2006.



Figura 6.26 – Sacos de papel de cal hidratada vazios.

Fonte: Arquivo do Autor (2006).

A Tabela 6.10 mostra a quantidade de resíduos gerados durante os processos de tratamento da água nas seis ETAs

Tabela 6.10 – Resíduos gerados nas ETAs durante o tratamento da água.

| UNIDADE      | Volume médio diário tratado (m <sup>3</sup> ) | Produção de sólidos (kg de matéria seca/m <sup>3</sup> de água bruta tratada). | Quantidade de sólidos secos (kg/dia). | Quantidade de sólidos secos (kg/ano). |
|--------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ETA 1        | 11.731,61                                     | $3,49 \times 10^{-2}$                                                          | $4,10 \times 10^2$                    | $1,50 \times 10^5$                    |
| ETA 2        | 2.326,75                                      | $7,10 \times 10^{-3}$                                                          | $1,65 \times 10$                      | $6,02 \times 10^3$                    |
| ETA 3        | 11.779,13                                     | $3,35 \times 10^{-2}$                                                          | $3,94 \times 10^2$                    | $1,44 \times 10^5$                    |
| ETA 4        | 8.462,38                                      | $3,37 \times 10^{-2}$                                                          | $2,85 \times 10^2$                    | $1,04 \times 10^5$                    |
| ETA 5        | 4.429,08                                      | $3,65 \times 10^{-2}$                                                          | $1,62 \times 10^2$                    | $5,91 \times 10^4$                    |
| ETA 6        | 5.847,34                                      | $6,72 \times 10^{-3}$                                                          | $3,93 \times 10$                      | $1,43 \times 10^4$                    |
| <b>TOTAL</b> | <b>44.576,29</b>                              | <b><math>1,53 \times 10^{-1}</math></b>                                        | <b><math>1,31 \times 10^3</math></b>  | <b><math>4,78 \times 10^5</math></b>  |

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte (2006).

Segundo Cordeiro e Campos (1999), no Brasil, os resíduos gerados pela maioria das ETAs durante os processos de tratamento ainda são descartados freqüentemente nos corpos d'água que estão próximos a estas unidades.

Este material tem que ser descartado adequadamente, pois do contrário vai se transformando em um grande problema, de agressão ao meio ambiente.

Considerando tal situação, a legislação ambiental no Brasil, referente às agressões ao meio, vem evoluindo e, atualmente, está entre as mais modernas do mundo.

#### 6.2.4. Consumos e Custos mensais da Energia Elétrica nas ETAs

O Gráfico 6.25 mostra o consumo médio mensal de energia elétrica em todas as ETAs, que se mostra, individualmente, elevado em relação à quantidade de equipamentos com demanda de energia elétrica que cada uma tem em seu prédio, tendo um valor de 16.451 kWh.

Este valor está fora dos números individuais mostrados por algumas ETAs, sendo pouco mais de seis vezes do valor médio mensal consumido na ETA 6, sendo o menor dentre as seis e corresponde a 1/3 do maior valor médio mensal consumido, na ETA 4.

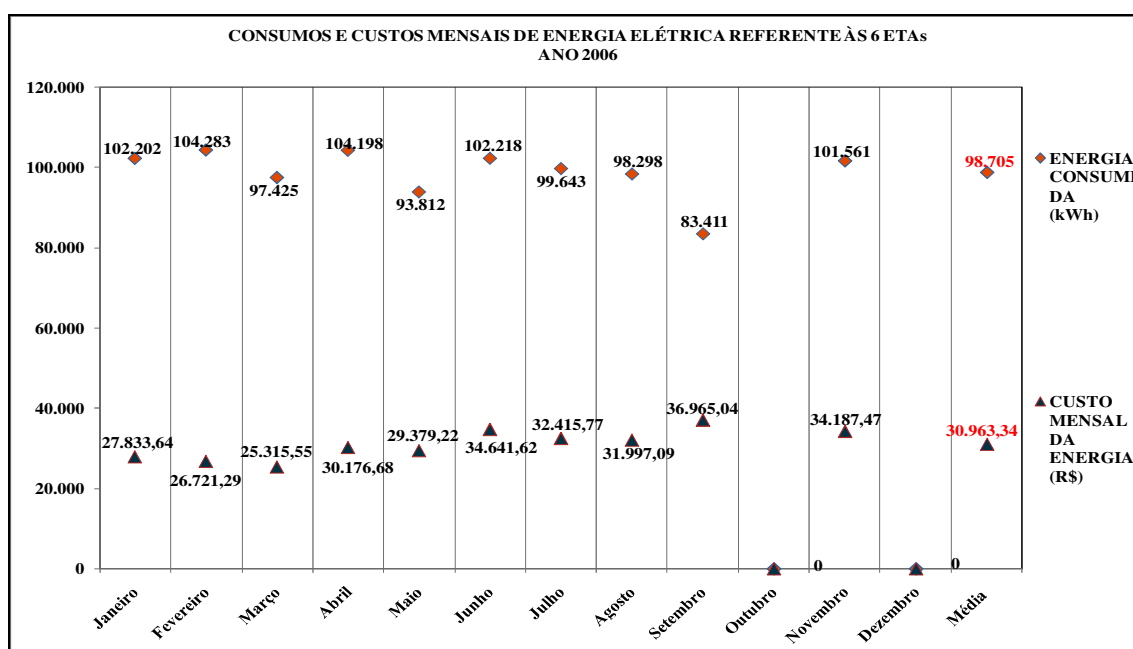


Gráfico 6.25 – Consumo e custos mensais de energia elétrica nas ETAs.

Fonte: Mapa de Produtividade das ETAs de Pequeno Porte – CEDAE (2006).

Apesar do número 16.451 kWh não refletir, individualmente, os consumos de energia elétrica das ETAs, este número é parte integrante dos 98.705 kWh que mostra, na média, o consumo de todas as ETAs e sofre a influência das ETAs 1, 2 e 4 que além de consumo interno, têm as elevatórias fazendo parte do consumo faturado pela concessionária, tendo destaque a ETA 4, onde seu consumo médio mensal corresponde a cerca de 50% deste valor.

O custo financeiro médio mensal, referente a energia consumida pelas seis ETAs, é de R\$ 30.963,34, sendo que o maior valor médio mensal, encontrado na ETA 4, é correspondendo a cerca de 50% deste valor, sendo este custo total cerca de 37 vezes ao menor valor médio mensal, que corresponde ao custo pago pela energia consumida na ETA 6.

#### **6.2.5. Laboratórios e Equipamentos nas ETAs**

Segundo a NBR 12.216/1992, as ETAs devem ser construídas com um laboratório, que tem a função de controlar e acompanhar a eficiência do tratamento, realizando análises e ensaios químicos, físicos e bacteriológicos, ainda de acordo com Vianna (2001), estes darão ao operador da ETA maior segurança para a adoção de linhas de tratamento mais adequadas à qualidade da água bruta afluyente, permitindo conhecer as dosagens mais econômicas de produtos químicos, considerando cada situação.

A NBR 12.216/1992 determina a instalação de uma área para o laboratório de análises bacteriológicas em ETAs com capacidade igual ou superior a 10.000 m<sup>3</sup>/dia, sendo dispensado este em uma ETA de menor capacidade, considerando a existência ou não de um laboratório central ou regional que realize todas as análises necessárias de controle de qualidade em várias ETAs.

De acordo com a NBR 12.216/1992, as dimensões dos laboratórios são divididas em três situações, sendo que para as ETAs com capacidade menor que 10.000 m<sup>3</sup>/dia e dispensadas de realizarem análises bacteriológicas, a área deve ser de 8 m<sup>2</sup>, com este localizado na própria sala de dosagem, em ETAs de capacidade inferior a 10.000 m<sup>3</sup>/dia e obrigadas a realizarem análises bacteriológicas, a área deve ser de 12 m<sup>2</sup> e em ETAs de capacidade maior ou igual a 10.000 m<sup>3</sup>/dia a área deve ser de 16 m<sup>2</sup>.

Em uma ETA, as análises de água a serem realizadas em um laboratório, devem corresponder às determinações da Portaria nº. 518/2004, onde dificilmente todas as análises



poderão ser realizadas neste laboratório, sendo necessários equipamentos que possibilitem a realização de um mínimo de análises, impossibilitando a avaliação de seu desempenho (Vianna, 2001).

Pode ser observado na Figura 6.27 o laboratório de uma das ETAs sem aparelhos para medir os valores de cor, pH e turbidez, sendo suas análises realizadas, utilizando reagentes.



Figura 6.27 – Laboratório de uma ETA, sem todos os equipamentos necessários.  
Fonte: Arquivo do Autor (2006).

No mínimo, cor, pH, turbidez, cloro residual, alcalinidade, flúor e o alumínio residual, são parâmetros que devem ser analisados pelo laboratório de uma ETA, sendo necessário, também, a realização do teste dos jarros (NBR 12.216/1992), sendo suficiente, de acordo com Vianna (2001), as análises de cor, pH, turbidez e cloro residual, para os laboratórios mais simples, como mostrado na Figura 6.28.



Figura 6.28 – Laboratório da ETA 1 com os equipamentos básicos.  
Fonte: Arquivo do Autor (2007).

Nas pesquisas realizadas nas seis ETAs, somente a ETA 1 possuía todos os equipamentos (turbidímetro, medidor de pH, *Aqua Tester* (colorímetro) e medidor de cloro residual) para as realizações das análises mínimas necessárias, como mostra a Figura 6.28 (colorímetro, pHgâmetro, turbidímetro e aparelho para realização do testes dos jarros), sendo as demais ETAs dotadas de reagentes como ortotolidina (verificação da presença do cloro residual), azul de bromotimol (verificação do pH), tiosulfato de sódio (inibição da presença do cloro na água) e amônia (verificação de vazamento de cloro).

#### 6.2.6. Recursos Humanos nas ETAs

Considerando o grau de escolaridade dos operadores lotados nas seis ETAs, pode ser dito que são qualificados, mesmo tendo poucos funcionários com baixo grau de escolaridade e outros com nível superior, mas com profissões sem ligações com tratamento de água.

No Gráfico 6.26 pode ser observado que do total de operadores, 8,3% concluíram somente o 1º grau (nível fundamental), 62,5% concluíram o 2º grau (nível médio), onde deste universo, nenhum havia feito qualquer curso técnico e 29,2% concluíram o 3º grau, sendo que

desta totalidade, havia um Biólogo, um Advogado, um Sociólogo, um Matemático, dois Tecnólogos de Petróleo e Gás e um com graduação em Educação Física.

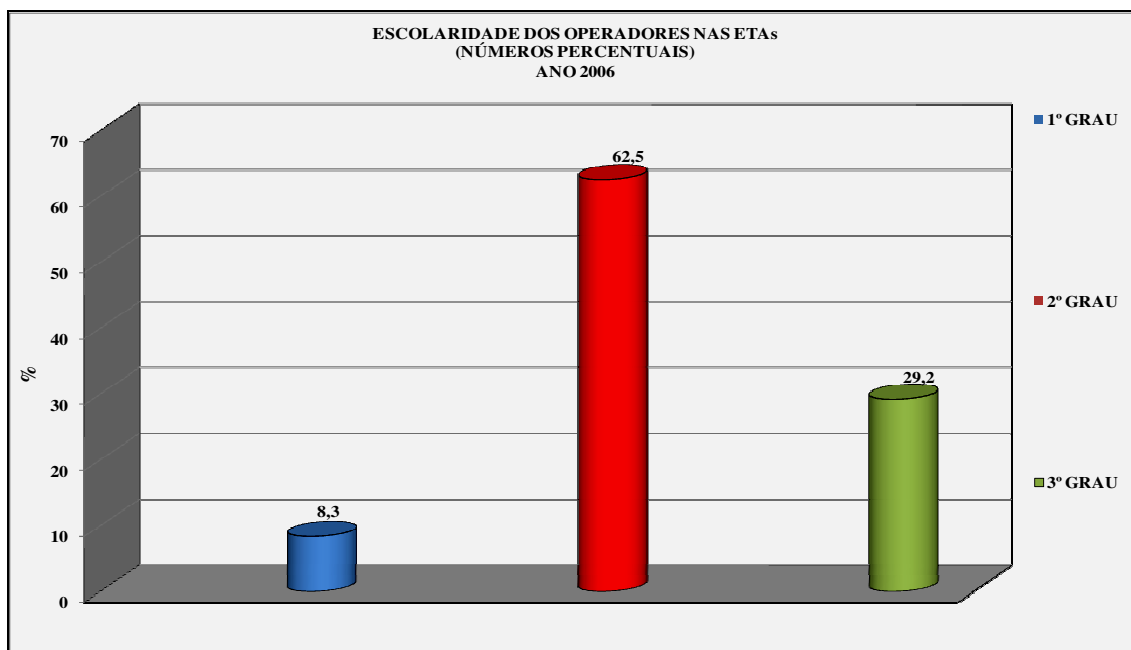


Gráfico 6.26 – Escolaridade dos Operadores das ETAs.

Fonte: Os próprios funcionários das ETAs (2006).

Nas seis ETAs, considerando a escala de plantão, existe a necessidade de quatro operadores, sendo um por ETA, totalizando 24 operadores.

Apesar da boa formação acadêmica, esta não foi voltada diretamente para as atividades concernentes ao tratamento da água, carecendo de profissionais com formação específica.

No ano em que da realização desta pesquisa as seis ETAs eram administradas, diretamente, por um Químico, que era o Chefe da Divisão de Controle de Qualidade, tendo sob seu comando o Serviço de Produção e Manutenção das ETAs, que era comandado por um Engenheiro Civil, o Serviço de Controle Físico-Químico, que era chefiado por Químico e o Serviço de Controle Bacteriológico, que era chefiado por um Farmacêutico, sendo todos subordinados a uma Superintendência, que, por conseguinte estava subordinada a uma Diretoria, como mostra de modo simplificado, a Figura 6.29, sendo estas duas últimas comandadas por Engenheiros Civis.



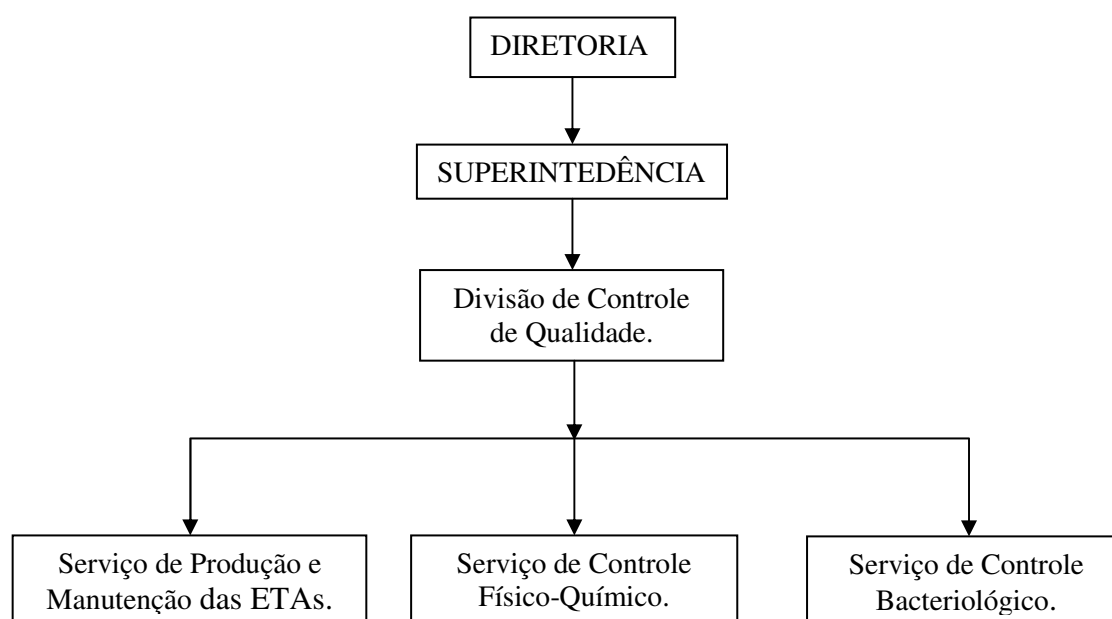


Figura 6.29 – Fluxograma simplificado da gerência das ETAs.  
Fonte: CEDAE (2006).

Toda esta estrutura gerencial tinha, basicamente, a responsabilidade de fazer a manutenção, criar os procedimentos operacionais, controlar a qualidade da água tratada, usando de toda a estrutura operacional disponível, para que esta seja distribuída à população dentro parâmetros determinados pela Portaria nº. 518/2004, além de confeccionar todos os relatórios relacionados a estes valores, e muito outras mais atribuições.

As ETAs demandam uma estrutura gerencial de grande porte, assim como a implantação de um modelo de gestão em que se possa contemplar uma integração entre a questão ambiental, a segurança e a saúde ocupacional.

As seis ETAs, sob uma mesma gerência, não possuem um programa de gestão que busque a adoção de procedimentos para a implantação de uma cultura em que os trabalhadores estejam conscientes da importância do uso de EPIs, assim como não sendo considerados os preceitos legais, considerando as Normas Reguladoras do Ministério do Trabalho e do Emprego.

Para a implantação de sistemas de gestão da segurança e saúde ocupacional, nas seis ETAs, em integração com os de gestão ambiental, faz-se necessário o comprometimento da gerência, para as unidades, através de profissionais qualificados, busquem certificações com base nos preceitos da OHSAS 18001.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 7.1. Conclusões

As seis ETAs, apesar de serem de pequeno porte, têm grande importância no abastecimento público dos municípios de Rio Bonito, Tanguá, Itaboraí e Maricá, contribuindo de sobremaneira para a melhoria das condições dos aspectos ligados a saúde pública das suas populações, mas apesar desta constatação há uma iminente crise de abastecimento devido às pressões demográficas que estão se configurando nestas regiões.

Considerando as perdas físicas, somente duas unidades apresentam perdas médias diárias elevadas (ETAs 3 e 4), correspondendo a 33,3% do total das ETAs, mas com um volume perdido bastante grande, onde somente a ETA 3, à época, tinha uma perda média diária de pouco mais de 18,5% em seu processo de tratamento, elevando o índice total de perdas para mais de 7,6%, considerando todo o volume de água bruta aduzido para as estações, fazendo com que a produtividade das ETAs, dentro deste universo, não seja satisfatória.

Das seis ETAs, quatro possuem sistemas de filtração, com filtros autolaváveis e duas possuem sistemas de lavagens por reservatório, sendo constatado que nas ETAs com o primeiro sistema há uma maior perda de água, considerando que a cada unidade lavada, grande quantidade de água proveniente dos decantadores, tem que ser descartada, onde que no sistema que usa o reservatório a perda é menor, pois somente se perde a quantidade de água que ficou retida nas calhas e a água da retrolavagem propriamente dita.

Em todas as ETAs foram detectadas as perdas não contabilizadas, que são vazamentos constantes nos registros e comportas e as águas decorrentes das lavagens dos tanques de produtos químicos, sendo estas, possivelmente, decorrentes da falta de manutenção de seus equipamentos, que objetivasse a extinção destes pontos de vazamentos e de um modo de se recolher e tratar os efluentes dos tanques.

Pode ser observado que as quantidades de águas potáveis distribuídas são aferidas pelo cálculo das perdas contabilizadas nas descargas dos decantadores e nas lavagens dos filtros, onde as quantidades de água bruta afluentes às ETAs são medidas somente nas calhas parshall e após estas medições, são feitos cálculos das diferenças entre os volumes aduzidos e os que

foram perdidos durante os processos do tratamento (descargas de decantadores/lavagens dos filtros), não tendo qualquer outro sistema de maior confiança na medição do volume de água potável distribuído pelas ETA.

Verificando as Tabelas de dosagens dos produtos químicos e considerando a questão da falta de equipamentos laboratoriais, conclui-se que este fator foi determinante nos valores das dosagens dos produtos químicos, principalmente do sulfato de alumínio sólido, podendo ser usada como parâmetro a dosagem média da ETA 1, a única devidamente equipada, que foi de 10,48 ppm, a partir desta, tem-se: a ETA 2 com dosagem de 13,48 ppm, sendo 28,6% maior; a ETA 3 com 13,85 ppm, mais 32,2%; a ETA 4 com 14,47 ppm, com mais 38,1%; a ETA 5, com 16,63 ppm, mais 58,7% e a ETA 6 com 23,38 ppm, com mais 128,0%.

Mesmo sendo feito um comparativo com unidades que têm suas captações em bacias hidrográficas diferentes, estas poderiam apresentar melhores resultados em relação aos gastos do sulfato de alumínio, que influem determinantemente nos cálculos dos resíduos gerados no tratamento.

Mesmo com todos os benefícios que as seis ETAs proporcionam, estas unidades industriais são causadoras de impactos ambientais importantes, sendo calculado que juntas produziram, em 2006, cerca de 1,3 tonelada de resíduos secos por dia, totalizando cerca de 475 toneladas por ano, advindos dos lodos das descargas e lavagens dos decantadores, assim como, das lavagens dos filtros. Quando da época deste estudo, todos esses rejeitos eram dispostos no meio ambiente, sem qualquer tipo de tratamento.

Em outra vertente, têm-se os impactos ambientais causados pelos resíduos como os sacos de plástico que armazenavam o sulfato de alumínio sólido e os de papel que armazenavam a cal hidratada, sendo descartados cerca de 4.900 e 4.000 sacos por ano, respectivamente, assim como, os resíduos provenientes das lavagens dos tanques onde são preparadas as soluções dos produtos químicos usados no tratamento, basicamente sulfato de alumínio sólido e cal hidratada, sendo verificado em todas as ETAs que não havia quantificação, nem um destino adequado para todos estes resíduos.

Quanto aos parâmetros físico-químicos das águas brutas, têm-se somente os parâmetros analisados da águas dos mananciais que abastecem a ETA 1, 3, 4 e 5, onde nas três últimas unidades os valores são iguais, observando que o valor da cor aparente nas ETAs 3, 4 e 5 é cerca de 3 vezes maior que da ETA 1, mostrando que as bacias hidrográficas a montante do canal do Imunana, já sofre efeitos dos impactos ambientais decorrente de atividades antropogênicas.

O controle laboratorial da qualidade das águas bruta e distribuída, que deve ser feito diariamente (coletas a cada duas horas) nas ETAs, é totalmente deficiente, visto que à época deste estudo, somente a ETA 1 possuía todos os aparelhos (turbidímetro, colorímetro, pHgâmetro e aparelho para realização do teste dos jarros) necessários para que o operador pudesse realizar as análises mínimas e os ensaios de floculação, que permitissem a aferição dos parâmetros físico-químicos, como cor aparente, pH, turbidez e residual de cloro e, nas demais ETAs, as análises eram realizadas com reagentes (ortotolidina, azul de bromotimol, tiosulfato de sódio e amônia), através do método visual comparativo a padrões pré-estabelecidos e da detecção de presença ou ausência (cloro residual e detecção de vazamento do cloro no sistema de desinfecção).

Outro fator importante a ser considerado, é a falta de instalações e equipamentos para a aplicação do flúor na água a ser distribuída, que tem como objetivo o combate às cáries da população abastecida por rede oficial, onde das seis ETAs pesquisadas, nenhuma possuía um sistema de aplicação de flúor, sendo esta condição determinada por legislação federal.

Com relação aos consumos e custos da energia elétrica, as ETAs 1, 2 e 4, são as que apresentam os maiores valores, principalmente a última unidade, devido ao consumo dos equipamentos eletromecânicos das elevatórias de água tratada serem bastantes expressivos em relação aos outros equipamentos internos pertencentes aos processos do tratamento da água.

A situação de maior destaque é da ETA 4 que apresenta o maior consumo dentre todas as unidades, devido ao alto consumo da elevatória de água tratada, podendo ser comparado com o da ETA 3 que, assim como ela, possui três flocluladores mecânicos de mesmo tipo, com funcionamento em tempo integral e com um consumo médio mensal correspondendo a 16,2% do consumo médio mensal da ETA 4.

Em outra situação encontra-se a ETA 6 que apresenta o menor consumo dentre todas as unidades, sendo dotada de somente um floclulador mecânico, assim como a ETA 2, com as mesmas características, mas ao contrário desta não tem nenhum outro equipamento eletromecânico de grande porte que represente grandes consumos, tendo somente duas bombas de pequeno porte para o abastecimento do reservatório de água de lavagem dos filtros.

Na ETA 1 a situação é semelhante, onde esta tem a sua conta de consumo de energia medida junto com a da elevatória de água tratada, mas internamente esta tem duas bombas de pequeno porte que abastecem o reservatório de água de lavagem dos filtros, considerando que das seis ETAs, esta é a única construída em alvenaria e dotada de dois flocluladores

hidráulicos, diferenciando das demais, pois com este não há necessidade de se consumir energia elétrica.

Com relação aos recursos humanos, pode ser observado que os operadores têm um bom nível de escolaridade, considerando as responsabilidades e a complexidade que os processos de operação de uma ETA, exigem do operador, mas o direcionamento profissional dos que possuem mais tempo de estudo, não tem relação com as atividades do tratamento de água, ficando evidente que estas são relegadas a um segundo plano na vida profissional dos operadores.

Em nenhuma das seis ETAs foram encontrados qualquer representante da CIPA, como determina a NR-5, que pudesse orientar e fiscalizar o uso dos EPIs, sendo observado, também, a ausência de equipamentos de proteção como, luvas, máscaras de gás, calçados apropriados, mapas de risco, dentre outros.

## **7.2. Recomendações**

Com objetivo de se prevenir uma iminente crise devido ao aumento da demanda por água, recomenda-se um estudo para o aumento da oferta de água para o abastecimento das populações dos municípios onde se localizam estas ETAs, considerando que já se verifica nestas regiões um considerável crescimento da população residente.

Para um maior e melhor controle das perdas físicas, recomenda-se a criação de um programa de controle de perdas específico para cada ETA, obedecendo suas características individuais, onde deve ser criada uma equipe que seja responsável pela busca de soluções, treinamento e pela melhora na conscientização dos operadores acerca da importância, para o processo, da redução das perdas físicas.

As águas perdidas nas lavagens dos filtros correspondem às maiores quantidades nos índices das perdas físicas de uma ETA e, por isso, recomenda-se, a formulação de projetos com objetivo de promover transformações nos sistemas de filtrações das ETAs 2, 3, 4 e 5, onde os filtros são autolaváveis, por filtros retrolavados com águas provenientes de reservatórios elevados, onde, devido ao fato das unidades filtrantes serem vasos comunicantes, poderiam, no projeto, serem consideradas uma única unidade e todos os filtros

seriam lavados de uma só vez, economizando tempo e água, pois para cada filtro lavado tem que ser descartada uma enorme quantidade de água.

As melhores unidades para um possível projeto piloto são as ETA 2 e 5, que já dispõe de reservatórios construídos e que poderiam ser aproveitados.

Com relação às perdas não contabilizadas, recomenda-se a criação de um programa de manutenção, de preferência preventiva, onde, periodicamente, os prováveis pontos de vazamentos seriam monitorados e caso constatados, debelados o mais rápido possível.

As quantificações dos volumes das ETAs são bastante subjetivas, por isso é recomendada a instalação de equipamentos (hidrômetros) de última geração que possibilitem a aferição destes volumes, preferencialmente no ponto de chegada da água bruta e no da água a ser distribuída, assim como uma melhor forma de se quantificar os volumes das águas que são perdidos pelas ETAs.

Recomenda-se para as dosagens dos produtos químicos, além da questão dos equipamentos laboratoriais, uma pesquisa, como realizada na ETA 1, nos pontos e nas formas de aplicação do coagulante em cada ETA, pois há possibilidades de se melhorar o desempenho do produto químico ao se encontrar um ponto ideal de aplicação, ou se mudar o modo como este esteja sendo dosado na água.

Quanto aos produtos químicos, recomenda-se o armazenamento dos sacos de sulfato de alumínio sólido e da cal hidratada, de acordo com as orientações constantes na NBR 12.216/1992 e posteriormente a substituição do sulfato de alumínio sólido pelo sulfato de alumínio líquido, em todas as ETAs, considerando que na utilização deste, a geração de resíduos, considerando os sacos vazio, é inexistente, pois caminhões tanques poderão descarregar em tanques principais nas ETAs, sendo o produto bombeado até os dosadores, sem deixar resíduos e sem que haja necessidade do contato direto com o ser humano.

Para a questão dos resíduos gerados no tratamento da água, recomenda-se um aprofundamento nas pesquisas na quantificação e qualificação dos resíduos, pois provavelmente cada ETA, produzirá um tipo de resíduo, devido às diferentes características de seus processos de tratamento e das bacias hidrográficas onde estão suas captações.

Sendo prováveis resíduos de características diferentes, recomendam-se estudos individualizados para cada unidade e posteriormente a implantação das soluções encontradas.

Recomenda-se, após pesquisa apurada acerca dos microrganismos patogênicos, o reuso das águas de lavagens dos filtros que são descartadas em grande volumes e com uma

baixa carga de sólidos, podendo ser realizada sem grandes custos e com grandes resultados na questão da redução das perdas físicas.

É de grande importância para o tratamento a conservação dos mananciais, por isso, é recomendável que os gestores das ETAs, façam contato com o setor de meio ambiente da empresa e proponha a parceria com os órgãos de controle ambiental sejam municipal ou estadual, para um programa permanente voltado para a proteção dos mananciais e até mesmo a adoção de ações mitigadoras.

Com as ETAs operando com precário controle da qualidade das águas bruta, decantada, filtrada e distribuída, a recomendação principal é prover, em substituição aos reagentes, as ETAs com equipamentos que possibilitem ao operador a realização das análises físico-químicas da turbidez, do pH, da cor aparente, do cloro residual e do flúor, sendo estas análises básicas para o bom funcionamento operacional de uma ETA.

Para a redução do consumo da energia elétrica, recomenda-se a pesquisa de equipamentos de última geração que possam suprir as necessidades das ETAs com um menor custo de energia possível e, também, a pesquisa vislumbrando a possibilidade da substituição, nas ETAs, dos floculadores mecânicos por hidráulicos.

Recomenda-se que o gestor convide palestrantes que sejam especialistas no assunto, para que os funcionários das unidades de tratamento tenham melhor consciência do custo da energia elétrica para a empresa e quais as melhores atitudes para que cada um faça sua parte com objetivo de economizá-la.

Com relação aos recursos humanos, recomenda-se uma maior interação, caso não haja, entre os gestores e os operadores, através de reuniões periódicas com todos, dando a oportunidade da participação dos operadores nas decisões através de caixas de sugestões ou algo semelhante, sendo aproveitadas as propostas que resultem em benefícios e melhorias nas unidades e que sejam compartilhados por todos, considerando que são os operadores que conhecem as necessidades das unidades mais profundamente.

Recomenda-se ao gestor das ETAs a busca constante da melhoria na qualificação de seus subordinados, solicitando às instancias superiores novos cursos de capacitação dos operadores, considerando as novas tecnologias de tratamento e as novas exigências legais relacionadas aos padrões de lançamento de efluentes e da qualidade da água distribuída, além da implementação de um programa de aumento da escolaridade destes, com carreiras relacionadas com as atividades do tratamento, fazendo com que estes se sintam como uma parcela importante dentro do processo.

Depois de consideradas as avaliações anteriores, são recomendáveis ações que propiciem a implantação de sistemas de gestões ambientais, em cada uma das unidades de tratamento, baseados nas normas ISO 14.000.

Esta recomendação é para que as seis ETAs venham incorporar procedimentos que poderão proporcionar um salto qualitativo nas relações dos processos ligados ao tratamento de água para o consumo humano, com o meio ambiente.

Recomenda-se o comprometimento da alta gerência no processo de criação da CIPA, na formação de um grupo voltado para a área de segurança e saúde ocupacional, orientando e fiscalizando os profissionais nos usos dos EPIs e a adoção de procedimentos com base na OHSAS 18001, objetivando a certificação de alguma das seis ETAs ou, de todas as unidades.

Considerando a implantação de um sistema de gestão ambiental, baseado na ISO 14001, e um de segurança e saúde ocupacional, baseado na OHSAS 18001, recomenda-se a integração dos sistemas, para que haja a busca da melhora do meio ambiente externo e interno das ETAs.

A implantação de um sistema de gestão ambiental mostra ao público externo o compromisso da alta administração da empresa com as questões de se minimizar, ou eliminar, os impactos ambientais, pois em uma empresa de saneamento ambiental, as questões ligadas à preservação ambiental são importantes, pois além de beneficiar a sociedade como um todo, preserva os recursos hídricos, sua mais importante matéria prima.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil*. Brasília, 2006. 176 p

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. *Estabelece de forma atualizada e consolidada as condições gerais de fornecimento de energia elétrica*. Resolução, 456, 29 de nov. de 2000. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 29 nov. 2000. 23p.

AGENDA 21. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. *Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992: Rio de Janeiro)*. 2. Ed. Brasília: Senado Federal. Subsecretaria de Edições Técnicas, 1997. 598 p.

ALBUQUERQUE, C. M. et al. *Iniciativas integradas para a capacitação do prestador de serviço de saneamento no combate ao desperdício de energia elétrica*. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande/MS, 2005. ABES, V-034, p 1-11.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th ed*. Washington, 1998.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Water treatment plant waste management*. American Water Works Association Research Foundation, Denver, 459 p., 1987.

ANDREOLI, C. V. (Coord.). *Alternativas de uso de resíduos do saneamento*. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Projeto PROSAB.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ÁLCALIS E CLORO DERIVADOS. *Manual de Cloro*. 3. Ed. Rio de Janeiro, 1989. 27 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004 – Resíduos sólidos – Classificação*. 2. Ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

\_\_\_\_\_. *NBR 12.216 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 18 p.

\_\_\_\_\_. *NBR ISO 14.001: Sistemas de gestão ambiental - Especificações com orientação e uso*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 27 p.

BARROS FILHO, A. M. de, et al, *Prospecção das necessidades de capacitação técnica dos prestadores de serviço de abastecimento de água no Brasil*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCD. Brasília, 2004. p 117.

BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. *Metais e sólidos: aspectos legais dos resíduos de estações de tratamento de água*. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa. Anais... ABES - trabalhos técnicos, I-064, p 1-11, 2001.

BARTH, F. T. *Aspectos institucionais do gerenciamento de recursos hídricos*. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.; (Org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. Ed. – São Paulo: Escrituras Editora, 2002. Cap. 17. p. 563-597.

BENETTI, A.; BIDONE, F. *O meio ambiente e os recursos hídricos*. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. Cap. 22. p. 849-876.

BIDEGAIN, P; VÖLKER, C. M. *Bacia hidrográfica dos rios São João e das Ostras – Águas, terras e conservação ambiental*. Rio de Janeiro: Consórcio Intermunicipal para a gestão das bacias hidrográficas da Região dos Lagos, rios São João e região costeira – CILSJ, 2003. 170 p.

BRASIL. Decreto, 24.643, 10 de jul de 1934 (Código de águas). Estabelece critérios para os usos da águas de direito público e privado no Brasil. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 20 jul. 1934.

\_\_\_\_\_. Decreto, 76.872, 22 de dezembro de 1975. Regulamenta a Lei n. 6.050, de 24 de maio de 1974, que dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 23 dez. 1975.

\_\_\_\_\_. Lei, 6.050, 24 de maio de 1974, que dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas públicos de abastecimento. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 27 jun. 1974.

\_\_\_\_\_. Lei, 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 31 ago. 1981.

\_\_\_\_\_. Constituição da República Federativa do Brasil (1988). Brasília: Senado Federal - Secretaria Especial de Editoração e Publicações; Subsecretaria de Edições Técnicas, 2006. 54 p.

\_\_\_\_\_. Lei, 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

\_\_\_\_\_. Lei, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 13 fev. 1998

\_\_\_\_\_. Lei, 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

BRASIL. Decreto, 5.440, 04 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para a divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 05 maio 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Brasília: MMA, 2006. v. 1.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria, 635/Bsb, 26 de dezembro de 1975. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água dos públicos de abastecimento, destinada ao consumo humano, tendo em vista a Lei n.º 6050/74. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 30 jan. 1976.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Portaria n.º 518, 25 de março de 2004. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005. 28 p.

BRITISH STANDARDS INTERNATIONAL. OHSAS 18001: *Occupational Health and Safety Management Systems*. Specifications. London, 1999.

BUREAU VERITAS. *Auditorias internas de SGI conforme ISO/DIS 19011*. São Paulo, 2002.

CAMPOS, S. X.; DI BERNARDO, L.; VIEIRA, E. M. *Influência das características da substâncias húmicas na eficiência da coagulação com sulfato de alumínio*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, n.º 3, p 194-199, jun./set. 2005.

CATAGUASES, I. Q. *Informativo técnico com as especificações do sulfato de alumínio sólido*. Indústrias Químicas Cataguseses. Cataguases/MG. Disponível em: <www.gcq.com.br>. Acesso em: 04 maio 2006.

CHAIB, E. B. D. *Proposta para implementação de sistema de gestão integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da indústria metal-mecânica*. 2005. 126 p. Dissertação de Mestrado. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

CICCO, F. *A primeira norma de âmbito mundial para certificação de sistemas de gestão da SST*. In: *Manual sobre sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho*. São Paulo: Risk Tecnologia em Riscos Ind., vol. III - OHSAS 18001, jun. 1999.

\_\_\_\_\_. *Sistemas integrados de gestão*. Disponível em: <www.qsp.com.br/artigo.shtml>. Acesso em: 18 out. 2002.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS – CEDAE. *Plano diretor de abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: relatório final*. – Rio de Janeiro, 1985. 296 p.

\_\_\_\_\_. *Normas e Procedimentos Gerais para Operadores de ETA*. Produzido em mar. 2006.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS – CEDAE. *Publica o relatório síntese referente aos resultados de Janeiro a Junho de 2007 das análises químicas, físico-químicas e bacteriológicas da água bruta dos sistemas de produção da Região Metropolitana de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05*. Produzido em, 16 jun. 2007.

\_\_\_\_\_. *Aquisição por compra de cal hidratada para ETA Laranjal*. Especificações – Anexo I. Disponível em:

<[www6.caixa.gov.br/municipios/docspgeoc/editais/ED\\_33352394000104\\_002\\_2007.pdf](http://www6.caixa.gov.br/municipios/docspgeoc/editais/ED_33352394000104_002_2007.pdf)>

Acesso: 15 de nov. de 2007.

CONEJO, J. G. L.; LOPES, A. R. G.; MARCKA, E. *Medidas de redução de perdas: elementos para planejamento*. PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1999. p 31.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. *Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente*. Resolução nº. 1, de 23, jan. 1986. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 17 fev. 1986. 23 p.

\_\_\_\_\_. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Resolução nº. 357, de 17 de mar. de 2005. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. 23 p.

\_\_\_\_\_. Resolução nº. 274, de 23, jan. 1986. *Diário Oficial da União*, 17 fev. 1986. 23 p.

CORAZZA, R. I. *Gestão ambiental e mudanças da estrutura organizacional*. ERA-eletrônica, v. 2, n. 2, jul./dez. 2003.

CORDEIRO, J. S.; CAMPOS, J. R. - *O impacto ambiental provocado pela indústria da água*. Revista Saneamento Ambiental, São Paulo, nº. 56. p 52-57, mar./abr. 1999.

\_\_\_\_\_. *Aplicação dos conceitos da ISO 14.000 em ETAs*. Revista Saneamento Ambiental, São Paulo, nº. 92. p - 26-30 Edição Especial, jan. 2003.

\_\_\_\_\_. *O Problema dos lodos gerados nos decantadores em estações de tratamento de água*. São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo apud BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. *Metais e sólidos: aspectos legais dos resíduos de estações de tratamento de água*. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa. Anais... ABES - trabalhos técnicos, I-064, p 1-11, 2001.

COSTA, H.; TEUBER, W. *Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma abordagem Geral*. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 160p.

COURA, S. P. *Guia prático da conta de energia elétrica no saneamento*. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDa. Disponível em: <www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em: 21 jun. 2006.

DI BERNARDO, L. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. Rio de Janeiro. ABES, 1993 apud. MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. 2. Ed. – Rio de Janeiro: ABES, 2000. 416 p.

\_\_\_\_\_; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. – São Carlos: RiMa Editora, 2002. 248 p.

\_\_\_\_\_; DANTAS, A. D. B. *Métodos e técnicas de tratamento de água* – 2. Ed. – São Carlos: RiMa Editora, v. 2, 2005.

EPELBAUM, M. *Sistemas de gestão ambiental*. In: JÚNIOR, A. V.; DERMAJOROVIC, J. (Orgs.). *Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações*. São Paulo: Editora Senac, 2006. p. 115-148.

FERNANDES, J. V. G. et al. *Introdução práticas de produção mais limpa em sistemas de gestão ambiental certificáveis: uma proposta limpa*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 6, nº 3, jul./set 2001 e nº 4, out./dez. 2001.

FERREIRA, S. S. F.; LAJE FILHO, F. A. *Redução de perdas e tratamento de lodo em ETA*. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDa Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1999. p. 23. apud. American Water Works Association. *Water treatment plant waste management*. American Water Works Association Research Foundation, Denver, 459 p., 1987].

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE - FEEMA. Comissão Estadual de Controle da Água – CECA – *Estabelece as diretrizes do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos - PROCON ÁGUA*. DZ-942.R-7, aprovada pela Deliberação CECA nº 1.995, de 10 de out. de 1990. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 14 jan.1991.

\_\_\_\_\_. *Manual do meio ambiente; métodos*. Vol. 2. Rio de Janeiro, 1983 127 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. *Manual de saneamento*. 3. ed. rev. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 408 p.

FUNDAÇÃO SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE RIOS E LAGOAS - SERLA. *Define a base legal para estabelecimento da largura mínima da FMP e dá outras providências*. Portaria SERLA, Rio de Janeiro, 324, 28 ago. 2003.

GROENEWEGEN, P.; VERGRAGT, P. *Environmental issues as treats and oportunities for technological inovation. Technology Analysys an Strategic Management*, v. 3, n. 1, p. 43-55, 1991 apud CORAZZA, R. I. *Gestão ambiental e mudanças da estrutura organizacional*. ERA-eletrônica, v. 2, n. 2, jul./dez., 2003. Disponível em: <[www.rae.com.br/eletronica](http://www.rae.com.br/eletronica)>. Acesso em: 16 ago. 2007.

HELDER, C. *Subsídios para a gestão dos recursos hídricos da bacias hidrográficas dos rios macacu, são joão, macaé e macabu* – SEMA – Rio de Janeiro, 1999.

HELLER, L. *Saneamento e Saúde*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde, 1997.

HENKES, S. L. *Histórico legal e institucional dos recursos hídricos no Brasil*, 2003. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=4146>>. Acesso em: 14 nov. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Demográfico 2000*. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. Contagem da população 2007 e estimativas da população 2007. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 14 nov. 2007.

JÚNIOR, A. C. *O azul da Terra*. Revista Superinteressante: especial ecologia – Como salvar a Terra, São Paulo, p. 26-33, jun. 2001.

LANNA, A. E. *Gestão dos recursos hídricos*. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. Cap. 19. p. 727-768.

LOPES, R. de M. L., MATTOS, A. de O. *Sistema de gestão ambiental integrado - SGAI: proposta metodológica segundo a abordagem da gestão de ruptura*. Revista Engenharia, Ciência e Tecnologia. Vol. 4. nº 6, p. 33-34 – nov./dez. 2001.

MACHADO, C. J. S. *O mundo da administração pública das águas do estado do rio de janeiro, segundo o olhar de um antropólogo*. Revista Horizontes Antropológicos, Porto Alegre, ano 12, nº 25, p 171-190, jan./jun. 2006.

MAGRINI, A. *Política e Gestão Ambiental: Conceitos e Instrumentos in: Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas*, Rio de Janeiro, COPPE / UFRJ, pp. 9–19. 2001 apud CHAIB, E. B. D. *Proposta para implementação de sistema de gestão integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da indústria metal-mecânica*. 2005. 126 p. Dissertação de Mestrado. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

MEDEIROS, E. B. de. *Um modelo de gestão integrada, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional para o desenvolvimento sustentável: setor de mineração*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2003.

MENEZES, S. W. C. *Cadastro dos sistemas de abastecimento de água na área de atuação da superintendência imunana-laranjal*. CEDAE - Rio de Janeiro, 2006. p 1-7.

MIRANDA, C. R. e DIAS, C. R. *PPRA/PCMSO: auditoria, inspeção do trabalho e controle social*. Cadernos de Saúde Pública, jan./fev. 2004, vol.20, nº. 1, p.224-232.

MOREIRA, M. S. *Estratégia e Implantação de Sistema de Gestão Ambiental (Modelo ISO 14000)*. 3. Ed. – Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2006. 320 p.

MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. 2. Ed. – Rio de Janeiro: ABES, 2000. 416 p.

NETTO, J. M. A., et al. *Manual de Hidráulica*. 8 ed. – São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1998. 670 p.

\_\_\_\_\_. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. 3. Ed., São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. 320 p. v. 2.

NIEMEZYNOWICZ, J. *Urban hydrology and water management – present and future challenges*. Elsevier–UrbanWater. 1999. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/urbwat](http://www.elsevier.com/locate/urbwat)>. Acesso em: 20 maio 2006.

NOGUEIRA, D. P. *Incorporação da saúde ocupacional à rede primária de saúde*. Revista de Saúde Pública, São Paulo. nº. 18, p. 495-509, 1984.

PARSEKIAN, M. P. S; *Análise e proposta de formas de gerenciamento de estações de tratamento de águas de abastecimento completo em cidades de porte médio do estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1998.

\_\_\_\_\_; CORDEIRO, J. S. *Aquisição de produtos químicos em ETA: avaliação crítica*. Revista Saneamento Ambiental, nº 95, maio/jun., 2003. p 50-54.

POMPEU, C. T. *A gestão das águas e a competência estadual*. In: MACHADO, C. J. S. (Org.). *Gestão de águas doces*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. Cap. 2. p. 39-72.

REALI, M. A. P. (Coord.). *Noções gerais de tratamento de disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 240 p. (Projeto PROSAB).

REBOUÇAS, A. C. *Água doce no mundo e no Brasil*. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.; (Orgs.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. Ed. – São Paulo: Escrituras Editora, 2002. Cap. 01. p. 01-37.

REIS, L. F. S. S. D.; QUEIROZ; S. M. P. *Gestão ambiental em pequenas e médias empresas* – 1. Ed. – Rio de Janeiro: Qualimark Ed., 2002. 140 p.

RICHTER, C. A., *Tratamento de lodos de estações de tratamento de água*. 1. Ed. – São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 102 p.

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei, 3.239, 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos; cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; regulamenta a Constituição Estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 02 ago. 1999.

\_\_\_\_\_. Lei, 4.427, 16 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do estado do rio de janeiro e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 16 dez. 2003.

\_\_\_\_\_. Decreto, 35.724, 18 de junho de 2004. Dispõe sobre a regulamentação do art. 47 da lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999, que autoriza o Poder Executivo a instituir o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNDRHI, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 22 jun. 2004.

\_\_\_\_\_. Decreto, 40.156, 17 de outubro de 2006. Estabelece os procedimentos técnicos e administrativos para a regularização dos usos de água superficial e subterrânea, bem como, para ação integrada de fiscalização com os prestadores de serviço de saneamento básico, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 17 out. 2006.

\_\_\_\_\_. Constituição do Estado do Rio de Janeiro, de 5 de novembro de 1989. Rio de Janeiro. Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 1989. 135 p.

RUELLA, N. C. *Processo de implementação de sistemas de gestão integrada com base nas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, BS 8800, SA 8000 e OIT SGSST 2001*. II Congresso Latinoamericano de Calidad en La Industria del Petroleo y del Gas. Bariloche, 28 a 31 mar 2004.

SARON, A.; LEITE, V. M. B. *Quantificação de lodo em estação de tratamento de água*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa. ABES - Trabalhos técnicos, 2001, I-075. p 1-11 apud TSUTIYA, M. T. *Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água* 1. Ed. – São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. 185 p.

\_\_\_\_\_. *Gerenciamento de energia na ETA Guaraú – Redução de custos para a empresa, economia de energia elétrica para o país*. Revista Saneas, nº 09. AESABESP. São Paulo. Setembro, 1998, apud TSUTIYA, M. T. *Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água* – 1. Ed. – São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. 185 p..

SEMAICT. Turismo ecológico. Serra do sambe. Secretaria Municipal de Agricultura, Indústria, Comércio e Turismo. Prefeitura de Rio Bonito. Disponível em: <[http://www.riobonito.rj.gov.br/turismo\\_02.htm](http://www.riobonito.rj.gov.br/turismo_02.htm)>. Acessado em: 13 fev. 2008.

SILVA, E. R. et al. *Certificação de sistemas de gestão ambiental: uma abordagem histórica e tendências*. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, XXVIII, 2002. Cancun, México. AIDIS, 2002. p 1-8.

SILVEIRA, A. L. L. *Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica*. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. Cap. 2. p. 35-51.



TATTON et al. Jornal Eletrônico da Água - Associação Guardiã da Água - *Tratamento de Água*. Disponível em: <[www.agua.bio.br/botao\\_d\\_L.htm](http://www.agua.bio.br/botao_d_L.htm)>. Acesso em: 16 set. 2007.

TSUTIYA, M. T. *Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água*. 1. Ed. – São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. 185 p.

\_\_\_\_\_. *Abastecimento de água*. 2. Ed. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. 643 p.

TUNDISI, J. G. *Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez*. São Carlos: RiMa, IIE, 2003. 284 p.

VIANNA, M. R. *Casas de química para estações de tratamento de água*. 2. Ed. Belo Horizonte: Imprimatur Artes Ltda., 2001. 122 p.

\_\_\_\_\_. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. 4. Ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 2002. 576 p.

YOUNG, M. C. F. *Considerações sobre a implementação da nova política de recursos hídricos no estado do rio de janeiro*. Escola Nacional de Ciências Estatísticas – ENCE/IBGE. Disponível em: <<http://www.unifor.br/notitia/file/368.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2007.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)