



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

PROBLEMAS OPERACIONAIS NA INDÚSTRIA DA ÁGUA: CONSUMO EXCESSIVO DE CLORO NA LINHA TRONCO DE DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA GURJAÚ E LODOS GERADOS PELAS 6 MAIORES ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE



Mestranda: Rosangela Gomes Tavares

Orientador: Mario Takayuki Kato

RECIFE, 08 DE SETEMBRO DE 2003

**PROBLEMAS OPERACIONAIS NA INDÚSTRIA DA ÁGUA:
CONSUMO EXCESSIVO DE CLORO NA LINHA TRONCO DE
DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA GURJAÚ E LODOS GERADOS
PELAS 6 MAIORES ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA
REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Mario Takayuki Kato.

Recife, 08 de setembro

Departamento de Engenharia Civil da UFPE

2003

T 231p

Tavares, Rosangela Gomes

Problemas operacionais na indústria da água: consumo excessivo de cloro na linha tronco de distribuição do sistema Gurjaú e lodos gerados pelas 6 maiores estações de tratamento de água da região metropolitana do Recife / Rosangela Gomes Tavares. – Recife: O Autor, 2003.

v, 145 folhas: il.color.; fots.; tabs e gráfs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco CTG. Depto. De Engenharia Civil, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2003.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Água - Tratamento. 2. Residual de cloro. 3. Lodos – ETA. I Título

628.16 CDD (21^a .ed)

UFPE/ BCTG/2004-4

**PROBLEMAS OPERACIONAIS NA INDÚSTRIA DA ÁGUA:
CONSUMO EXCESSIVO DE CLORO NA LINHA TRONCO DE
DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA GURJAÚ E LODOS GERADOS
PELAS 6 MAIORES ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA
REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

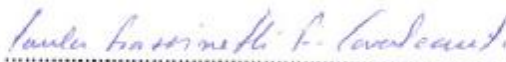
por

Rosângela Gomes Tavares

Dissertação defendida e aprovada em 08 de setembro de 2003 pela banca examinadora constituída pelos professores doutores abaixo assinados:



Mario Takayuki Kato (Ph.D.)
Orientador



Paula Frassinetti Feitosa Cavalcanti (Ph.D.)
Examinadora



Roque Passos Piveli (D.Sc.)
Examinador



Edmilson Santos de Lima (Ph.D.)
Examinador

Recife, 08 de setembro de 2003

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rodolfo Bezerra Tavares e Leoneide Gomes Tavares pelo apoio e incentivo na realização dos meus sonhos.

Aos meus irmãos Leila Patrícia Tavares e Robson Tavares.

Ao meu cunhado Wladimir Souza pela ajuda com seus conhecimentos de estatística.

Ao meu professor e orientador Mario Takayuki Kato, pelo exemplo de profissionalismo, a quem esmero profunda admiração.

Ao professor, cuja simplicidade é admirável, Edmilson Santos de Lima pelo empenho na resolução dos problemas correlatos à determinação de metais.

À professora Lourdinha Florencio pela ajuda que me deu em muitos momentos deste curso.

Aos demais professores que compõem o grupo de pós-graduação em engenharia civil, os quais repassaram-me valiosos conhecimentos para a composição desta dissertação.

À COMPESA que permitiu a realização desta pesquisa, em especial ao Diretor Técnico, Álvaro Menezes e ao gerente da GPR, Edson Galdino, que permitiram e facilitaram meu acesso às ETAs da RMR.

Aos chefes e funcionários das ETAs da RMR, em especial a Antônio Fontes, chefe da DPS.

Ao Engenheiro José Rubens, pela amizade, pela valiosa ajuda técnica e conhecimentos que muito contribuiu neste trabalho.

Ao chefe do Laboratório de Saneamento Ambiental da UFPE, Ronaldo de Melo Fonseca, pela amizade de velhos tempos e apoio técnico no cotidiano da fase experimental.

Aos meus valiosos colaboradores na parte analítica, Clélio Tavares e Gilvanildo de Oliveira, pela prestativa ajuda técnica.

Às bolsistas Solange Cavalcante e Taciana Antônia dos Santos, pelas vezes que muito as incomodei.

À Cíntia Melquíades, pela ajuda na formatação deste trabalho.

À Laudence Bezerra, secretária do curso de pós-graduação em Engenharia Civil da UFPE.

À Leonice Pimetel, amiga de todas as horas e ajuda na parte analítica nos finais de semana.

À Ana Maria Bastos, pela pessoa amiga e prestativa para com todos, indistintamente.

Aos meus grandes e inesquecíveis amigos: André Felipe Sales Santos, André Luiz Pereira da Silva, Denise Cysneiros, Éster Oliveira Santos, Lucíola Peres, Maria Clara Mendonça, Maria da Penha Stanford, Mauro Cartaxo, Petronildo Bezerra da Silva, Kátia Guimarães, e em especial a Valmir Marques de Arruda, por todos os momentos de angústias nas horas de estudos, pela troca de experiências de vida e pelos muitos momentos de descontração e boas risadas que tivemos juntos durante os três anos deste curso; ressalto também a valiosa experiência que tive com essas pessoas tão distintas e de valores inestimáveis.

A todos que de uma forma ou outra participaram de minha vida durante este período.

E por fim, ao meu Deus, meu Senhor, provedor e auxiliador em todos os dias de minha vida.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1- INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1- Introdução	1
1.2- Objetivos	3
1.2.1- Objetivos Gerais	3
1.2.2- Objetivos Específicos	3
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1- Indústria da água	4
2.2- Teoria do tratamento de água	9
2.2.1- Aeração	9
2.2.2- Coagulação	10
2.2.3- Floculação	11
2.2.4- Decantação	11
2.2.5- Filtração	12
2.2.6- Desinfecção	13
2.2.6.1- Descoberta dos microorganismos	13
2.2.6.2- Teoria da desinfecção	15
2.2.6.3- Principais agentes usados na desinfecção	15
2.2.6.4- Histórico do uso do cloro como agente bactericida	16
2.2.6.5- Cloro: agente bactericida	18
2.3- Estações de tratamento de água	22
2.3.1- ETAs compactas	24
2.3.2- ETAs convencionais	26

2.4-	Resíduos sólidos gerados em ETAs	29
2.4.1-	Resíduos gerados durante a lavagem dos filtros	32
2.4.2-	Resíduos sólidos gerados em decantadores	34
2.4.3-	Metais pesados no meio ambiente	36
2.4.3.1-	Propriedades bioquímicas	36
2.4.3.2-	Elementos traços essenciais ou micronutrientes	37
2.4.3.3-	Elementos não-essenciais	37
2.4.3.4-	Bioacumulação e biotransformação de metais	39
2.4.4-	Alumínio nos lodos de ETAs	40
2.5-	Tratamento físico do lodo	42
2.6-	Disposição dos resíduos de ETAs	44
2.6.1-	Opções de aplicação no solo	46
2.6.1.1-	Uso na agricultura	46
2.6.1.2-	Uso na sicultura	47
2.6.1.3-	Recuperação de Áreas	47
2.6.1.4-	Disposição em áreas especiais	48
2.6.2-	Descarga em ETEs	48
2.6.2.1-	Considerações a respeito do desempenho da ETE e da disposição final do lodo de ETE	49
2.6.3-	Disposição em aterros sanitários	50
3-	CONSUMO EXCESSIVO DE CLORO AO LONGO DA LINHA TRONCO DE ABASTECIMENTO DO SISTEMA GURJAÚ	52
3.1-	Introdução	52
3.2-	Metodologia	56
3.2.1-	Descrição da ETA Gurjaú	56
3.2.2-	Monitoramento da demanda de cloro em função da cor e turbidez em escala de laboratório	57
3.2.3-	Monitoramento ao longo da linha de abastecimento	58
3.2.4-	Precisão dos métodos utilizados na determinação da demanda de cloro	59

3.3-	Resultados e discussões	60
3.3.1-	Monitoramento da demanda de cloro em função da cor e turbidez em escala de laboratório	60
3.3.2-	Monitoramento ao longo da linha de abastecimento	62
3.3.3-	Precisão dos métodos utilizados na determinação da demanda de cloro	67
3.4-	Conclusões	70
4-	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS RESÍDUOS GERADOS NOS DECANTADORES E FILTROS DAS E.T.As DA R.M.R.	72
4.1-	Introdução	72
4.2-	Metodologia	75
4.2.1-	Amostragem	76
4.3-	Resultados e discussões	78
4.3.1-	Características da água bruta	78
4.3.2-	Características do lodo dos decantadores	83
4.3.3	Características das águas de lavagens dos filtros	91
4.3.4	Características da água tratada	97
4.4-	Conclusões	102
5-	QUANTIFICAÇÃO DOS LODOS GERADOS NAS E.T.As DA R.M.R.	104
5.1-	Introdução	104
5.2-	Metodologias	106
5.2.1-	Características gerais das ETAs da Região Metropolitana do Recife	106
5.2.2-	Operacionalização das ETAs da R. M. R.	108
5.2.3-	Parâmetros para quantificação dos lodos gerados nos decantadores convencionais das ETAs da R.M.R.	111
5.2.4-	Parâmetros para quantificação das águas de lavagens dos filtros das ETAs da R.M.R.	111
5.3-	Resultados e discussões	112

5.3.1-	Quantificação dos lodos gerados nos decantadores convencionais das ETAs da R.M.R.	112
5.3.2-	Quantificação das águas de lavagem de filtros das ETAs da R.M.R	116
5.4-	Conclusões	118
6-	DISPOSIÇÃO FINAL PARA OS RESÍDUOS GERADOS NOS DECANTADORES E FILTROS DAS E.T.A s DA R.M.R.	120
6.1-	Introdução	120
6.2-	Quantidade de produtos químicos	121
6.3	Geração de resíduos nas ETAs da RMR	126
6.4	Disposição dos resíduos gerados nas ETAs da RMR	127
7-	CONCLUSÕES GERAIS	129
7.1-	Consumo excessivo de cloro na linha tronco de abastecimento do sistema Gurjaú.	129
7.2-	Caracterização dos resíduos gerados nas ETAs da RMR	130
7.3-	Quantificação dos resíduos gerados nas ETAs da RMR.	131
7.4-	Disposição final dos resíduos gerados nas ETAs da RMR.	132
8-	SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS	133
9-	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
9.1-	Referências Bibliográficas Citadas	134
9.2-	Referências Bibliográficas Consultadas	139
10-	CURRICULUM VITAE	145
APÊNDICE		

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 - Gráfico do consumo de cloro.	20
Figura 2.2 - Constante de decaimento do cloro.	20
Figura 2.3 - Seção de mistura rápida da ETA Gurjaú	27
Figura 2.4 - Filtro rápido da ETA Gurjaú	29
Figura 2.5- Rendimento das plantas em relação ao aumento da concentração de elementos não essenciais e essenciais aos seus metabolismos.	38
Figura 2.6- Fluxograma de todas as etapas de tratamento de água.	44
Figura 3.1 - Esquema demonstrativo da coletas	57
Figura 3.2 - Cloro residual em função da cor e turbidez em água tratada clorada.	61
Figura 3.3 - Cloro residual em função da cor e turbidez em água bruta clorada.	62
Figura 3.4 - Comportamento do cloro residual, cor e turbidez na água tratada ao longo da rede de distribuição.	63
Figura 3.5 - Aumento da condutividade elétrica e cloretos na rede.	64
Figura 3.6 - Consumo de cloro residual e aumento do residual de ferro.	65
Figura 3.7 - Comportamento ao longo da rede dos sólidos totais, cor e turbidez.	66
Figura 3.8 - Comportamento do pH ao longo da rede.	67
Figura 3.9 - Determinação da demanda de cloro por três métodos diferentes.	68
Figura 3.10 - Desvio padrão entre os métodos usados na determinação do cloro residual.	69
Figura 4.1 - Fluxograma de produção de resíduos em uma ETA	73
Figura 4.2 - Lançamento dos resíduos gerados na ETA Gurjaú.	74
Figura 4.3 - Pontos de coleta na ETA Gurjaú.	77
Figura 4.4 - Água bruta (A), resíduo oriundo da descarga do decantador (B) e água de lavagem dos filtros (C), na ETA Suape.	79
Figura 4.5 - Visualização dos detalhes do lodo do decantador (A), água de lavagem dos filtros (B) e da água de lavagem dos filtros após a sedimentação (C), na ETA Suape.	79

Figura 4.6 -	Relação entre condutividade elétrica (A), STD (B) e cloretos (C) na água bruta das ETAs da RMR.	81
Figura 4.7 -	Concentração de ferro na água das ETAs da RMR.	82
Figura 4.8 -	Teor de umidade e sólidos totais no lodo de decantadores nas ETAs da RMR.	84
Figura 4.9 -	Concentração de sólidos totais no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR.	85
Figura 4.10 -	Concentração em g/L dos sólidos totais, fixos e voláteis no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR.	86
Figura 4.11 -	Concentração em porcentagem dos sólidos totais, fixos e voláteis no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.	86
Figura 4.12 -	Concentração da DQO no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.	87
Figura 4.13 -	Concentração da DBO no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.	87
Figura 4.14 -	Relação percentual entre a DQO e a DBO no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.	88
Figura 4.15 -	Relação DQO/DBO no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.	88
Figura 4.16 -	Concentração de alumínio no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.	89
Figura 4.17 -	Dosagem média de sulfato de alumínio aplicada em cada ETA da RMR.	90
Figura 4.18 -	Concentração de ferro na água bruta das ETAs da RMR	90
Figura 4.19 -	Concentração de ferro no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.	91
Figura 4.20 -	Concentração de cloretos na água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.	93
Figura 4.21 -	DQO da água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.	93
Figura 4.22 -	DBO nas águas de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.	94
Figura 4.23 -	Concentração de sólidos totais nas águas de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.	94
Figura 4.24 -	Relação percentual entre os sólidos totais fixos e voláteis na	

água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.	95
Figura 4.25 - Concentração de alumínio na água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.	96
Figura 4.26 - Concentração de ferro na água de lavagem dos filtros nas ETAs da RMR	96
Figura 4.27 - pH da água tratada nas ETAs da RMR.	98
Figura 4.28- Valores médios da cor na água tratada nas ETAs da RMR.	99
Figura 4.29 - Valores médios de turbidez na água tratada nas ETAs da RMR	99
Figura 4.30 - Concentração de alumínio na água tratada nas ETAs da RMR.	100
Figura 4.31- Concentração de ferro na água tratada nas ETAs da RMR.	101
Figura 4.32 - Concentração de manganês na água tratada nas ETAs da RMR.	101
Figura 5.1 - Recebimento do sulfato de alumínio líquido, na ETA Tapacurá.	109
Figura 5.2 - Armazenamento dos cilindros de cloro, na ETA Tapacurá.	110
Figura 5.3 - Decantador da ETA Gurjaú.	110
Figura 5.4 - Lavagem e descarte da água de lavagem de um filtro na ETA Gurjaú.	112
Figura 5.5 - Análise estatística das fórmulas empíricas de quantificação de lodo.	113
Figura 5.6 - Produção de lodo nos decantadores das ETAs Caixa d'Água, Suape e Gurjaú,, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003, determinados segundo a fórmula empírica de KAWAMURA..	114
Figura 5.7 - Produção de lodo nos decantadores das ETAs Alto do Céu, Botafogo e Tapacurá,, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003, determinados segundo a fórmula empírica de KAWAMURA.	115
Figura 5.8 - Relação entre a produção de lodo, turbidez e dosagem de sulfato de alumínio nas ETAs da RMR nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003.	116
Figura 5.9- Produção de águas de lavagem dos filtros das ETAs da RMR nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003.	117
Figura 5.10 - Produção de lodo no decantadores (A) e de água de lavagem dos filtros (B), nas ETAs da RMR.	118

Figura 6.1 - Lavagem do filtro de Gurjaú	121
Figura 6.2 - Consumo mensal de sulfato de alumínio líquido nas ETAs da RMR nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003.	122
Figura 6.3 - Consumo mensal de cloro gasoso nas ETAs da RMR, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003	122
Figura 6.4 - Vazões médias aduzidas nas ETAs da RMR.	123
Figura 6.5 - Turbidez e precipitação pluviométrica no período de estudo na ETA Gurjaú, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003	124
Figura 6.6 - Residual de cloro nas saídas das ETAs da RMR, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003	125
Figura 6.7 - Resíduos gerados nas ETAs da RMR em função do volume de água tratada	126

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 2.1 - Características físicas da água.	07
Tabela 2.2 - Características químicas da água.	08
Tabela 2.3 - Classificação de águas naturais para abastecimento público.	23
Tabela 2.4 - Característica da água de lavagem oriunda de uma mesma água bruta tratada com cloreto férrico e sulfato de alumínio.	33
Tabela 2.5 - Concentração de metais pesados tóxicos aos peixes.	38
Tabela 2.6 - Concentração limite estabelecida para os diferentes metais pesados em efluentes e mananciais classe 1, 2 e 3.	40
Tabela 3.1 - Determinações analíticas, na saída da água tratada na ETA Gurjaú.	57
Tabela 3.2 - Pontos de coleta.	58
Tabela 3.3 - Determinações físico-químicas realizadas no monitoramento da linha tronco do sistema Gurjaú.	59
Tabela 4.1 - Descrição dos pontos de coleta.	76
Tabela 4.2 - Lista de equipamentos utilizados na realização das análises físico-químicas.	78
Tabela 4.3 - Características físico-químicas das águas brutas nas ETAs da RMR.	80
Tabela 4.4 - Características físico-químicas no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR.	83
Tabela 4.5 - Características físico-químicas da água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.	92
Tabela 4.6- Características físico-químicas da água tratada nas ETAs da RMR.	97
Tabela 4.7 - VMP, estipulados pela Portaria nº 1469/2000.	98
Tabela 5.1 - Fórmulas empíricas para quantificar o lodo gerado em uma ETA.	105
Tabela 5.2 - Localização, início de operação e mananciais de cada sistema.	106
Tabela 5.3 - Volume distribuído e municípios atendidos por cada sistema.	107
Tabela 5.4 - Descrição das ETAs convencionais.	107

Tabela 5.5 - Lista de equipamentos utilizados nas determinações físico-químicas realizadas pela COMPESA.	111
Tabela 5.6 - Periodicidade de lavagem dos filtros nas ETAs da RMR.	112
Tabela 6.1 - Valores de cloro residual referenciais de saída para as ETAs da RMR	125
Tabela 6.2 - Classificação das ETAs quanto a disposição de seu resíduo e situação atual de cada estação.	127

PROBLEMAS OPERACIONAIS NA INDÚSTRIA DA ÁGUA: CONSUMO EXCESSIVO DE CLORO NA LINHA TRONCO DE DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA GURJAÚ E LODOS GERADOS PELAS 6 MAIORES ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETAs) DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

RESUMO

A indústria de tratamento de água utiliza a água bruta proveniente de mananciais superficiais transformando-a em água tratada. O monitoramento deste processo é de extrema importância para manter a qualidade do produto gerado, o controle do processo de tratamento e disposição dos resíduos produzidos. Neste sentido, este trabalho visou contribuir para a solução de dois problemas que ocorrem nos sistemas de água da Região Metropolitana do Recife (RMR). O primeiro se refere ao consumo excessivo de cloro na linha tronco de distribuição de água tratada do sistema produtor Gurjaú, observado ao longo de 23 km de tubulação. Foram verificadas variações nas medições de cloretos, cor, ferro, pH, sólidos totais e turbidez. Os resultados mostraram que ocorreram reações de oxidação do ferro, pelo cloro presente na água tratada na tubulação de ferro fundido. O segundo problema se refere ao estudo de quantificação e caracterização dos resíduos gerados nas etapas de decantação e filtração, no processo de tratamento de água das 6 maiores ETAs da RMR. Foi verificado que estas estações, em conjunto tratam em torno de 8,0 m³/s de água, dos quais 4,2% resultam em lodo produzido nos decantadores e 1,6% em água de lavagem de filtros das ETAs. Os resíduos provenientes dos decantadores apresentam uma umidade elevada em torno de 93%, o que lhes conferem um estado fluido, mas com sólidos totais acima de 30 g/L, o que o caracteriza como resíduo sólido, segundo define a NBR 10.004 (ABNT, 1987). A DQO média deste resíduo ficou em torno de 30 g/L e o teor de alumínio foi bastante elevado, em torno de 1 g/L, proveniente do uso do sulfato de alumínio no tratamento. Para as águas de lavagens dos filtros foram encontrados sólidos totais em torno de 0,5 g/L, DQO de 0,3 g/L e alumínio de 0,05 g/L. Outras características também ressaltam a necessidade de tratamento antes de sua adequada disposição, porém no momento a COMPESA lança seus resíduos em cursos d'água próximos as ETAs.

OPERATIONAL PROBLEMS IN THE INDUSTRY OF WATER: EXCESSIVE CONSUMPTION OF CHLORINE IN THE MAIN LINE OF THE WATER SUPPLY SYSTEM OF GURJAÚ AND SLUDGE PRODUCED IN THE SIX LARGEST WATER TREATMENT PLANTS (WTPs) IN RECIFE METROPOLITAN AREA

ABSTRACT

Water treatment plants produce potable water from raw water derived of natural source. Monitoring the process treatment is extremely important to guarantee quality of the final product, to control the operation and the final disposal of the waste produced. This work aimed to contribute into the solution two problems that occur in the water supply system of Recife Metropolitan Area (RMA). The first refers to the excessive chlorine consumption in the main line of the treated water supply in the Gurjaú system, observed along its 23 km extension. Significant variation in several parameters such as chloride, color, iron, pH, total solids and turbidity was observed. The results showed that reactions of iron oxidation occurred in the iron tubes, caused by the chlorine present in the treated water. The second problem refers to the waste produced in the stages of decantation and filtration, in the process of water treatment in the 6 largest WTP of the RMA. These plants treat 8.0 m³/s of water, and 4.2% resulted in sludge produced in the decantation tanks and 1.6% in water for filter washing. The waste derived from the decantation tanks had a high humidity, around 93%, characterizing as a fluid; however, the total solids were above 30 g/L, that characterizes it as a solid waste, according to NBR 10004 (ABNT, 1987). The average COD of the sludge was around 30 g/L and the aluminium level was very high, around 1 g/L, due to the aluminium sulfate used in the treatment. For wastewater resulted in the filters washing, it was found total solids around 0.5 g/L, COD of 0.3 g/L and aluminium around 0.05 g/L. Other characteristics also highlight the need of treatment before the final disposal; however, in the moment the COMPESA discharges the wastes directly to water streams near the WTPs.

1 - INTRODUÇÃO GERAL

1.1- Introdução

A água é uma substância vital ao homem, seja no aspecto da saúde, como no desenvolvimento sócio-econômico. Da água existente no mundo, apenas 1% é doce e está disponível para o uso. Do restante, 97% é água salgada e 2% formam as geleiras inacessíveis. Hoje, parte significativa da população no planeta não tem acesso à água potável e além disso, sofre com problemas sanitários, já que mais de 50% dos rios do mundo estão poluídos, afetando a saúde do homem.

O Brasil detém 77% das águas de superfície da América do Sul; 8% dessa parcela está disponível para uso humano e 80% dessa água está na região Amazônica, onde vive apenas 5% da população brasileira, havendo, portanto, um grande desequilíbrio entre a oferta e a demanda. Além disso, o desperdício, a poluição e a violação das áreas de preservação dos cursos d'água fazem com que os recursos hídricos se tornem ainda mais escassos.

A COMPESA, Companhia Pernambucana de Saneamento, criada pela lei estadual nº 6.307, de 29 de julho de 1971, constitui uma sociedade anônima brasileira de economia mista, de utilidade pública, sendo o estado de Pernambuco o seu maior acionista. Ela é executora da política de saneamento e concessionária dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. A companhia tem o objetivo de fornecer água à população em quantidade e qualidade satisfatória, além de coletar, transportar e dispor de forma adequada os esgotos sanitários e industriais, segundo os padrões estabelecidos por norma. Adicionalmente, a COMPESA deve comercializar os serviços prestados, buscar manter o equilíbrio econômico e financeiro que permita sua permanência como empresa, expandir a oferta de serviço e, primordialmente, zelar pela preservação dos recursos hídricos do Estado. Hoje, a COMPESA atende 84,92% da população com água tratada e 17,64% com sistemas de esgotos sanitários. Para garantir a qualidade da água distribuída, a COMPESA dispõe de 19 laboratórios e 184 estações de tratamento de água em todo estado.

A Região Metropolitana do Recife (RMR) é abastecida majoritariamente por seis grandes sistemas, sendo eles: Alto do Céu, Botafogo, Caixa d'Água, Gurjaú, Suape e Tapacurá.

Nesta dissertação, dois problemas que ocorrem em estações de tratamento de água (ETA) da Companhia Pernambucana de Saneamento serão abordados. O primeiro refere-se à qualidade da água oferecida. E o segundo aos resíduos que são formados a partir das impurezas retiradas das águas brutas tratadas nas 6 maiores ETAs.

A ETA é a unidade inserida num sistema de abastecimento que abrange desde a captação de água bruta até a distribuição da água tratada. Esta unidade deve garantir a qualidade da água produzida, a fim de evitar qualquer malefício à saúde humana. É importante que as suas características físicas, químicas e organolépticas não sofram alterações, desde a ETA até a rede.

A desinfecção tem a função de destruir bactérias que eventualmente tenham acesso ao sistema distribuidor. O uso do cloro é um dos métodos mais usados para garantir a boa qualidade bacteriológica da água. Todavia, este processo pode apresentar alguns inconvenientes devido ao alto poder oxidativo do cloro que, reagindo com substâncias presentes na água, pode gerar produtos indesejáveis, gerando um consumo do cloro residual livre.

Em paralelo à produção de água potável, as ETAs geram resíduos que são comumente chamados de lodos, cuja composição depende das características da água bruta e da tecnologia de tratamento empregada.

Os despejos desses lodos têm sido efetuados em cursos d'água próximos às ETAs ou em galerias de águas pluviais. A resolução do CONAMA 20/86 estabelece os padrões duais (lançamento e corpo receptor), mas dá prioridade à manutenção da qualidade da água no corpo receptor, dentro da classe prevista para o mesmo (CETESB, 1977).

Os resíduos gerados nos decantadores de ETA são classificados como resíduos sólidos pela NBR – 10.004 (ABNT, 1987): “*resíduos sólidos são todos aqueles resíduos no estado sólido e semi-sólido que resultam das atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, de serviços, de irrigação ou agrícolas*”. Nas atividades industriais estão incluídos os lodos de ETAs e ETES (Estações de Tratamento de Esgoto), enquadrados como resíduos classe II – não-inertes (BIDONE, 1997). Dessa forma, esses resíduos não podem ser lançados nos cursos d'água sem o devido tratamento.

”Os efluentes das redes de esgotos, os resíduos líquidos e sólidos domésticos ou industriais somente poderão ser lançados nas águas situadas no território do estado, interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas, desde que não sejam consideradas poluentes na forma estabelecida em decreto-lei. Consideram-se poluentes, para efeito deste decreto-lei, os efluentes e resíduos que ameaçam a saúde, segurança, bem-estar das populações ou prejudiquem a vida aquática, ou ainda, alterem as características das águas receptoras, conferindo características físicas, químicas ou biológicas em desacordo com os índices estabelecidos” (REALI, 1999).

Os despejos das ETAs apresentam altas concentrações de sólidos totais, portanto, devem ser devidamente tratados e dispostos sem que provoquem danos ao meio ambiente. Assim, o lançamento desses resíduos em corpos d’água está, quase sempre, em desacordo com a legislação vigente. A lei ambiental trata esta ação de despejo do lodo como um ato ilegal desde 1976, caracterizando-o como crime ambiental.

1.2- Objetivos

1.2.1- Objetivos Gerais

O primeiro objetivo foi o de um estudo de caso, determinando as causas do consumo excessivo de cloro ao longo dos 23 km da linha tronco de abastecimento do sistema Gurjaú. Foram estudadas as presenças de ferro, turbidez e cor.

O segundo foi o da caracterização física e química dos resíduos gerados nas ETAs, da RMR e a condição de sua atual disposição final.

1.2.2- Objetivos Específicos

- § Avaliar e quantificar os índices físico-químicos causadores do consumo excessivo de cloro ao longo da linha tronco de distribuição do sistema Gurjaú (estudo de caso);
- § Estabelecer o perfil físico-químico e quantitativo dos resíduos gerados pelas ETAs da RMR, e;
- § Avaliar a forma da atual da disposição final dos resíduos de ETAs, da RMR.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- A indústria da água

Durante muito tempo, acreditou-se que a água era um recurso infinito e não devia ser, portanto, motivo de preocupação. Culturalmente, os brasileiros consideram inesgotáveis e abundantes os recursos naturais presentes no território nacional. No entanto, a oferta de água doce no planeta é finita. Dados da UNESCO indicam que 97% da água do mundo é salgada demais para ser usada na agricultura e na indústria. Apenas 3% da água da terra é doce e 2% está nas calotas polares. Resta, no entanto, 1% de toda a água do planeta para servir à humanidade e esta água está ameaçada. Nos últimos cem anos, metade das áreas úmidas que abastecem o planeta com água doce foi perdida. E o homem cada vez mais precisa usá-la. Para se ter uma idéia, no século 19, cada habitante de uma cidade consumia cerca de 60 litros de água por dia. Hoje, a média é de 800 litros.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), 30 milhões de pessoas por ano estão morrendo de epidemias e doenças contagiosas provocadas pela água poluída. Um e meio bilhão de pessoas vivem sem água limpa; 50% da população do mundo vive sem sistemas adequados de purificação. E no Brasil, a falta de água potável e de saneamento é causa de 80% das doenças e 65% das internações hospitalares.

Em 2025, se providências não forem tomadas, o resultado poderá ser dramático; 2/3 da população mundial deverão sofrer com a escassez de água. O alerta vem de um relatório divulgado pelo Fundo Mundial para a Natureza. Duas em cada três pessoas do mundo viverão em países onde a água estará faltando. Já nos dias de hoje, 31 países estão passando por escassez ou falta completa de água. Em 2025, esse número terá crescido para 48 países, inclusive a Índia e, possivelmente, também a China. Os usuários pagam 336 bilhões de dólares por ano, equivalentes a 1% do Produto Global Mundial, para purificação e consumo da água. O consumo mundial de água cresceu sete vezes desde o início do século XX.

Embora o Brasil detenha 11,6% de toda água doce superficial do planeta, 70% dela estão na região Amazônica, e os 30% restantes distribuídos desigualmente pelo país, para

atender a 93% da população. Embaixo do solo existem reservas imensas, como a Guarani, com volume de 48 mil quilômetros cúbicos e em 70% da área no subsolo brasileiro; é a maior do mundo e poderia abastecê-lo por 200 anos. O Brasil, obviamente, tem potencial para se tornar um grande exportador de água no futuro.

O processo acelerado de urbanização e de industrialização, além da expansão da produção agrícola, tem pressionado e deteriorado a qualidade de vida e, mais do que isso, agredido o mais vital dos recursos, que é a água. Ela é o principal indicador da sustentabilidade de um ambiente saudável e equilibrado.

Mas, além de preservar suas reservas naturais, é preciso que o Brasil gerencie o uso da água. Hoje, uma das maiores causas da escassez no mundo é o seu uso desregulado. A água é o petróleo do século 21.

Governos de diversos países, onde foram implantados programas de economia de água, investiram no estudo de caracterização do perfil do consumidor, ou seja, o consumo por tipo de equipamento nas atividades diárias da família. A utilização da água dentro de casas varia de família para família e sua utilização está ligada ao poder econômico e sofre variações de local para local. No Brasil, o estudo de demanda de utilização da água dentro das residências é recente, tendo início em 1995, em um estudo de parceria do IPT e USP com a SABESP. Ainda hoje estamos em estudos constantes para a determinação deste tipo de consumo.

Experiências mostram que por dia, uma pessoa no Brasil gasta de 50 a 200 litros de água, dependendo da sua região. Este consumo tem sua distribuição em chuveiros, torneiras, bacias, máquinas de lavar, entre outros.

Para análise do consumo de água dentro da residência, é necessária uma boa coleta de dados, para uma perfeita caracterização dos ambientes, na qual devem ser analisados: pressão, vazão, clima, população, frequência de utilização, condições sócio-econômicas, produtos instalados, entre outros.

A água constitui um elemento essencial à vida animal e vegetal. O homem tem necessidade de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente a suas necessidades, não só no aspecto vital como também para propiciar seu desenvolvimento econômico. Por isso o serviço de abastecimento de água resulta em melhoria na saúde e nas condições de vida de uma comunidade, principalmente no que diz respeito à prevenção e controle de doenças de veiculação hídrica. Segundo CETESB (1987), doenças de

veiculação hídrica são aquelas em que a água serve como veículo do agente infeccioso. Logo, os investimentos em sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitários são o melhor benefício à saúde pública, pois traduz um aumento na vida média da população e uma diminuição no índice de mortalidade infantil.

Segundo DI BERNARDO (1993), inicialmente as águas precipitadas pelas chuvas absorvem gases como oxigênio, nitrogênio e gás carbônico presentes na atmosfera e ao atingir a terra, parte da água infiltra-se, indo constituir as reservas subterrâneas e outra parte escoar sobre a superfície, atingindo lagos, rios e mares. Neste percurso leva consigo partes dos constituintes desse solo, como carbonatos em regiões calcárias, fertilizantes e biocidas em áreas cuja atividade agrícola seja intensa, e outras substâncias presentes no solo cuja variação depende das atividades desenvolvidas na região. Assim, conferirão à água concentrações de matérias em suspensão, cor e uma variedade de substâncias orgânicas e inorgânicas, alterando a sua qualidade, que por fim define a necessidade ou não e o grau de tratamento a que esta deve ser submetida. DI BERNARDO (1993) classifica as águas naturais em:

- § **TIPO A-** Águas subterrâneas ou superficiais provenientes de bacias sanitariamente protegidas; estas devem ser submetidas à desinfecção e correção de pH.
- § **TIPO B-** Águas subterrâneas ou superficiais provenientes de bacias não protegidas; estas devem ser submetidas ao tratamento convencional, sem coagulação.
- § **TIPO C-** Águas superficiais provenientes de bacias não protegidas e que exige a tecnologia de coagulação química.
- § **TIPO D-** Águas superficiais sujeitas à poluição e que requer além do tratamento convencional com a coagulação, o tratamento complementar apropriado para cada caso.

No geral a água subterrânea é potável, ou necessita de pequenas correções em sua composição para se tornar potável. Água potável, de acordo com a Portaria nº 1469/2000 do Ministério da Saúde, é uma solução que traz dissolvida substâncias, dentro dos limites máximos estipulados pelas normas técnicas de padrão de qualidade, e que pode ser bebida sem causar danos à saúde. A água tratada é aquela submetida a algum tipo de tratamento, que busque torná-la adequada para o consumo. E água bruta é a água na forma que é

encontrada na natureza. As águas contêm diversos componentes, os quais provêm do ambiente natural ou foram introduzidos por alguma atividade. DI BERNARDO (1993) e CETESB (1987) citam os indicadores de qualidade física, mostrados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Características físicas da água.

Cor	Resultado da presença de certas substâncias como ferro e manganês, algas, esgotos domésticos e industriais ou ainda da decomposição da matéria orgânica. Chama-se de cor aparente da água aquela que sofre influência de partículas coloidais em suspensão, quando retiramos estas partículas por centrifugação ou filtração, tem-se então a cor verdadeira.
Turbidez	Presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas, organismo microscópico.
Temperatura	Medida da intensidade de calor, que influi nas propriedades da água como densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido, hidrólise do coagulante e na eficiência da desinfecção.
Condutividade elétrica	Representa a medida dos íons na água, permite avaliar a quantidade de sólidos totais dissolvidos.
Odor e sabor	São consideradas em conjunto, provocam sensações subjetivas nos órgãos sensitivos do olfato e paladar causados pela existência de substâncias orgânicas em decomposição, resíduos industriais, gases dissolvidos, algas, sais.

Fonte: DI BERNARDO, 1993 e CETESB, 1987.

AZEVEDO NETTO e RICHTER (1998), dizem que as características químicas das águas são devidas à presença de substâncias dissolvidas, geralmente avaliáveis somente por meios analíticos. Essas características são de grande importância no aspecto higiênico, econômico e por alguns elementos ou compostos serem indicadores de poluição, inviabilizando o uso de certas tecnologias de tratamento, exigindo outras mais específicas. Na Tabela 2.2 são explicitadas as principais características químicas da água.

Tabela 2.2: Características químicas da água.

Características orgânicas	
Fontes dos constituintes orgânicos	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de moléculas de substâncias orgânicas naturais. • Atividades antrópicas (lançamento de esgoto). • Reações que ocorrem nas ETAs
Características inorgânicas	
pH, alcalinidade e acidez	<p>As características inorgânicas são medidas através de parâmetros como pH, alcalinidade e acidez. Essas medidas têm influência direta no processo de coagulação e cloração.</p> <p>O pH influi na coagulação, cloração e remoção de ferro e manganês solúveis. Pela Portaria 1469(MS,2000), recomenda-se valor de pH entre 6,5 a 9,5 no sistema de distribuição.</p> <p>A alcalinidade influi na coagulação química, pois os coagulantes, sais metálicos, reagem com a alcalinidade. Seu conhecimento indicará o uso ou não de alcalinizante, como também uma melhor escolha do coagulante. A acidez indicará o condicionamento final da água, com o uso de alcalinizante para corrigir o pH final.</p>
Dureza	Dureza é a soma dos cátions polivalentes presentes na água, como cálcio e magnésio associados ao sulfato; estrôncio associado ao cloreto; ferro e manganês associados ao nitrato.
Cloretos	Sua presença indica poluição, porém em regiões litorâneas ocorre em excesso sem que haja indícios de poluição, conferindo sabor salino, quando os valores estão acima de 250 mg/L podem interferir na coagulação.
Sulfatos	Sulfatos têm comportamento semelhante aos cloretos e acima de 250 mg/L têm efeitos laxativos.
Nitritos e nitratos	A presença desses íons em água de abastecimento é um forte indicativo de poluição, que pode ser recente se este está na forma de amônia ou antiga nas formas de nitrato ou nitrito. Além de reagirem com o cloro formando as cloraminas, diminuindo o poder desinfectante do cloro.
Ferro e Manganês	Ferro e manganês geralmente dificultam a coagulação e são problemas de ordem estéticos indesejáveis, além de propiciarem o desenvolvimento de bactérias.
Metais	Alumínio, bário, cromo, cádmio, chumbo, cianeto, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio, sódio e zinco são metais indesejáveis na água, causadores de vários problemas de saúde ao homem.
Características radiológicas	Radiações alfa, beta e gama são causadoras de danos ao homem, como efeitos teratogênicos, mutagênicos e cancerígenos.

Fonte: AZEVEDO NETTO e RICHTER, 1998 e DI BERNARDO, 1993.

Segundo DI BERNARDO (1993), a água desempenha o papel de veículo transmissor de doenças como cólera, febre tifóide, paratifóide, disenteria bacilar, amebíase, giardíase e esquistossomose. Os grupos indicadores de poluição biológica são: coliformes totais; coliformes termotolerantes; bactérias heterotróficas; cianobactérias ou cianofícias ou algas azuis.

2.2- Teoria do tratamento da água

O ciclo das águas naturais justifica o grande número de substâncias contidas na água, que foram dissolvidas por ela em seu percurso. Por ser um solvente universal, ao escoar sobre o solo, leva consigo parte dos constituintes do solo. Em regiões calcárias dissolverá carbonatos, em regiões de atividades agrícolas e fertilização artificial, carrega material de suspensão e produtos químicos que muitas vezes, dependendo de sua concentração, torna imprópria sua utilização para o abastecimento público (REALI, 1999). O tratamento de água visa a correção de agentes higiênicos, estéticos e econômicos como: remoção de bactérias, vírus e outros microorganismos, substâncias nocivas, redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de componentes orgânicos, correção da cor, odor e sabor, redução da corrosividade, dureza, turbidez, ferro e manganês (CORDEIRO e CAMPOS, 1999).

Levando em consideração que a água bruta, captada nos mananciais de superfície, contém suspensões e soluções coloidais, responsáveis pela turbidez e cor, para removê-las é necessário utilizar produtos químicos e algumas operações físicas e químicas. As principais operações e processos utilizados são: aeração; coagulação; floculação; sedimentação; filtração; desinfecção.

2.2.1- Aeração

Conceito

Segundo AZEVEDO NETTO e RICHTER (1998), a aeração consiste em se provocar a troca de gases e substâncias voláteis entre a água e o ar, de maneira a se obter um equilíbrio satisfatório para os teores de tais impurezas.

Objetivos

Remover os gases dissolvidos em excesso nas águas, como: gás carbônico, ácido sulfídrico, substâncias orgânicas voláteis e excesso de cloro.

Introduzir oxigênio para oxidação de compostos ferrosos ou manganosos e aumento do teor de oxigênio e nitrogênio dissolvidos na água.

No Brasil são comuns as águas com teores de ferro e manganês, principalmente em águas superficiais, as quais o ferro se apresenta ligado com a matéria orgânica ou em estado coloidal. Nas águas subterrâneas, o ferro que aparece geralmente, sob a forma de bicarbonato ferroso dissolvido e em águas poluídas com resíduos industriais ou atividade de mineração.

Entre vários processos de remoção do ferro e manganês, incluem-se a aeração seguida de filtração ou coagulação, decantação e filtração.

2.2.2- Coagulação

Conceito

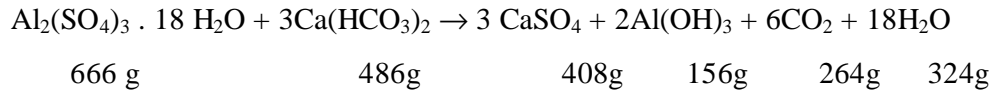
A coagulação é a desestabilização de partículas coloidais, substâncias húmicas e microrganismos em geral.

Objetivo

A CETESB (1987), afirma que as impurezas apresentam carga elétrica superficial negativa, impedindo a aproximação das partículas (cargas de mesmo sinal se repelem). A coagulação, feita pela adição de sais de alumínio ou ferro que formam espécies hidrolisadas com carga elétrica positiva, neutraliza a carga das referidas impurezas, permitindo que as suas partículas se aproximem e formem flocos.

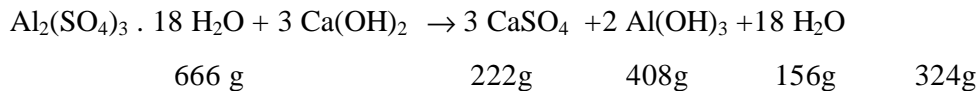
Geralmente os coagulantes primários usados são: sulfato de alumínio, sulfato ferroso, sulfato ferroso clorado, sulfato férrico, cloreto férrico etc. E quando há necessidade de ajustar e manter a alcalinidade faz-se uso de um álcali que pode ser cal virgem, cal hidratada, barrilha e bicarbonato de sódio (AZEVEDO NETO, 1997).

Quando se utiliza o sulfato de alumínio a reação com a alcalinidade natural das águas é a seguinte:



1 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ requer 0,45 mg/L de alcalinidade e libera 0,4 mg/L de CO_2 .

Quando se emprega a cal hidratada para adquirir uma alcalinidade à reação é a seguinte:



1 mg/L de sulfato de alumínio requer 0,25 mg/L de cal hidratada e nesta reação não há liberação de CO_2 .

2.2.3 – Flocculação

Conceito

Esta etapa do tratamento da água permite que sejam formados os flocos e a sua aglomeração, tornando-os maiores e mais pesados, o que facilitará a remoção dos mesmos na etapa posterior.

2.2.4- Decantação

Conceito

Segundo FLORENCIO (1982), a sedimentação é uma operação unitária amplamente utilizada como método de remoção de partículas suspensas mais densas que a água, pela ação da gravidade, nos processos de clarificação de água e tratamento de esgotos.

CETESB (1987) diz que é um fenômeno físico em que as partículas suspensas apresentam movimento descendente no meio líquido, devido à ação da gravidade.

CANALE e BORCHARDT, citados por FLORENCIO (1982), descreveram quatro tipos distintos de sedimentação, refletindo a concentração da suspensão e as propriedades

das partículas, ou seja, o comportamento hidráulico e a tendência das partículas interagirem, dos quais mais de um pode ocorrer simultaneamente.

- § Sedimentação (classe 1) - sedimentação livre ou de partículas discretas. As partículas sedimentam individualmente com velocidade inicialmente crescente e logo depois constantes, não apresentam tendência a flocular, é o caso da sedimentação de partículas de areia.
- § Sedimentação (classe 2) - sedimentação de partículas floculentas em suspensões diluídas, que tendem a flocular, alterando suas características ao longo da trajetória, resultando no aumento de massa e conseqüentemente na velocidade de sedimentação.
- § Sedimentação (classe 3) - sedimentação zonal, ocorre em suspensões concentradas de partículas floculentas, onde as forças inter-partículas são suficiente para impedir a sedimentação das partículas vizinhas. As partículas permanecem em posições fixas em relação às outras, formando uma massa que sedimenta como um todo, formando uma interface distinta entre a massa, o sobrenadante clarificado e a zona onde as partículas vão se acumulando.
- § Sedimentação (classe 4) - sedimentação por compressão, ocorre quando as partículas sedimentadas se acumulam no fundo do decantador, formando uma estrutura de lodo, que é lentamente compactado pelo peso das partículas expulsando a água presa entre as partículas.

Objetivo

Com a decantação das partículas sólidas, o líquido sobrenadante apresenta-se mais límpido e portanto, ao ser coletado neste ponto consegue-se uma água já clarificada.

2.2.5- Filtração

Conceito

Segundo DI BERNARDO (1993) a filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de microorganismos presentes na água que escoam através de um

meio poroso. Em geral, a filtração é o processo final de remoção de impurezas responsável pela produção de água com qualidade condizente com o Padrão de Potabilidade.

Objetivo

Deseja-se, com a filtração, uma água o mais límpida possível. Por ser o último processo físico do tratamento, o ideal é que a água filtrada esteja dentro das especificações desejadas, quanto aos aspectos de cor e turbidez.

Este processo, além de reter os flocos não removidos na decantação tem a extrema importância de retirar microrganismos que vias de regra não são destruídos pelo cloro, tais como: cisto de ameba, esporos de fungos e outros.

2.2.6- Desinfecção

Conceito

A desinfecção é a destruição de microrganismos patogênicos presentes na água (bactérias, protozoários, vírus e vermes).

2.2.6.1- Descoberta dos microorganismos

Segundo CETESB (1974), foi em 1670 que o holandês Antony van Leeuwenhoek trouxe ao mundo a possibilidade da existência de seres vivos microscópicos e que esses seres poderiam ser causadores de doenças no homem, animais e vegetais. Mas essa possibilidade só ficou comprovada em 1870 através de trabalhos de Roberto Koch, porém todos os microorganismos não são transmissores de doenças, apenas uma parcela extremamente reduzida, os de vida parasita que constituem uma exceção à regra geral. Os microorganismos parasitas, são seres que vivem a custa de outros e não vivem em ambientes normais, fora de organismos que lhe sirvam como hospedeiro.

Logo, duas considerações podem ser feitas sobre os microorganismos, segundo CETESB (1974):

- § Os microorganismos que habitam no solo, ar ou água têm vida livre e não parasitária;

§ Os seres patogênicos têm vida obrigatoriamente parasitária, logo sempre que um microorganismo é encontrado em um meio natural, como a água, é porque foram introduzidos juntamente com a matéria eliminada pelo organismo hospedeiro.

CETESB (1974) afirma que o ambiente aquático não abriga os microorganismos patogênicos, esses apenas passam por eles, mas modificam suas características físicas e químicas.

Os principais tipos de microorganismos patogênicos na água são: bactérias, fungos, protozoários, vermes e vírus.

§ Bactérias: microorganismos vegetais unicelulares ou que formam colônias de forma e tamanho variado. As mais frequentes no meio hídrico são *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*, *Salmonella schottmuelleri*, *Salmonella hirschfeldii*, *Vibrio cholerae*, *Shigella dysenteriae*, *Shigella sonnei*, *Shigella flexneri*, *Shigella boydii*, *Mycobacterium tuberculosis*.

§ Vírus: situa-se no limiar entre seres vivos e matéria inerte. Causadores de várias doenças no homem.

§ Protozoários: microorganismos unicelulares pertencentes ao reino animal. Algumas formas são parasitas e localiza-se no trato intestinal, veiculada pela água como a *Entamoeba histolytica*, *Giardia Lamblia* e *Balantidium coli*.

§ Vermes: organismos animais compreendidos em vários grupos biológicos e possui várias espécies, algumas delas parasitas do homem, causando verminoses intestinais e podem ser transmitidas sob a forma de ovos ou larvas, através da água. Como *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Enterobius vermicularis*, *Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus*, *Taenia solium*, *Schistosoma mansoni*.

Os organismos patogênicos são de difícil identificação e sua determinação é indireta, através do índice de coliforme, segundo MOTA (2000), os organismos pertencentes ao grupo coliforme integram um grupo de bactérias originárias no trato intestinal, em especial a espécie *Escherichia coli*, característico das fezes humanas ou de animais homeotermos, a sua presença na água é reveladora de provável existência de microorganismos como bactérias, protozoários, vermes e vírus.

2.2.6.2- Teoria da desinfecção

A desinfecção é uma das etapas de um tratamento que visa a manutenção da qualidade da água, significa a destruição ou inativação de microorganismos prejudiciais, quando presentes na água a ser distribuída. Este processo é seletivo: não destrói todos os microorganismos e nem sempre elimina todos os organismos patogênicos. Deve-se distinguir:

- § Esterilizante: agente capaz de destruir completamente todos os organismos patogênicos e não patogênicos.
- § Desinfetante: agente que destrói germes patogênicos.
- § Bactericida: agente que elimina bactérias.
- § Agentes físicos: aplicação direta de energia sob forma de calor e luz.
- § Agentes químicos: substâncias químicas que atuam sobre os microorganismos. E esse por sua vez podem ser substâncias oxidantes, íons metálicos, álcalis e ácidos entre outros.

Uma água na rede de distribuição não deve apresentar microorganismos coliformes, que são indicadores da contaminação por dejetos humanos e de animais de sangue quente. Por isto, a companhia de abastecimento deve utilizar um eficiente processo de desinfecção, que elimine organismos como bactérias, protozoários, vírus e algas. Geralmente o mecanismo de desinfecção age destruindo a estrutura celular do organismo, inativando suas enzimas responsáveis pelo metabolismo, com isso causam uma interferência na bio-síntese e no crescimento celular. Este processo se realiza por meio de agentes físicos e/ou químicos (DI BERNARDO, 1993; AZEVEDO NETTO E RICHTER, 1998).

2.2.6.3- Principais agentes usados na desinfecção

Os agentes químicos utilizados na desinfecção são:

- § cloro nas formas de cloro gasoso, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, cal clorada ou dióxido de cloro;

- § bromo;
- § iodo;
- § ozônio;
- § permanganato de potássio;
- § peróxido de hidrogênio;
- § e alguns íons metálicos como prata e cobre.

Os agentes físicos são:

- § calor;
- § radiação ultravioleta.

Na escolha do melhor método a ser utilizado para a desinfecção de água potável deve-se levar em conta a destruição de microorganismo patogênicos em tempo razoável, que não devem ser tóxicos ao homem e animais, não devem causar cheiro e gosto nas águas, devem ser de baixo custo, oferecer condições seguras de manuseio e aplicação, produzir residuais persistentes, de fácil e rápida determinação.

2.2.6.4- Histórico do uso do cloro como agente bactericida

Os agentes químicos que se destacam neste processo são: o cloro líquido ou gasoso, o hipoclorito de sódio ou de cálcio, o ozônio, o dióxido de cloro, o permanganato de potássio, a mistura ozônio/ peróxido de hidrogênio, o íon ferrato, o ácido peracético e outros agentes. Até o presente, o cloro continua sendo o mais usado como agente bactericida. O seu uso teve início por volta de 1830, não pela sua ação desinfetante, que até então era desconhecida, mas sim pelo seu poder oxidativo no tratamento da água que continha matéria orgânica, a fim de que melhorasse as suas características organolépticas. A finalidade da oxidação da água e esgoto é converter algumas espécies químicas prejudiciais, em compostos mais simples de baixa ou nenhuma toxicidade. Por volta de 1900, o cloro foi usado junto com o cloreto férrico para coagulação. Mas apenas em 1908 passou a ser usado para a desinfecção de água, sendo reconhecido pela saúde pública em 1910. Porém o seu uso não levava em conta a qualidade da água nem a demanda. Só em 1917 passou-se a conhecer seus residuais. Neste período, desencadeava no Brasil várias epidemias causadas pela água contaminada; em paralelo havia uma resistência quanto ao

uso do cloro, que passou a ser uma medida obrigatória, imposta pelo Governo de São Paulo em 1925, pois o cloro além de ser um desinfetante eficiente, também era de baixo custo operacional. E a partir desta medida governamental começou a ocorrer um decréscimo na taxa de mortalidade por doenças veiculadas à água. E este era aplicado em quantidades que deixassem um residual após 60 minutos da sua aplicação. Estabeleceu-se então um residual de cloro livre, nunca inferior a 0,5 mg/L, de acordo com as normas técnicas, (PORTARIA N° 1469, 2000), isto não é fácil de conseguir principalmente quando as redes são longas, resultando em concentrações altas nos trechos iniciais, causando várias reclamações da população sobre o mau cheiro e gosto. E nos pontos mais distantes ocorre sua depreciação, uma vez que é sabido que o cloro é um elemento muito ativo, capaz de oxidar praticamente todos os metais. Daí que, ao longo de uma linha, ele pode reagir com vários constituintes que estejam presentes na água, provocando uma demanda que não é desejada, desviando sua objetividade, ou seja, deixando de ser usado como desinfetante, dando uma falsa condição de desinfecção (DI BERNARDO, 1993; AZEVEDO NETTO E RICHTER, 1998).

Além do residual livre de cloro que pode ser formado (desejado), que é o ácido hipocloroso, pode ocorrer a formação das formas combinadas. Estas formas combinadas são as monocloroaminas, dicloroaminas e as tricloroaminas, que ocorrem na presença de amônia. Esses residuais de cloro combinado são menos ativos que o cloro livre, apesar de serem mais estáveis, mas de ação muito lenta. (DI BERNARDO, 1993; AZEVEDO NETTO E RICHTER, 1998)

Em 1982, concluía-se que o uso do cloro também tinha outro aspecto desfavorável, a formação de produtos potencialmente tóxicos, que são compostos orgânicos da família dos compostos organohalogenados, derivados do metano, onde três dos quatros átomos de hidrogênio são substituídos por três átomos de cloro, bromo ou iodo, como clorofórmio (CHCl_3), ácido haloacético, bromodiclorometano (CHBrCl_2), dibromoclorometano (CHBr_2Cl), bromofórmio (CHBr_3) e outros. Estes compostos formam-se pela reação química entre o cloro aplicado e os ácidos húmicos e fúlvicos, derivados da decomposição da matéria orgânica vegetal. Esses compostos estão sendo submetidos a pesquisas quanto a sua toxicidade, como por exemplo o efeito carcinogênico na água potável, devido aos trihalometanos formados, que aumentam o risco de câncer intestinal em 93%. (DI BERNARDO, 1993; METCALF e EDDIE, 1972; GUNTEN *et al*, 2001)

A legislação vigente limita em 0,1mg/L a concentração total de trihalometanos na rede pública de abastecimento, principalmente por causarem efeitos colaterais sobre a saúde dos consumidores. Em uma pesquisa da USEPA, foi destaque no relatório da *National Organics Monitoring Survey* (1993) 27 a presença de compostos orgânicos em 113 estações de tratamento de água, dos quais os trihalometanos surgiram com grande frequência (METCALF e EDDIE, 1972 GUNTEN, et al., 2001; SIMPSON e HAYES, 1997; FIGUEIREDO, *et al.*, 1999).

Também foram observados níveis elevados de trihalometanos na água utilizada na região metropolitana de São Paulo (FIGUEIREDO, *et al.*, 1999).

É comprovado que quando se aplica no tratamento convencional a pré-cloração da água bruta, os trihalometanos vão sendo formados ao longo do processo até a saída da ETA e continua se formando na rede de distribuição.

Nas condições de alto pH e alta temperatura, quanto maior o tempo de contato, maior será a taxa de formação do trihalometano. Também pode-se afirmar que esta formação se dá tanto quando se utiliza apenas o cloro como desinfetante como quando se utiliza o cloro combinado com a amônia (FIGUEIREDO, *et al.*, 1999).

2.2.6.5- Cloro: agente bactericida

O mecanismo de desinfecção age destruindo a estrutura celular do organismo, inativando suas enzimas responsável pelo metabolismo, com isso causam uma interferência na bio-síntese e no crescimento celular. Este processo se realiza por meio de agentes físicos e/ou químicos. (DI BERNARDO, 1993; AZEVEDO NETTO E RICHTER, 1998).

Segundo a CETESB (1974), o cloro é um poderoso agente oxidante, com capacidade de penetrar nas células e de combinar com substâncias celulares vitais, provocando a morte de microorganismos.

Segundo BATALHA (1998), o cloro e alguns compostos clorados têm poder desinfetante sobre as células dos microorganismos vivos e alguns fatores têm influencia sobre a ação do cloro, como:

§ Sua concentração – quanto maior, mais efetiva sua ação;

- § O tempo de contato – quanto maior o tempo de contato, mais efetiva sua ação;
- § Características físico-químicas da água – a presença de certas impurezas consome parte do cloro adicionado, a turbidez elevada prejudica a cloração;
- § A temperatura da água – o aumento da temperatura favorece a desinfecção;
- § O pH - o pH além de alterar a forma de apresentação do cloro, altera as cargas elétricas dos microrganismos;
- § O tipo de microrganismos a serem destruídos – alguns microrganismos são mais resistentes à ação do cloro;
- § A concentração dos microrganismos a serem destruídos – quanto maior o número inicial de microrganismos, maior a dosagem de cloro a ser aplicada;
- § A forma como o cloro se apresenta – o cloro é mais ativo quando está sob a forma de ácido hipocloroso não dissociado. Em seguida, em ordem decrescente de capacidade desinfetante, encontra-se o ácido hipocloroso dissociado, dicloramina e a monocloramina.

Quando se aplica o cloro na água visando seu tratamento, ocorrem reações químicas entre o cloro e a água e entre o cloro e as impurezas presentes na água. Algumas reações se processam rapidamente, enquanto outras se completam após algum tempo. Dos compostos formados, alguns são inertes, outros alteram certas características da água, enquanto outros permanecem quimicamente ativos e em condições de prosseguir reações capazes de exercer ação desinfetante.(BATALHA, 1998).

A reação de demanda de cloro é função da concentração e do tempo, como mostra o gráfico da Figura 2.1 (OZDEMIR e MENTIN GER, 1998; HUA, *et al.*, 1999):

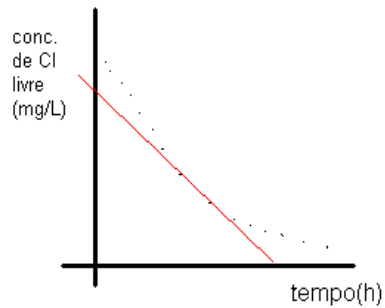


Figura 2.1: Gráfico do consumo de cloro.

E sofre influência da:

- § Qualidade da água
- § Temperatura da água
- § Número de Reynolds
- § Propriedades dos constituintes do material da tubulação.

A concentração inicial de cloro influencia no decaimento do cloro, e este é expresso pela relação exponencial: $C = C_0 e^{-K_b t}$

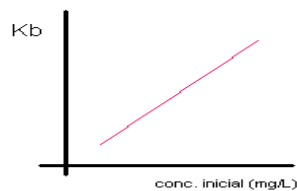


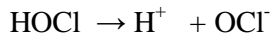
Figura 2.2: Constante de decaimento do cloro.

Pode-se dizer que a velocidade depende da concentração inicial e da reatividade dos organismos na água. Experimentalmente (HUA *et al.*, 1999) chegaram a conclusão que o decaimento ocorre mais rapidamente no estágio inicial. E que a constante de decaimento de 1ª ordem decresce com o aumento da concentração inicial de cloro, como mostra o gráfico acima citado.

A CETESB (1974), afirma que é necessário considerar dois casos em que ocorre a cloração:

1- Cloração de águas relativamente puras: o cloro gasoso reage com a água formando o ácido hipocloroso, que por sua vez dissocia-se.

Dissociação do cloro na água em função do pH:



O pH intervém diretamente na concentração das diversas espécies químicas que subsistem na água

§ pH ≤ 4 somente Cl₂ dissolvido.

§ 4 < pH ≤ 5,6 somente ácido hipocloroso não dissociado.

§ 5,6 < pH < 9,7 parte do ácido hipocloroso se dissocia em prótons H⁺ e íons hipoclorito.

§ pH ≥ 9,7 somente íon hipocloroso.

2- Cloração de águas contendo impurezas

Quando o cloro é aplicado às águas naturais, principalmente as que contêm matéria orgânica e amônia, são responsáveis por reações secundárias que levam a formação de cloretos inativos e cloraminas.

Reação do cloro com a amônia formando compostos amoniacaís podem ser:

- monocloroaminas: $\text{NH}_4^+ + \text{HOCl} \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$
- dicloroaminas: $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightarrow \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- tricloroaminas: $\text{NHCl}_2 + \text{HOCl} \rightarrow \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Essas reações ocorrem em valores de pH baixos, situação em que predomina a concentração de ácido hipocloroso.

O cloro ativo, capaz de exercer ação desinfetante e ação oxidante e que resta na água após um certo tempo de sua aplicação, denominamos cloro residual. Além dessa definição, as seguintes denominações também definem as formas do cloro:

§ Cloro disponível: é a medida do poder de oxidação de um composto de cloro expresso em termos de cloro elementar;

- § Cloro residual livre: é o cloro residual presente na água sob a forma de ácido hipocloroso (HOCl) ou ácido hipoclororoso dissociado;
- § Cloro residual livre disponível: é a medida do cloro residual livre em termos de cloro elementar;
- § Cloro residual combinado: o cloro residual presente na água, menos o cloro residual livre;
- § Cloro residual combinado disponível: é a medida do cloro residual total, livre e combinado em termo de cloro elementar.

Observou-se que bactérias coliformes sobrevivem em água clorada com 0,1 mg/L de cloro por um período de 30 minutos, porque são protegidas pelas partículas produtoras de turbidez. Daí a necessidade de um tratamento de alta eficiência, de modo que produza uma água com turbidez menor que 1,0 UT, contudo a PORTARIA nº 1469/2000, recomenda que as ETAs otimizem o tratamento e obtenha turbidez menor 0,5 UT, permitindo o contato real entre as bactérias e o cloro.

Os aquíferos subterrâneos tendem a ser protegidos e apresentarem qualidade de água superior àquela dos mananciais de superfície. Entretanto, por vários fatores, observa-se que essa qualidade pode ser deteriorada, significando sérios riscos à saúde, mesmo quando a água desses suprimentos é submetida à desinfecção. Entre os problemas que os poços tubulares podem apresentar, o principal é a ocorrência de bactérias de ferro, as ferrobactérias, as quais são causadoras da formação de flocos, precipitados de materiais ferruginosos e coloração na água. Os gêneros das ferrobactérias mais ocorrentes são: *Gallionella*, *Leptothrix*, *Spahaerotilus* e *Crenothrix*. (CERQUEIRA e EMÍDIO, 2000)

2.3- Estações de tratamento de água

Estação de tratamento de água, segundo a NBR 12.216 (ABNT, 1992), é um conjunto de unidades destinado a adequar as características da água aos padrões de potabilidade, onde cada unidade da estação realiza um processo de tratamento. E segundo AZEVEDO NETTO E RICHTER (1998), o tratamento de águas de abastecimento público originou-se na Escócia, com a construção do primeiro filtro lento; só em 1880 foi construído o primeiro filtro rápido no Brasil, na cidade de Campos, Rio de Janeiro.

Para definir o processo de tratamento, é necessário fazer um levantamento sanitário da bacia, considerando os seguintes tipos de água naturais para abastecimento público, tipos A, B, C, ou D. A classificação e as características das águas naturais para abastecimento público são citadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Classificação de águas naturais para abastecimento público.

Tipos	A	B	C	D
DBO₅ média mg/L	Até 1,5	1,5 – 2,5	2,5 – 4,0	>4,0
Coliforme NMP/100 mL- valor máximo	< 100 em menos de 5% das amostras	< 5000 em menos de 20% das amostras	< 20000 em menos de 5% das amostras	-----
PH	5 – 9	5 – 9	5 – 9	3,8 – 10,3
Cloretos - mg/L	< 50	50 – 250	250 – 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0	-----

Fonte: NBR nº 12.216 (ABNT, 1992).

Conhecendo-se o tipo de água natural, pode-se determinar o tipo de tratamento a que se deve submetê-la e escolher a estação de tratamento ideal. É primordial o conhecimento de alguns fatores como qualidade e procedência da água bruta, utilização da água tratada, porte do atendimento, condições econômicas e recursos operacionais. Os principais tipos de ETAS são as compactas e as convencionais.

2.3.1- ETAs compactas

De acordo com DI BERNARDO (1993), a ETA compacta, também chamada de clarificador de contato, é composta de três fases distintas, que em conjunto asseguram um tratamento eficaz para a remoção de cor, turbidez.

Dispositivo de mistura: são placas de orifício, que provocam o contato do coagulante com a água de maneira rápida e eficiente.

Clarificadores: têm a finalidade de remover a maior parte da cor e turbidez da água bruta. Para isto se processam no clarificador as operações de floculação e decantação.

Tipos de clarificadores

1 - Clarificador de manta de lodo (clarificador sob pressão) : o clarificador de manto de lodo sob pressão tem carcaça em aço carbono, constituída de corpo cilíndrico ao qual se acoplam duas calotas, uma superior e outra inferior. Internamente ele tem um bocal que distribui a água, dois cones coaxiais, sistemas de coleta de água clarificada e sistema de descarga de lodo.

A água bruta após receber a dosagem de sulfato , entra no clarificador pelo bocal (formado pela redução da tubulação), o que cria condições para mistura entre uma pequena parte do lodo existente no clarificador próximos ao bocal e a água bruta. Após sair do bocal a água entra em um cone cujo diâmetro diminui gradualmente, de forma que a velocidade também diminui, evitando a quebra dos flocos. A água floculada entra na seção principal do clarificador e atravessa o manto de lodo, que retém a maior parte dos flocos formados e, com eles, a maior parte da cor e turbidez da água bruta. A água decantada sai do clarificador seguindo para os filtros, enquanto o excesso de lodo do manto é retirado pelo esgoto.

2 – Clarificador de leito de pedra (Claripetra): o claripetra pode ser sob pressão ou abertos.

Claripetra sob pressão: tem carcaça em aço carbono, constituída de corpo cilíndrico ao qual se acoplam duas calotas, uma superior e outra inferior. Internamente ele é formado, de baixo para cima, por: sistema de distribuição de água a ser clarificada e sistema de descarga de lodo, leito de pedra (seixos ou britas) e sistemas de coleta de água clarificada.

Claripetra aberto: consiste em um tanque retangular construído em concreto. Internamente é formado, de baixo para cima, por: sistema de distribuição de água a ser clarificada e sistema de descarga de lodo, leito de pedra (seixos ou britas) e sistemas de coleta de água clarificada.

O claripetra sob pressão ou aberto opera com fluxo ascendente de água bruta e atua como um meio de promover a floculação e a decantação da água antes da filtração. A água entra por baixo do claripetra, atravessa o leito de pedra e sai pelo sistema de coleta de água clarificada localizada na parte superior.

Filtros sob pressão: sua finalidade é remover os flocos não retirados no clarificador de forma que a água tratada alcance teores de cor e turbidez satisfatórios.

Tipos de filtro sob pressão:

1 – Filtro sob pressão simples: o filtro sob pressão tem carcaça em aço carbono, constituída de corpo cilíndrico ao qual se acoplam duas calotas, uma superior e outra inferior.internamente é constituído, de cima para baixo, por: sistema de distribuição de água a ser filtrada e sistema de coleta de água de lavagem, leito filtrante (areia), camada de sustentação (seixo ou brita), sistema de coleta de água filtrada e distribuição de água de lavagem.

A água entra no filtro pela parte superior bate contra uma placa defletora perdendo energia, atravessa o leito filtrante e sai pelo sistema de coleta de água filtrada na base do filtro.

Na passagem através da areia os flocos são retidos e, com a retenção, aumenta a perda de carga, fazendo-se necessário à lavagem do filtro, em sentido inverso.

2 – Filtro duplo sob pressão: o filtro duplo consiste de um conjunto de dois filtros em aço carbono trabalhando sobre a mesma base e separados internamente por uma parede divisória.

O filtro inferior é constituído, de baixo para cima, por: sistema de distribuição de água a ser filtrada e sistema de distribuição de água de lavagem, camada de sustentação, leito filtrante, sistema de coleta de água filtrada e de água de lavagem.

O filtro superior é internamente constituído de cima para baixo, por: sistema de distribuição de água a ser filtrada e de coleta de água de lavagem, leito filtrante, camada de sustentação, sistema de coleta de água filtrada e sistema de distribuição de água de lavagem.

O filtro inferior opera com fluxo ascendente e atua com um meio de promover a floculação e pré-filtração da água antes da filtração final no filtro superior, o qual opera com fluxo descendente como os filtros de pressão simples. Na passagem através da areia nos filtros inferior e superior os flocos são retidos, uma parte no filtro inferior e o resto no filtro superior.

Filtro ascendente

No filtro ascendente a água atravessa a camada de seixo promove a floculação, e ao passar através da areia os flocos são retidos e, com a retenção, aumenta a perda de carga, fazendo-se necessário promover a lavagem do filtro.

1 - Filtro ascendente sob pressão: o filtro ascendente sob pressão tem carcaça em aço carbono, constituída de corpo cilíndrico ao qual se acoplam duas calotas, uma superior e outra inferior. Internamente é formado, de baixo para cima por: sistema de distribuição de água a ser filtrada e de lavagem, camada de sustentação, leito filtrante, sistema de coleta de água filtrada e de água de lavagem.

2 – Filtro ascendente aberto: o filtro ascendente aberto consiste em um tanque retangular construído em concreto ou em fibra e internamente formado, de baixo para cima, por: sistema de distribuição de água a ser filtrada e de lavagem, camada de sustentação, leito filtrante, sistema de coleta de água filtrada e de lavagem.

2.3.2- ETAs convencionais

Uma ETA convencional geralmente é de grande porte e a qualidade da água bruta é bastante variável e possui as etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração em unidades distintas. As unidades básicas deste tipo de ETA são:

§ **MISTURA RÁPIDA:** Nesta unidade as partículas em suspensão na massa líquida são bombardeadas por agentes químicos. Deve ser efetuada em local de grande transmissão de energia à massa líquida e menor tempo possível (DI BERNARDO,1993). A turbulência é um fenômeno associado a um fluido escoando com valores elevado do nº de Reynolds, também definido como uma condição irregular de escoamento, no qual, grandezas físicas como velocidade e pressão

apresentam variações aleatórias com o tempo. Este conceito de turbulência está relacionado com as características da mistura rápida, onde se busca uma distribuição uniforme do coagulante. A NBR-12.216 (ABNT, 1992) reconhece como mistura rápida qualquer trecho que produza perda de carga compatível com as condições desejadas, em termos de gradiente de velocidade e tempo de mistura. Os tipos de unidades de mistura rápida são câmaras com agitadores mecânicos, tubulações com dispositivos especiais, injetores, difusores, vertedor retangular e calha Parshall, sendo este o dispositivo mais usado no Brasil, pois simultaneamente é usado como medidor de vazão e unidade de mistura rápida. A Figura 2.3 mostra uma seção de mistura rápida, tipo vertedor usado em uma das ETAs da RMR



Figura 2.3: Seção de mistura rápida da ETA Gurjaú

§ **FLOCULADORES:** Esta unidade dá condições para que as partículas se aglomerem; segundo CETESB (1987), floculação é a aglomeração das partículas por efeito de transporte de fluido, de modo a formar partículas de maior tamanho que possam sedimentar por gravidade.

Tipos de floculadores:

1 – Floculador mecânico: é um tanque, em geral de forma retangular, dividido em duas ou mais câmaras onde são instalados agitadores mecânicos, de forma que a velocidade de rotação vai diminuindo nas câmaras sucessivas à medida que no aproximamos dos decantadores, evitando-se a quebra dos flocos formados.

2 – Floculador hidráulico

- **Floculador de chicanas (horizontais ou verticais):** consiste em um tanque com paredes divisórias internas horizontais ou verticais. Estas seções são divididas em grupos tais que as seções de passagem são iguais em um mesmo grupo e vão aumentando gradativamente de grupo para grupo à medida que nos aproximamos do final do floculador. Com isto a velocidade vai diminuindo, o que reduz a possibilidade de quebra dos flocos formados.

- **Floculador Alabama:** os princípios são similares aos do floculador de chicanas verticais, exceto quanto ao fato de que as passagens entre as diversas aberturas são feitas por bocais situados na base de cada câmara e cujo diâmetro pode ser aumentado de seção, o que reduz a velocidade e a possibilidade de quebrar os flocos formados. O impulso da água ao sair de cada bocal faz com que a água continue a subir por algum tempo antes de mudar de direção e entrar no local seguinte para passar para a outra câmara.

- **Floculador de leito de pedra:** consiste em um tanque retangular, geralmente de concreto, onde a floculação é promovida pela passagem da água coagulada através de um leito de pedra. Os espaços vazios entre as pedras são definidos estabelecendo-se o tamanho das pedras, de tal modo que as condições de escoamento são propícias ao fenômeno da floculação.

§ **DECANTADORES:** As unidades onde se realizam a sedimentação são chamadas de decantadores. A sedimentação é a operação unitária de remoção de partículas suspensas por ação da gravidade. Os flocos separam-se da água porque sedimentam. E a água sobrenadante e clarificada chama-se água decantada.

Tipos de decantadores:

1- Decantador convencional: consiste em um tanque, em geral retangular, onde a velocidade da água é muito baixa criando condições para que os flocos de peso elevado e médio assentem no fundo do decantador. A água floculada entra no decantador através de uma parede perfurada chamada cortina (decantador convencional) ou por parede com uma seção de passagem no fundo, como uma

chicana vertical (decantador modular). A finalidade da cortina é a de repartir o fluxo de água por igual em todo o volume na entrada do decantador.

2- Decantador modular: consiste em um tanque retangular, porém possuem dispositivos que funcionam como anteparos para impedir a progressão dos flocos deixando a água passar. Este dispositivo são chamados de módulos.

§ FILTROS RÁPIDOS POR GRAVIDADE: meios porosos que fazem a separação sólido – líquido, ou seja remove flocos não removidos no decantador de forma que a água alcance teores de cor e turbidez satisfatórios.

A água entra no filtro pela parte superior, atravessa o leito filtrante (areia e antracito) e sai pelo sistema de coleta de água filtrada, situado na base do filtro. Na passagem através da areia os flocos não removidos no decantador são retidos. A Figura 2.4 mostra os filtros rápidos por gravidade usado nas ETAs da RMR



Figura 2.4: Filtro rápido da ETA Gurjaú.

2.4- Resíduos sólidos gerados em ETAs

De acordo com a norma NBR - 10004 (ABNT, 1987), os resíduos sólidos são aqueles resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, e de serviços de varrição. Nesta definição também estão incluídos os lodos provenientes do tratamento

de água, aqueles gerados em equipamento e instalação de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isto decisões técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. Esta última definição é a mais moderna e difundida pelos órgãos de fiscalização e controle do Brasil.

Em ETAs, os despejos gerados são provenientes da limpeza dos decantadores, lavagem dos filtros, dos floculadores e tanques de preparo de soluções e suspensões. O lodo proveniente dos decantadores e filtros somam quase a totalidade do volume de lodo gerado nas ETAs, enquanto que o lodo produzido nos floculadores e tanques de preparação possui volume insignificante, quando comparado ao volume total (CORDEIRO, 1998; VIANA, 1999).

O descarte dos lodos de ETAs tem contribuído para a deterioração da qualidade das águas de nossos mananciais, principalmente em regiões onde ocorrem a escassez e comprometimento dos recursos hídricos. CORDEIRO (1999) afirmou que no Brasil existiam em torno de 7500 ETAs de ciclo completo, que constitui a maior indústria em relação ao número de pessoas envolvidas direta ou indiretamente em seu sistema produtivo. Cerca de 2000 ton/ano de lodos são lançados indiscriminadamente nos rios. Poucas estações se preocupam com o condicionamento e destino apropriado para os resíduos sólidos gerados nas ETAs. Algumas estações como Guaraú e Alto da Boa Vista, ambas em São Paulo, realizam 100 % de aproveitamento das suas água de lavagem. No entanto, os lodos dos decantadores ainda deixam a desejar.

Esses resíduos são potencialmente tóxicos aos peixes, crustáceos e comunidades bentônicas e planctônicas. E causam risco à saúde humana devido à presença de agentes patogênicos e metais pesados. Um dos efeitos do lodo é particularmente devido à presença do alumínio, proveniente do uso do sulfato de alumínio utilizado como coagulante na maioria das ETAs; este, devido a sua habilidade de ligar-se ao fósforo immobilizando-o, afeta o ciclo do fósforo, essencial à vida aquática.

As características físicas que afetam significativamente a habilidade de manuseio, adensamento, desidratação e transporte do lodo das ETAs e são primordiais para a escolha da disposição final e/ou recirculação, são: concentração de sólidos, resistência específica, compressibilidade, tensão de cisalhamento, densidade e tamanho das partículas. Essas características físicas são mais detalhadas abaixo:

- § **Concentração de sólidos:** os resíduos sólidos orgânicos ou inorgânicos são provenientes da água bruta e podem conter sílica, alumínio, ferro, titânio, cálcio, magnésio, manganês, etc.; além de algas, bactérias e vírus. Sua concentração varia de 0,01% a 0,25% nas águas de lavagem dos filtros e 0,1% a 13% nos decantadores.
- § **Resistência específica:** a resistência específica é definida como a maior ou menor resistência à passagem do líquido através de uma massa sólida, assim avalia também a facilidade ou não de desidratação do lodo. De modo geral, lodos com resistência específica superior a 5×10^{12} m/kg são considerados de difícil desidratação, enquanto os que apresentam valores menores que 1×10^{12} m/kg são considerados fáceis de desidratar. Geralmente os lodos de ETAs apresentam resistência específica maior que 5×10^{12} m/kg, sendo portanto, de difícil desidratação;
- § **Compressibilidade:** os lodos dos decantadores, são caracterizados como sendo volumosos e tixotrópicos, ou seja, em repouso ficam em estado gelatinoso. Além disso, são resistentes ao adensamento e desidratação e, são geralmente compressíveis, de tal forma que, quanto maior a pressão aplicada, maior é a resistência à desidratação.
- § **Tensão de cisalhamento:** a tensão de cisalhamento é uma característica muito importante para a manuseabilidade do lodo e está relacionada com a concentração de sólidos. Este parâmetro é mais relevante principalmente quando a disposição final do lodo de ETA é o aterro.
- § **Densidade:** a densidade do floco varia com o seu tamanho, diminuindo com o aumento do tamanho do floco. Mas se o volume de sólidos suspensos no floco aumentar, a densidade do floco também aumenta.
- § **Tamanho das partículas:** de acordo com a teoria da filtração, a resistência do lodo à filtração é função do tamanho da partícula do floco no lodo, existindo assim uma relação entre a resistência específica e o tamanho das partículas. A adição de condicionantes químicos favorece o aumento do tamanho das partículas, diminui a resistência específica à filtração (facilitando a desidratação) e aumenta a resistência do lodo ao cisalhamento.

Para melhorar as condições de sedimentabilidade e flotabilidade dos sólidos presentes nos lodos e a sua filtrabilidade, é necessário que se faça um condicionamento, que pode ser químico, físico ou biológico. O condicionamento químico pode ser obtido pelo uso de um polímero catiônico, aniônico ou não-iônico, próprios para águas de abastecimento e está relacionado com o pH do lodo.

A determinação das taxas de dosagem ótimas dos polímeros condicionantes pode ser verificada através do teste de resistência específica para várias dosagens.

Além dos hidróxidos, a determinação do conteúdo de metais dos lodos de ETAs é importante por várias razões: são potenciais causadores de impactos quando dispostos em aterro sanitário; podem causar efeitos inibitórios no tratamento biológico se o lodo for jogado numa ETE, ele pode causar efeitos de toxicidade em seu efluente.

Outras características químicas importantes são a DQO e a DBO₅. Como normalmente as águas utilizadas para o abastecimento não são muito poluídas, a relação entre DQO e DBO₅ é elevada, gerando lodos menos degradáveis.

2.4.1- Resíduos gerados durante a lavagem dos filtros

São várias as fontes de resíduos líquidos de ETAs, destacando-se o proveniente da lavagem dos filtros, que normalmente é lançado no curso de água mais próximo da estação. Este volume de água é desperdiçado e chega a 1,5% do volume total de água tratada (SCALIZE, *et al.*, 1997).

O tipo de filtro e a operação utilizada no processo de filtração, a tecnologia usada para a clarificação da água bruta, o tipo de coagulante usado, têm importância e influência no resíduo gerado após a lavagem dos filtros, podendo gerar maior ou menor volume.

O lodo dos filtros é removido durante as lavagens, realizadas em intervalos que variam de 12 a 48 horas e duram de 5 a 15 minutos. Possuem vazões elevadas e concentrações baixíssimas de sólidos (REALI, 1999).

Existem ETAs que recirculam as águas de lavagem dos filtros integralmente, com todos os sólidos presentes; no entanto, em ETAs que utilizam a tecnologia da filtração direta, esta prática não é recomendada, pois aumenta a quantidade de sólidos afluentes aos filtros, reduzindo as carreiras de filtração. Por outro lado, em ETAs de ciclo completo, que tratam água com baixa turbidez, o desempenho da floculação e decantação é melhorado,

uma vez que os sólidos reciclados servem como núcleo para crescimento de flocos; no entanto, esta prática nem sempre é a aconselhável.

As águas de lavagem de filtros apresentam baixa concentração de sólidos total e elevada vazão, por isso é interessante que se faça uma clarificação desse lodo, por sedimentação ou flotação, recirculando o sobrenadante ou reduzindo ainda mais o lodo sedimentado, ou por meio de desidratação. Já o lodo dos decantadores, como representam uma parcela muito pequena da água tratada na ETA, apenas 0,06% a 0,25%, e teor de sólidos muito elevado, normalmente prefere-se não recuperar esta água (REALI, 1999).

CASTRO (1997a) diz que em linhas gerais os resíduos gerados se encontram na faixa entre 1 a 3% da vazão tratada, sendo que 10% deste valor referem-se às descargas de decantadores e 90% à água de lavagem de filtros. Os principais tipos de lavagem dos filtros são:

§ Com insuflação de ar, seguida da lavagem com água no sentido ascensional;

§ Sem insuflação de ar, apenas lavagem com água no sentido ascensional.

O coagulante empregado na coagulação também influencia na quantidade de água de lavagem gerada, pois comparando a utilização do sulfato de alumínio e cloreto férrico, a carreira de filtração pode ser mais longa, dependendo da água bruta, e do coagulante usado, fazendo com que a água decantada contenha menos sólidos e com isso diminui o número de lavagem de filtros e gera menor volume de resíduo líquido. Juntando o tipo de lavagem usado e o tipo de coagulante, ocorrem respostas diferentes na quantidade e qualidade da água de lavagem dos filtros (REALI, 1999). A Tabela 2.4 descreve as diferenças entre as características da água de lavagem oriunda de uma mesma água bruta tratada com cloreto férrico e sulfato de alumínio.

Tabela 2.4: Características da água de lavagem oriunda de uma mesma água bruta tratada com cloreto férrico e sulfato de alumínio.

Parâmetros	Estações de Tratamento de Água	
	ETA 1 (utiliza cloreto férrico)	ETA 2 (utiliza sulfato de alumínio)
Turbidez (uT)	130	58
Cor aparente (uC)	200	310
Sólidos totais (mg/L)	367	88

Fonte: REALI, 1999.

CASTRO (1997a), estudando as unidades de tratamento e recuperação de resíduos do sistema Rio das Velhas, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, verificou que durante um ano a carreira de filtração dos filtros variavam entre 23 e 39 horas e que o volume médio diário descartado na lavagem dos 16 filtros variava entre 8.395 a 4.951 m³, ou seja, uma vazão entre 97,2 L/s e 57,3 L/s, correspondendo a um percentual de 1,62 % a 0,96% da vazão afluyente à ETA. Quando a água bruta tem uma melhor qualidade, a carreira dos filtros aumenta, representando um menor descarte de resíduos líquidos.

Esses resíduos têm sido estudados por vários autores e a maioria recomenda sua recirculação depois de adequado tratamento. E o tratamento utilizado baseia-se na separação das fases líquidas e sólidas, de maneira que se reutilize a fase líquida e que a fase sólida seja adequadamente disposta. No geral as águas de lavagens de filtros seguem para um tanque de homogeneização que podem ou não receber algum tratamento, que depende do método de disposição final a ser utilizado e da parcela líquida a ser recirculada para o início do tratamento da ETA, para câmara de chegada de água bruta.

Segundo REALI (1999), no Brasil algumas ETAs realizam a recirculação da água de lavagem de filtros sem qualquer tipo de tratamento, e este procedimento pode comprometer o funcionamento da ETA, devido a presença dos sólidos suspensos totais ou microorganismos indesejáveis, metais e outras substâncias. Por outro lado reduz perdas e dosagem de sulfato de alumínio.

FERREIRA FILHO e ALÉM SOBRINHO (1998) relatam que o reciclo de água de lavagem deve conter um menor teor de sólidos e microorganismos, devendo separar a parte sólida da líquida. Antes do seu retorno, muitas vezes é necessária a aplicação de polímeros para aumentar a sedimentabilidade dos sólidos presente na água. Os autores observaram em seus experimentos que uma água condicionada com polímeros apresentava maior velocidade de sedimentação e menor turbidez na água sobrenadante, mostrando um aumento na remoção de sólidos da água de lavagem.

2.4.2- Resíduos sólidos gerados em decantadores

Segundo REALI (2000), os resíduos gerados nos decantadores de ETA são classificados como resíduos sólidos pela NBR - 10004 (ABNT, 1987) e enquadrados como

resíduos classe II – não-inertes. Estes devem ser tratados e adequadamente dispostos (TSUTIYA, 2001).

A remoção de lodo do decantador pode ser feita mecânica ou manualmente. Quando a remoção é mecânica, o bombeamento é intermitente e a concentração de sólidos varia de 0,1% a 1%; já na limpeza manual a remoção de lodo é feita a cada 30 ou 60 dias e a concentração de sólidos chega a atingir 13%. Neste caso, as comportas de entrada de água floculada são fechadas e as adufas do fundo são abertas possibilitando a remoção dos lodos depositados no fundo dos decantadores. Na maioria das vezes esta remoção se faz através de galerias de concreto e lançadas em cursos d'água próximos às ETAs (REALI, 1999).

Numa ETA, para realizar a remoção de partículas finas e em suspensão presente na água bruta, aplica-se produtos químicos que formam flocos com tamanhos suficientes para a sua posterior remoção, que ocorre nos decantadores. Esse material sedimenta e fica retido durante certo período de tempo. Em sistemas tradicionais esses resíduos podem ficar retidos até 90 dias (REALI, 1999).

Em termos volumétricos, a maior quantidade de resíduo gerado em uma ETA é proveniente das lavagens dos filtros; no entanto, em termos mássicos, a maior quantidade de lodo é produzida em decantadores convencionais (FERREIRA FILHO, 1997).

CORDEIRO (1999), relatou que no Brasil os resíduos sólidos provenientes dos decantadores são freqüentemente dispostos em cursos d'água próximos às ETAs, provocando alterações nesses cursos d'água. O autor monitorou 1000 m do curso d'água após o lançamento do lodo, de uma ETA nesse trecho, verificou-se uma variação de DQO, de 16 mg/L antes do lançamento, para 2000 mg/L após o lançamento. E os sólidos sedimentáveis passaram de 0,4 mg/L para valores acima de 100 mg/L. Logo, esse material traz grandes prejuízos ao meio ambiente. O autor também afirmou que o lodo de ETA podia conter plânctons, metais, sais diversos e microorganismos.

CORDEIRO (1993), realizou uma pesquisa em 15 capitais do Brasil e constatou que de 22 ETAs completas, apenas 4 utilizavam remoção contínua do lodo nos decantadores e no estado de São Paulo, de 51 ETAs tradicionais apenas 6 utilizavam descarga de fundo. Em ETAs em que ocorrem descargas diárias a concentração de sólidos é menor e lodos que são descartados em tempo maior que 20 dias possuem as concentrações de sólidos acima de 2,5%.

Segundo YUZHV e MORITA (1998), o lançamento desse tipo de resíduo aumenta a quantidade de sólidos, aumenta o assoreamento, altera a cor, turbidez, composição química e demanda química de oxigênio (DQO) nos corpos d'água.

O teor de sólidos no lodo descartado pelos decantadores varia bastante de uma ETA para outra e dependem de fatores como: características da água bruta; tipo e dosagem de produtos químicos; eficiência das unidades de floculação; tipo e eficiência dos decantadores.

Em análises realizadas antes e depois do lançamento desses resíduos em um curso d'água, observa-se que este sofre mudanças bruscas, aumentando seus parâmetros físico-químicos. Este tipo de despejo provoca degradação da qualidade ambiental, afeta as condições estéticas e lança materiais em desacordo com os padrões ambientais. Exige-se uma nova postura dos responsáveis pelo tratamento d'água, para que não sejam enquadrados como “poluidor”, conforme o inciso IV do artigo 3, CETESB (REALI,1999).

2.4.3- Metais pesados no meio ambiente

Os metais pesados são reconhecidamente tóxicos ao organismo humano e ao meio ambiente.

O comportamento dos metais no meio ambiente depende de fatores físico-químicos, climáticos, biogeoquímicos, hidrológicos e temporais. Ao atingirem os corpos d'água, podem ser carreados para os oceanos, sedimentos marinhos e fluviais ou contaminar a água subterrânea. No meio aquático também podem interferir nos processos da cadeia alimentar por bioacumulação em microrganismos e animais atingindo o homem.

2.4.3.1- Propriedades bioquímicas

Os metais pesados podem ser divididos em essenciais e não essenciais para a manutenção ótima dos processos bioquímicos dos organismos vivos.

Os íons metálicos podem inibir os processos microbiológicos envolvendo a degradação de compostos orgânicos e afetar significativamente as taxas de biodegradação.

O nível de inibição dependerá da concentração e disponibilidade do metal pesado e dependerá da ação de processos complexos controlados por múltiplos fatores, incluindo a

natureza do metal, meio e espécies microbianas (De RORE *et al.*, 1994; GOBLENZ *et al.*, 1994; HASHEMI *et al.*, 1994; OLOSUPO *et al.*, 1993; TOMIOKA *et al.*, 1994 citados por AMOR *et al.*, 2001).

Em alguns casos os microrganismos apresentam-se resistentes a alguns metais devido à ação de vários mecanismos (ROHIT e SHELA, 1994; TOMIOKA *et al.*, 1994 citados por AMOR *et al.*, 2001).

2.4.3.2- Elementos traços essenciais ou micronutrientes

Sua ausência pode potencializar processos patogênicos. Entretanto, mesmo os elementos essenciais podem tornar-se altamente tóxicos ao seres vivos.

O cobre, o manganês, o ferro e o zinco, por exemplo, são essenciais às plantas e animais. Enquanto que o cobalto, o cromo, o selênio e o iodo são essenciais somente às plantas e o molibdênio somente aos animais.

2.4.3.3- Elementos não-essenciais

Sua função bioquímica não é conhecida. São tóxicos se a concentração exceder a tolerância dos organismos vivos.

Entre seus potenciais efeitos tóxicos mais pronunciados destacam-se a competição com metabolismos essenciais, substituição de íons essenciais, reações com grupos -SH, danos à membrana celular e reações com o grupo fosfato do ADP e ATP.

Na Figura 2.5, pode-se verificar o rendimento das plantas em relação ao aumento da concentração de elementos não essenciais e essenciais aos seus metabolismos. Observa-se que em concentrações elevadas a toxicidade é alcançada em ambos os casos.

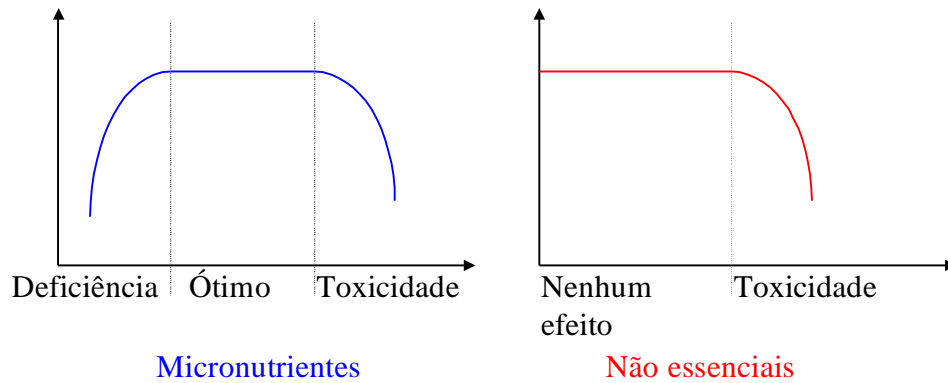


Figura 2.5: Rendimento das plantas em relação ao aumento da concentração de elemento não essenciais e essenciais aos seus metabolismos.

As concentrações tóxicas aos peixes foram apresentadas por BRAILE (1983), para alguns dos metais pesados. Os valores propostos para o cádmio, cromo, cobre, chumbo, níquel e zinco estão apresentados na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 Concentrações de metais pesados tóxicas aos peixes.

Metal pesado	Limite de toxicidade aos peixes (mg/L)
Cádmio	0,10
Cromo	0,70
Cobre	0,15
Chumbo	2,50
Níquel	1,50
Zinco	1,00

Fonte: BRAILE, 1983.

2.4.3.4- Bioacumulação e biotransformação de metais

Na natureza os processos de atenuação de íons metálicos ocorrem naturalmente desde o aparecimento desses organismos; entretanto, a atividade antropogênica vem proporcionando um aporte superior de metais no meio ambiente devido ao avanço das sociedades industriais.

Os microrganismos podem acumular ou transformar elementos metálicos, através de reações enzimáticas específicas ou de mecanismos decorrentes das características e das propriedades da parede celular e da membrana plasmática desses organismos (GARCIA JR., 2001).

Alguns metais como o ferro, o zinco, o cobre e o molibdênio são componentes essenciais de um grande número de enzimas e moléculas biológicas.

No caso de metais como o arsênio, o cádmio e a prata, os microrganismos foram capazes de desenvolver sistemas especializados em resistir a determinados níveis de concentração devido a diferenças nos sistemas de absorção e de transporte do metal.

Mercúrio, o arsênio e o cromo, geralmente são transformados em espécies menos tóxicas ou em espécies voláteis, por processos enzimáticos de oxidação, redução metilação.

Os metais pesados podem reduzir a capacidade de autodepuração dos corpos d'água, uma vez que normalmente são inibidores dos microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.

Os sedimentos podem apresentar grandes concentrações de metais pesados, cujos valores podem assumir de 1000 a 10000 vezes as concentrações encontradas na massa líquida. O acúmulo de metais nos sedimentos pode representar, a princípio, uma descontaminação da água. Esta aparente vantagem, entretanto, traz consigo um perigo potencial, uma vez que, sob determinadas condições do corpo d'água, grandes quantidades de metais podem ser liberados e reintroduzidos na massa líquida (REIS e MENDONÇA, 2000, citados por SALES, 2003). As intoxicações provocadas pelos metais podem se desenvolver muito lentamente, identificáveis, muitas vezes, após anos ou décadas.

Além de estabelecer a classificação das águas do Território Nacional, a Resolução CONAMA nº 20/86 estabeleceu requisitos de qualidade para as águas das diferentes

classes e para os efluentes. As concentrações limite estabelecidas para os diferentes metais pesados em efluentes e mananciais classes 1, 2 e 3 estão apresentadas na Tabela 2.6.

Tabela 2.6: Concentrações limite estabelecidas para os diferentes metais pesados em efluentes e mananciais classes 1, 2 e 3.

CONSTITUINTE	LIMITES PARA O EFLUENTE (mg/l)	LIMITES PARA OS CORPOS DE ÁGUA CLASSE 1 E 2 (mg/l)	LIMITES PARA OS CORPOS DE ÁGUA CLASSE 3 (mg/l)
Arsênio	0,5	0,05	0,05
Cádmio	0,2	0,001	0,01
Chumbo	0,5	0,03	0,05
Cobre	1,0	0,02	0,5
Cromo Hexavalente	0,5	0,05	0,05
Cromo Trivalente	2,0	0,5	0,5
Estanho	4	2,0	2,0
Mercúrio	0,01	0,0002	0,002
Níquel	2,0	0,025	0,025
Prata	0,1	0,01	0,05
Selênio	0,05	0,01	0,01
Zinco	5,0	0,18	5,0

Fonte: CONAMA, 1986.

2.4.4- Alumínio nos lodos de ETAs

O alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre, 8,13% e, devido a sua afinidade com o oxigênio, não é costume encontrá-lo como substância elementar e sim na forma de óxidos e silicatos. Foi identificado em 1787 por Lavoisier.

Este metal é muito usado em várias aplicações como tubos, cabos, papel alumínio, ligas com Cu, Mg, Si e Zn, para a construção civil e mecânica. Dissipadores de calor e utensílios domésticos dentre outros usos do alumínio.

O alumínio é o terceiro elemento químico mais abundante no solo. Aparece nas frutas e vegetais em concentrações superiores a 3,7 mg/kg e em alguns cereais em quantidade maiores do que 15 mg/kg. O total de alumínio na dieta normal tem sido estimado de 10 a 100 mg/d (AZEVEDO NETTO e RICHTER, 1998).

O alumínio não está incluído em nenhum padrão de qualidade de água para o consumo humano. A portaria nº 1469 (MS, 2000) recomenda um residual de 0,2 mg/ L, porém a American Water Works Association (AWWA) estabelece 0,05 mg/ L (CORDEIRO e CAMPOS, 1999; REALI, 1999).

Pequenas quantidades de alumínio são absorvidas do total ingerido e quase todo excesso é evacuado nas fezes pelo funcionamento das células renais, todavia se essas células não funcionarem bem, existe a possibilidade de o alumínio se concentrar em outras células, como cerebrais e cardíacas, por exemplo. Sendo este fato bastante nocivo ao homem (CORDEIRO e CAMPOS, 1999; REALI, 1999).

Segundo o site da ANVISA, baixado em 16/05/2003, sua ação biológica no corpo humano, é de caráter inerte, contudo o efeito prolongado pode causar irritações pulmonares e fibrose. O intestino absorve apenas de 0,001 a 1% da quantidade ingerida, porém pessoas com insuficiência renal, tem o risco de sofrer de neurotoxicidade associado à presença do alumínio

Existem estudos mostrando que dosagens elevadas de alumínio no organismo humano podem estar associados a estados clínicos de encefalopatias crônicas, deficiências renais, doenças cardiovasculares e mal Alzheimer (REALI, 1999).

Quanto a sua toxicidade, existem poucos estudos, porém, os resíduos de decantadores têm em sua composição grandes concentrações de alumínio, quando se faz uso do sulfato de alumínio como coagulante. Este, quando disposto em rios com baixa velocidade ou lagos poderá causar problemas, principalmente na camada betônica desses locais, causando a morte de organismo que ocupa esta camada e que servem de alimentos para os peixes.

Dosagens de 0,2 a 0,5 mg/L de alumínio pode causar sintomas como apatia, desânimo generalizado, inabilidade para se manterem em equilíbrio, coloração escurecida, baixa percepção e até a morte das Trutas (CORDEIRO e CAMPOS, 1999; REALI, 1999). Também são causadores da redução superficial, o que provoca alterações na biota aquática. Universidade Tecnológica do Tennessee, em 1991 estudou os efeitos do lodo com sulfato de alumínio, chegando as conclusões expostas por CORDEIRO e CAMPOS (1999).

Os sais de alumínio estão presentes de forma intensa nos resíduos e a toxicidade desse metal é pouco conhecida, porém estudo em pontos distinto, do curso d'água antes e

após o lançamento do resíduo de ETA, revelou que este metal sedimenta no leito do curso d'água, provocando efeitos transitórios nos organismos macroinvertebrados presentes no sedimento do corpo receptor, pois limitam o teor de carbonos e isolam a camada bentônica.

CORNWELL, citado por CORDEIRO e CAMPOS (1999), estudou uma família da camada bentônica, os *chironomídeos*, que são importantes alimentos para peixes, e observou elevada mortalidade da espécie com o aumento da dosagem de lodo.

ROBERTS e DIAZ citado por CORDEIRO e CAMPOS (1999), também verificou uma diminuição na produtividade dos fitoplanctos nos locais de despejos de lodo na cidade de Newport News, pois ocorre uma diminuição da luminosidade nos cursos d'água.

REALI (1999) detectou através de análises que a água tratada apresenta um teor de alumínio maior que na água bruta. Esta presença de alumínio na água tratada pode causar danos nas redes de distribuição como:

- § Reduz a efetividade da desinfecção
- § Aumenta a turbidez da água tratada
- § Provoca a deposição de alumínio nas paredes dos tubos.

2.5- Tratamento físico do lodo

Após o tratamento na estação, há necessidade de dispor adequadamente os lodos gerados. Esta tarefa exige quase sempre um novo projeto de equipamentos ou sistemas capazes de remover a água excedente desse material para adequá-lo à disposição. Essa etapa, ainda pouco estudada no Brasil, exige pesquisa e desenvolvimento de técnicas e metodologias apropriadas.

Os lodos de ETAs são gelatinosos e volumosos, os custos de transporte e disposição são elevados, de modo que a redução do volume antes da disposição final tornou-se altamente desejável. Para YUZHU e MORITA (1998), os principais processos utilizados para esse fim são: o condicionamento, adensamento e a desidratação.

O condicionamento químico dos lodos, com a adição de polímeros sintéticos tem o objetivo de atingir o desempenho adequado na operação de adensamento, visando sua preparação para a etapa de desidratação (REALI, 1999).

FERREIRA FILHO e ALÉM SOBRINHO (1998), dizem que a escolha do melhor polímero apenas pode ser efetuada através de ensaios em laboratórios.

FERREIRA FILHO, citado por YUZHU e MORITA (1998), relata que a carga da superfície do lodo depende do pH, quando este é em torno de 6,4 tem carga negativa, logo os melhores polímeros a serem usados no processo de adensamento são os catiônicos.

Segundo MENDES, *et al*, (2001), o adensamento é uma das operações unitárias mais importantes, no processo de tratamento dos lodos, pois tem a finalidade de aumentar o teor de sólidos do lodo gerado. O adensamento por flotação ou sedimentação, visa preparar o lodo para a etapa de desidratação.

Segundo a AWWARF (1996), a desidratação do lodo é uma operação física mecânica ou natural, usada para reduzir seu teor de umidade, com a finalidade de:

- § Reduzir o volume de lodo e o custo de transporte a seu destino final;
- § Melhorar as características de manuseio;
- § Tornar os lodos inodoros e não putrescíveis;
- § Diminuir a quantidade de percolato quando o lodo for disposto em aterros.

Os métodos utilizados para a desidratação freqüentemente mais utilizados são: sistemas mecânicos de desidratação: filtros a vácuo, filtros prensa de placas e centrífugas (REALI, 1999). Ou método natural, leito de secagem, que segundo CORDEIRO (1999), vem sendo utilizado para secagem do lodo em diversos países e em alguns estados brasileiros.

A Figura 2.6 abaixo mostra um fluxograma das etapas envolvidas no tratamento de água em uma ETA convencional, incluindo o tratamento de seus resíduos.

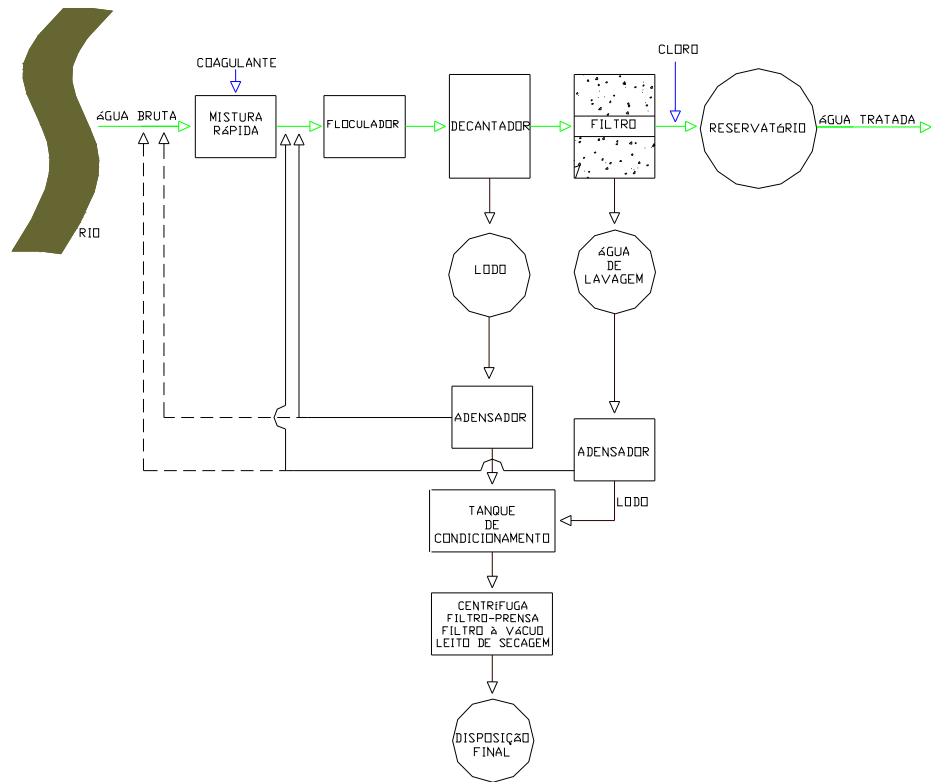


Figura 2.6: Fluxograma de todas as etapas de tratamento.

2.6- Disposição dos resíduos de ETAs

Segundo REALI (1999), os resíduos gerados nas ETAs têm sido lançados nos cursos d’água, direta ou indiretamente. Tal prática vem sendo bastante questionada, devido aos riscos à saúde pública e à vida aquática. Na Lei nº 9.605, publicada no Diário Oficial da União, em 13 de fevereiro de 1998, o artigo 54 tem o seguinte texto: “*causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora é considerado um crime ambiental, pena: reclusão, de 1 a 4 anos, e multa*”. O lançamento dos resíduos de ETA infringe esse artigo. Portanto, vários métodos alternativos de disposição dos resíduos gerados em ETAs vêm sendo estudados.

A aplicação de lodos de ETAs no solo tem se tornado uma prática cada vez mais atrativa nos EUA devido às exigências ambientais cada vez mais rigorosas associadas às outras alternativas de disposição. Essa prática requer que o lodo de ETAs não seja

considerado um resíduo perigoso e dentre as opções utilizadas incluem-se: uso na agricultura, uso em silvicultura, recuperação de áreas deterioradas e disposição em áreas especiais (AWWWARF, 1996).

Os lodos de ETAs são predominantemente inorgânicos e tem baixo valor como fertilizantes. O teor de matéria orgânica em lodos de ETAs varia de acordo com as características da água a ser tratada e com os métodos de tratamento utilizados nas ETAs, sendo 3% seu valor médio. As concentrações de carbono e nitrogênio orgânicos são inferiores a 3% e 0,5%, respectivamente; tais valores são representativos de solos agrícolas, mas muito inferiores aos apresentados por lodos de ETEs. Os lodos de ETAs são similares a solos de textura fina, no entanto, dependendo da qualidade da água bruta, podem ter textura argilosa ou arenosa, o que pode se tornar importante na escolha de seu uso final. Quando secos, os lodos de ETAs, geralmente, tem consistência de solos muito finos. A concentração de alumínio ou ferro é, geralmente, de 5% a 15% dos sólidos secos. A concentração de alumínio em lodos de ETAs, é similar à concentração de alumínio em solos. A forma do alumínio ou do ferro em lodos de ETAs, contudo, é diferente daquela que ocorre em solos naturais. Nestes, o alumínio ocorre significativamente na forma de silicatos de alumínio, enquanto que nos lodos ocorre na forma de óxidos hidratados amorfos, os quais exibem maior reatividade que os materiais correspondentes do solo (AWWWARF, 1996).

A maioria dos lodos de ETAs contém certos metais (cromo, cobre, níquel, chumbo, zinco) em baixas concentrações. Esses metais são originários dos coagulantes químicos ou das águas brutas, e são fortemente adsorvidos aos precipitados (hidróxidos de alumínio ou de ferro) que se formam durante o processo de coagulação. Em solos não ácidos ($\text{pH} > 5$), esses metais permanecem adsorvidos e não disponíveis para as plantas. Portanto, em casos de aplicação moderada de lodos de ETAs (20 ton/ha, peso seco), em solos com $\text{pH} > 6$, o movimento desses metais para o tecido das plantas ou para as águas subterrâneas pode ser minimizado. A taxa de aplicação (ton/ha) de lodos de ETAs em solos agrícolas será, provavelmente, determinada pelas concentrações desses metais (AWWWARF, 1996).

2.6.1- Opções de aplicação no solo

2.6.1.1- Uso na agricultura

O uso agrícola de lodos de ETAs é uma forma de disposição benéfica desses resíduos em terras utilizáveis para a agricultura. A quantidade de matéria orgânica contida nos lodos de ETAs é, provavelmente, muito pequena e insuficiente para condicionamento de solos (AWWARF, 1996). Aplicações moderadas de lodos de ETAs podem, no entanto, causar impactos positivos nos solos, tais como:

- § Melhorar suas condições físicas por meio da floculação de partículas coloidais, promovendo a agregação do solo, via reações análogas às que ocorrem durante o tratamento da água;
- § Reduzir as concentrações de metais tais como, cromo, cobre, níquel, zinco e chumbo no solo, por meio de sua adsorção pelos óxidos metálicos hidratados amorfos contidos nos lodos de ETAs;
- § Beneficiar sólidos grossos, particularmente os neutros ou levemente alcalinos, pelo aumento de sua capacidade de retenção de nutrientes, decorrente do aumento da capacidade de troca de cátions, provocada pela ação dos óxidos hidratados amorfos contidos nos lodos de ETAs.

Por outro lado, a grande quantidade de hidróxidos sólidos de alumínio e de ferro contidos nos lodos de ETAs pode adsorver fortemente o fósforo inorgânico dos solos, diminuindo sua disponibilidade para as plantas, o que pode inibir seu crescimento. Além disso, o alumínio é tóxico para muitas culturas agrícolas. Em solos onde ocorrem naturalmente grandes concentrações de fosfatos, a aplicação de lodos de ETAs, na superfície do solo, pode ser benéfica, uma vez que a adsorção do fosfato pode reduzir a carga desse nutriente que poderia ser carregada pelas águas pluviais para os cursos d'água. O impacto negativo da aplicação de lodos de ETAs nos solos pode ser mitigado mediante sua co-disposição com lodos de ETEs ou adicionando-se quantidades suplementares de fósforo ao solo (AWWARF, 1996).

No método de co-disposição, a determinação das taxas de aplicação de lodos de ETEs e de lodos de ETAs requer o conhecimento, não só das características do solo e da

cultura pretendida, mas das concentrações de nitrogênio, fósforo, alumínio e ferro naqueles resíduos (PEREIRA DA SILVA e FERNANDES, 1998).

2.6.1.2- Uso em silvicultura

Silvicultura é a prática agrícola que consiste do cultivo (plantio, crescimento, reprodução) de árvores florestais. A aplicação de lodos de ETAs (ou de lodos de ETEs) em silvicultura não é tão comum quanto na agricultura. De acordo com estudos já realizados, a aplicação de lodos de ETAs em silvicultura teve efeitos não significativos no crescimento e na aparência de árvores, na concentração de nutrientes, na absorção de fósforo e no pH do solo. Pesquisa realizada a respeito da aplicação de lodo de ETAs em longo prazo (30 meses) em silvicultura, apresentaram os seguintes resultados: nenhuma diferença estatisticamente significativa nas características do solo, das águas subterrâneas ou no crescimento das árvores; não houve migração significativa de metais ao longo do perfil do solo; não foram observados, para a taxa de aplicação utilizada, problemas relativos à disponibilidade de fósforo; não foram constatados quaisquer problemas ambientais (AWWARF, 1996).

2.6.1.3- Recuperação de áreas

Os lodos de ETEs são mais comumente utilizados que os lodos de ETAs para: recuperação de áreas de mineração a céu aberto ou de outras áreas deterioradas, como por exemplo àquelas resultantes de construções de rodovias ou de outras obras; estabelecer crescimento de plantas, restaurar ou aumentar a produtividade do solo, como por exemplo, em áreas de pastagem que tenham sido exploradas além de sua capacidade.

No entanto, em combinação com outros fertilizantes, o uso de lodos de ETAs pode beneficiar os esforços de recuperação de solos, podendo ser empregado em casos específicos, tais como: substituição de solo em áreas de mineração; controle do pH do solo (especialmente lodos de ETAs que contém cal) e controle de carreamento de excesso de fosfato para águas superficiais (lodos de ETAs). O uso de lodos de ETAs para recuperação de áreas deve ser sempre precedido de estudos de impacto ambiental (AWWARF, 1996).

2.6.1.4- Disposição em áreas especiais

A disposição em áreas especiais é, geralmente, a alternativa escolhida para lodos de ETAs gerados continuamente, em grande quantidade ou que contenham substâncias que possam ameaçar a saúde pública ou o meio ambiente. As áreas especiais devem ser projetadas de forma a conter essas substâncias e nelas, os resíduos são tratados por meio da atividade de microrganismos do solo, da ação da luz solar e/ou por oxidação. Além disso, o solo é utilizado para fixar metais, tornando-os indisponíveis.

No caso de disposição de lodos de ETAs em áreas especiais, em geral, são aplicadas exigências mais rigorosas que nas outras opções de aplicação no solo. Deve-se controlar o escoamento superficial (por meio de diques, canais e lagoas), bem como lixiviações e infiltrações que possam gerar efluentes contaminados, os quais devem ser coletados e devidamente tratados. A descarga desses efluentes tratados no meio ambiente requer licença dos órgãos de controle ambiental.

2.6.2- Descarga em ETEs

Os resíduos decorrentes da lavagem dos filtros e limpeza dos decantadores são encaminhados para um tanque de clarificação onde ocorre separação de suas fases sólidas e líquidas, em geral com o uso de polímeros. A fase líquida é recirculada, enquanto a fase sólida é geralmente transportada para uma ETE em caminhão-tanque (REALI, 1999). Essa opção é economicamente atrativa e transfere a responsabilidade pela disposição final para a ETE. O responsável pela ETE deve, portanto, avaliar cuidadosamente os seguintes fatores (AWWARF, 1996):

- § Impacto do lodo de ETA no sistema de transporte (coletores, estações elevatórias, tubulações de recalque, abrasão e corrosão);
- § Impacto dos resíduos tanto no processo de tratamento líquido, quanto no processo de tratamento dos sólidos da ETE;
- § A biotoxicidade tanto na ETE, quanto nos seus resíduos finais.

2.6.2.1- Considerações a respeito do desempenho da ETE e da disposição final do lodo de ETE

Sobrecarga hidráulica - Mesmo que não seja realizada a equalização da vazão dos resíduos líquidos da ETA antes da descarga na rede de coletores, a atenuação que ocorre na própria rede geralmente evita problemas de sobrecarga hidráulica na ETE. Os maiores problemas ocorrem quando os resíduos são direcionados para o sistema de processamento de sólidos da ETE. Nesse caso, a equalização geralmente é necessária.

Sobrecarga orgânica - A carga orgânica adicional, decorrente da introdução dos resíduos da ETA, em geral, também não provocam impactos significativos no desempenho da ETE.

Sobrecarga de sólidos - A introdução adicional de sólidos, em geral, não afeta significativamente o desempenho das ETE. Em muitos casos, resíduos de ETA contendo alumínio ou ferro melhoraram a eficiência de clarificadores primários. É comuns o aumento da quantidade de lodo da ETE, com correspondente decréscimo na sua volatilidade. Os metais presentes nos resíduos de ETA podem provocar aumento da concentração de metais no efluente da ETE.

Sobrecarga de tóxicos - A toxicidade potencial dos resíduos de ETAs - em geral decorrente da presença de metais pesados - pode inibir os processos biológicos de tratamento nas ETEs

Separação sólido/líquido - Os resultados de diversas pesquisas que avaliaram o impacto dos resíduos de ETAs nessa importante operação unitária indicaram que:

- 1) o volume do lodo de ETE em geral aumenta;
- 2) aumenta a remoção de fósforo do esgoto;
- 3) a concentração do lodo de ETE pode decrescer.

Processos biológicos de tratamento - Em diversas investigações não foram encontradas evidências de que o lodo de ETA tenha dificultado a remoção de substrato no processo de lodos ativados. Outros estudos mostraram que a adição de lodo de ETA, em taxas moderadas, não afetou significativamente digestores anaeróbios, quando esses tinham capacidade suficiente para acomodar a sobrecarga de sólidos correspondente.

Espessamento e desidratação do lodo - Embora as informações disponíveis em geral mostrem que a desidratabilidade do lodo de ETE não seja negativamente impactada pela adição do lodo de ETA, sua sedimentação gravitacional pode ser afetada.

Disposição final do lodo de ETE - A presença de metais e outros contaminantes no lodo de ETA pode inviabilizar a descarga direta do lodo de ETE em cursos d'água. No caso de aplicação no solo, a adição de lodo de ETA aos lodos de ETE pode reduzir o nível de fósforo disponível para as plantas; além disso, o alumínio é tóxico para muitas culturas agrícolas. A adição de lodo de ETA pode reduzir o teor de matéria orgânica do lodo de ETE e dificultar sua incineração. A redução do teor de matéria orgânica no lodo de ETE pode diminuir o nível de atividade biológica no processo de compostagem (AWWARF, 1996).

2.6.3- Disposição em aterros sanitários

Segundo AWWARF (1996), os lodos de ETAs podem ser dispostos em: aterros sanitários específicos, em aterros sanitários industriais, ou em aterros sanitários que recebem resíduos sólidos domiciliares (co-disposição).

A escolha do local para o aterro sanitário deve considerar seu desempenho e a proteção da saúde pública e do meio ambiente. A construção de aterros não deve afetar adversamente áreas inundáveis próximas, espécies ameaçadas de extinção, águas superficiais, águas subterrâneas ou a qualidade do ar; além disso, não deve provocar doenças nem ameaçar a segurança. O maior problema ambiental decorrente da operação de aterros sanitários é a contaminação das águas subterrâneas ou superficiais pela lixiviação de metais contidos nos resíduos. Devem ser, portanto, previstas a impermeabilização do fundo do aterro (geomembrana ou camada de argila compactada) e a instalação de sistema de coleta, transporte e tratamento do chorume. Aterros sanitários não devem ser instalados nas proximidades de aeroportos, em áreas inundáveis, em áreas alagadas, em áreas instáveis ou em áreas sujeitas a terremotos.

As características físicas dos lodos de ETAs que devem ser consideradas no planejamento de um aterro incluem:

- § **Plasticidade:** determina a maior ou menor dificuldade em se manusear o lodo;
- § **Compactação:** estabelece o grau de compactação necessário para aumentar a estabilidade, diminuir a permeabilidade e aumentar a resistência à erosão;
- § **Compressibilidade:** determina a redução do volume do aterro, ao longo do tempo decorrente da extrusão da água;
- § **Tensão de cisalhamento:** determina a altura máxima e o talude do aterro, bem como a capacidade de suportar equipamentos pesados.

A seleção do método de aterro deve considerar: o teor de sólidos e a estabilidade do lodo, a hidrogeologia do local, a declividade do solo e a disponibilidade de área. Em geral são utilizados o método das valas e o método da área.

Os seguintes procedimentos operacionais devem ser implementados em todos os aterros: prévia desidratação do lodo de ETA, de forma a aumentar a concentração de sólidos; exclusão de resíduos perigosos; cobertura diária; monitoramento da produção de metano; eliminação de focos de incêndios; controle do acesso do público; controle do escoamento superficial; controle de descargas de águas superficiais; eliminação da disposição de resíduos líquidos.

3- CONSUMO EXCESSIVO DE CLORO AO LONGO DA REDE DE ABASTECIMENTO

3.1- Introdução

Os sistemas públicos de abastecimento de água potável apresentam uma fragilidade na manutenção da qualidade adequada da água distribuída à população. No ano 2000, o Brasil, segundo o IBGE, teve o maior índice de mortalidade infantil das Américas, principalmente nos estados do nordeste, onde menos de 50% da população tem acesso à água tratada. Ainda vale ressaltar que os sistemas de abastecimento apresentam problemas operacionais no tratamento da água, favorecendo a perspectiva de contaminação na rede de distribuição.

Uma das etapas de um tratamento que visa a manutenção da qualidade da água é a desinfecção, que significa a destruição ou inativação de microorganismos prejudiciais, quando presentes na água a ser distribuída. A água, na rede de distribuição, não deve apresentar microorganismos coliformes, que são indicadores da contaminação por dejetos humanos e de animais de sangue quente. Por isto, a companhia de abastecimento deve utilizar um eficiente processo de desinfecção, que elimine organismos como bactérias, protozoários, vírus e algas.

Na escolha do melhor método a ser utilizado para a desinfecção de água potável, deve-se levar em conta o poder de destruição de microorganismos patogênicos em tempo razoável e, além disso, não devem ser tóxicos ao homem e aos animais. Também não devem causar cheiro e gosto nas águas, devem ser de baixo custo, oferecer condições seguras de manuseio e aplicação e produzir residuais persistentes, de fácil e rápida determinação.

O cloro, principalmente na forma de ácido hipocloroso, é um dos principais agentes químicos de desinfecção de águas para abastecimento público. Sua principal atuação é na destruição da biosíntese, impedindo o crescimento celular dos microorganismos patógenos ao homem, portanto, tendo uma ação bactericida. Entretanto, o excessivo consumo de cloro pode significar que existem interferências nas canalizações de água, resultando no decréscimo da concentração de cloro residual livre ao longo da rede de abastecimento.

Os objetivos deste trabalho foram o de estudar o forte decaimento do cloro residual livre que vem ocorrendo ao longo dos 23 km da linha tronco que abastece a população servida pela ETA Gurjaú, localizada em Cabo de Santo Agostinho, município de Pernambuco; bem como verificar quais os interferentes presentes na água que estão provocando esse decréscimo da concentração de cloro residual livre ao longo dessa rede de abastecimento.

A turbidez causada por partículas coloidais em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, podem ser oxidadas pelo cloro residual, consumindo-o. Existe uma relação crescente entre os sólidos suspensos e a turbidez em uma estação de tratamento de água; os sólidos suspensos presentes na água tratada refletem uma filtração ineficiente, logo, parte dos flocos formados no decantador que não foram retidos no filtro, podem ser oxidados pelo cloro, aumentando a demanda (DI BERNARDO, 1993).

No trabalho realizado por SOUZA, *et al.* (2000), foi pesquisada a influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento, utilizando o cloro como agente desinfetante. As águas utilizadas eram sintéticas, preparadas em laboratório e inoculadas com *Escherichia Coli*; também foram adicionadas substâncias húmicas para obtenção de cor e argila para obter turbidez. Concluiu-se que a desinfecção de águas com turbidez e cor acima do estabelecido pela PORTARIA nº 1469 de dezembro de 2000, a qual estabelece 5 mg/L para cor e 1 mg/L para turbidez na saída da ETA, é possível, desde que os valores de cor e turbidez não sejam excessivamente elevados. Pois quanto maior a turbidez e a cor, maior será a quantidade de cloro necessária para garantir uma desinfecção eficaz.

A eficiência da desinfecção por cloro varia de acordo com os organismos envolvidos, com o tempo de contato, com a temperatura, o pH e a turbidez da água. A desinfecção eficiente é mais difícil se uma água contém turbidez elevada. Para o controle da ação bacteriológica na água de abastecimento humano é necessário manter os níveis efetivos de cloro residual na rede.

Chama-se cloro residual livre, o cloro na forma de HOCl, que dependendo do pH, se dissocia formando o íon OCl^- (hipoclorito); quanto maior o pH, maior será a dissociação. Com o pH em torno de 5, temos praticamente 100% de HOCl e à medida que o pH aumenta esta percentagem diminui, conseqüentemente aumentando o OCl^- , que pode estar em equilíbrio com os íons H^+ , formando novamente o HOCl e HCl, que é medido como cloro residual livre. Este ácido clorídrico formado reage com a alcalinidade da água.

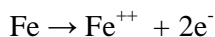
Quando a água não apresenta alcalinidade, este ácido tende a atacar outros constituintes, como os metais da tubulação.

As tubulações usadas para captação e em redes distribuidoras geralmente eram de ferro fundido, concreto armado, cimento-amianto, aço, cerâmica, madeira e matérias especiais (AZEVEDO NETTO E RICHTER, 1998; CETESB, 1974). A de ferro fundido continua sendo muito usada, logo o ácido clorídrico tende a atacar o ferro, e esta reação pode ser acelerada pela bactéria *Crenothrix*, que se prolifera em meio que contenha ferro. A ocorrência de Fe e Mn nas águas tratadas pode ocorrer quando a água bruta apresenta teores elevados destes e o tratamento utilizado não foi eficiente para promover uma remoção de 100%. Logo, o residual de cloro agirá como oxidante do Fe e Mn na água tratada causando uma maior demanda, que o impedirá de agir sobre diversos organismos, inclusive os coliformes.

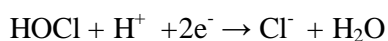
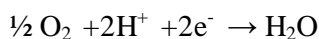
Depósitos de qualquer natureza podem formar-se no interior das canalizações condutoras de água, reduzindo a aeração da superfície por eles coberta e criando uma área anódica, onde se processa a dissolução do metal. O mesmo acontece nos estreitos espaços existentes na junção das extremidades de dois tubos confinados. A dissolução de um metal pode variar sob a influência de diversos fatores:

- Os sais de ferro são bastante solúveis nas águas e são facilmente oxidados, formando hidróxidos férricos insolúveis.
- O ferro metálico é oxidado formando o cátion ferroso que reage com o hidróxido existente na água e formando o Fe(OH)_2 , que a seguir se oxida, produzindo o Fe(OH)_3 (ferrugem).
- Os tubos de ferro fundido não se apresentam em estado de pureza absoluta e compõe-se de 70% de Fe; 3,3 a 3,8% de C; 2 a 2,6% de Si; 1,5 a 2% de Mn; 0,1% de S e 0,8 a 1,5% de P.

Esta corrosão está associada ao processo anódico, correspondendo à dissolução do ferro, como segue a reação:



E o processo se completa com a reação catódica que provoca a redução do O_2 dissolvido e do cloro.



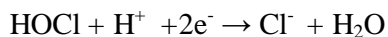
Se o meio for ácido, que favorece as condições para a formação de uma pilha eletroquímica entre metal e eletrólito, haverá o decréscimo do nível de cloro livre (FRATEUR et al., 1999).

Experimentos piloto realizado por FRATEUR *et al.* (1999), comprovaram que a cinética da reação é de ordem zero, logo independe das concentrações dos reagentes e que a corrosão é proporcional à corrente elétrica criada, segundo a Lei de Faraday.

A água que circula na tubulação (eletrólito) tem a sua composição variada, principalmente de acordo com o pH do meio, pois:

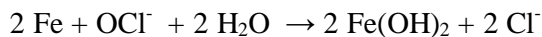
- pH em torno de 6,0 - corresponde a 100% HOCL
- pH em torno de 9,0 - corresponde a 100% ClO⁻

Para que ocorra a redução do cloro residual em potencial, é necessário que o pH seja ácido, pois predominaria o HOCl, ocorrendo assim a dissolução do ferro e redução do cloro. Nesta faixa ocorre a reação:



Observam-se assim elevações dos níveis de cloretos nas águas da rede. Nos trechos do sistema de distribuição onde a velocidade é reduzida, podem ocorrer depósitos de precipitados de Fe(OH)₃, formados pela corrosão. Quando ocorre grande demanda e aumenta-se a velocidade, os depósitos são arrastados pelas águas causando cor, gosto e odor, principalmente em águas cloradas, conferindo sabor adstringente, amargo e metálico (FRATEUR *et al.*, 1998).

Quando o pH é > 7 (em torno de 9,0) predomina a formação de OCl⁻, logo a reação será:



Portanto, o consumo de cloro e a produção de cloreto ocorrem pela presença de ferro metálico na rede em condições de baixo pH (OZDEMIR e TUFEKCI, 1997).

3.2- Metodologia

3.2.1- Descrição da ETA Gurjaú

A ETA Gurjaú é uma estação convencional, constituída de dois flocculadores, dois decantadores do tipo convencional e oito filtros, com duas câmaras cada. A capacidade atual é de 620 L/s, mas trabalha com uma sobrecarga de 61%, pois sua vazão aduzida é 1000 L/s. A ETA é suprida pelas barragens de Gurjaú e Sucupema, ambas por gravidade. A rede de abastecimento de Gurjaú é constituída por duas canalizações de ferro fundido com juntas de chumbo, já bastante antigas, com 750 mm de diâmetro e 23 km de extensão. A rede parte da elevatória Gurjaú, no Cabo de Santo Agostinho, indo até o Reservatório de Prazeres, em Jaboatão dos Guararapes.

A primeira linha foi implantada em 1918, e a segunda logo em seguida, em 1926. Segundo medições da DCQ (Divisão de Controle de Quantidades) da COMPESA, as duas canalizações apresentam uma capacidade total de transporte de 960 L/s.

O processo de tratamento na ETA é desenvolvido nas seguintes etapas: pré-cloração, coagulação, floculação, decantação, filtração e cloração final. A ETA possui um laboratório que tem por objetivo determinar os índices indicadores da qualidade da água e os parâmetros de controle de processo, através das análises físico-químicas tais como cor, turbidez, pH, alcalinidade e cloro residual, além de realizar Jar Teste, para determinar a dosagem ideal de sulfato de alumínio. As análises citadas são determinadas de duas em duas horas durante um turno de 24 horas.

O cloro é usado com duas finalidades no tratamento desta ETA:

- Como desinfetante para destruir os organismos que tenham significado sanitário, que provoquem doenças ou alterem as características da água.
- Como oxidante para modificar as características químicas indesejáveis na água, tais como substâncias que causam cor, odor e sabor estranhos.

Na água tratada, o cloro é consumido através de reações com microorganismos e este é aplicado de forma excessiva, até que, após as reações químicas, se tenha o que é chamado de cloro residual, um indicativo de que ocorreram todas as reações de oxidação.

Sua permanência previne futuras proliferações desses componentes indesejáveis na água tratada.

3.2.2- Monitoramento da demanda de cloro em função da cor e turbidez em escala de laboratório

Com o objetivo de acompanhar o consumo de cloro em função da cor e turbidez presentes na água tratada, sem os possíveis interferentes que venham surgir ao longo do percurso na linha de distribuição, foi realizada, no ponto de saída de água tratada localizado no laboratório da ETA Gurjaú, uma coleta de água tratada, armazenada em oito frascos de 200 mL e a cada 30 minutos durante 4 horas, determinados os parâmetros de cloro residual, cor e turbidez, como mostra o esquema demonstrativo da Figura 3.1. Este procedimento foi repetido durante três dias. As determinações e o método utilizado estão descritos na Tabela 3.1.

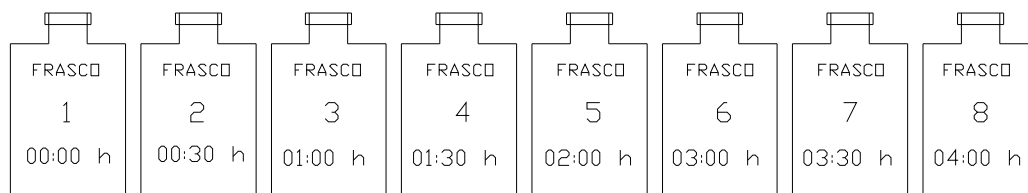


Figura 3.1: Esquema demonstrativo das coletas

Tabela 3.1: Determinações analíticas, na saída de água tratada na ETA Gurjaú.

Determinação analítica	Método	Periodicidade da determinação
Cloro residual	DPD	A cada 30 minutos
Cor	Colorimétrico	Durante 4 horas
Turbidez	Nefelométrico	Diárias

Em um segundo procedimento, foi tomado uma amostra de água bruta em oito frascos de 500 mL, determinados os parâmetros de cor e turbidez, em todos os frascos e em seguida foi adicionado hipoclorito de sódio até obter um residual de cloro de 6 mg/L, e medidos a cada 30 minutos os parâmetros de cor, turbidez e cloro residual, da mesma forma como foi descrito no parágrafo anterior.

3.2.3 Monitoramento ao longo da linha de abastecimento

Com a finalidade de acompanhar a demanda de cloro ao longo da linha, em um percurso de 23 km desde a saída da ETA até o ponto de reforço de cloro desta, foram monitorados vários pontos neste trecho e analisadas as variáveis como cloro residual, cloretos, cor, ferro, pH, sólidos totais e turbidez.

As coletas para análise foram feitas uma vez por semana e o monitoramento foi feito através de análises físico-químicas de acordo com a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995), conforme as Tabelas 3.1 e 3.2.

Tabela 3.2: **Pontos de coleta.**

Ponto	Localização
P1 – Água Bruta	Na barragem de Gurjaú
P2 - Água Tratada	Na saída da ETA
P3 - A 1 km da ETA	Na comunidade da Usina Bom Jesus
P4 - A 12 km da ETA	Na comunidade de Ponte dos Carvalhos
P5 - A 14 km da ETA	Na comunidade de Pontezinha
P6- A 20 km da ETA	No centro de Prazeres
P7 - A 22 km da ETA	Na última residência antes do ponto de reforço de cloro em Prazeres
P8 - A 22 km da ETA	Ponto de reforço de cloro- reservatório de Prazeres

Tabela 3.3: Determinações físico-químicas realizadas no monitoramento da linha tronco do sistema Gurjaú.

Determinação	Metodologia
pH	Método potenciométrico.
Cor aparente (UC – mg/L de Pt/Co)	Método padrão, comparar a cor com uma solução de cloreto de platina e cobalto sendo a unidade de equivalente àquela que continha 1 mg de platina em 1 L d água, na forma de cloroplatinado de cobalto (1 mg/L de Pt).
Turbidez (UT)	Método nefelométrico, mede a resistência da água à passagem da luz, devido à presença de materiais em suspensão ou coloidais.
Cloro residual (mg/L Cl)	Métodos: colorimétricos - DPD (NN dietil p.fenilendiamina) e o método titulométrico.
Cloretos (mg/L)	Método argentométrico.
Ferro, Manganês e Alumínio (mg/L)	Método da digestão ácida com ácido nítrico e leitura no ICP.
DQO (mg/L de O ₂)	Método da micro DQO, titulométrica e colorimétrica, expressas em mg/L de O ₂ .

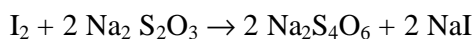
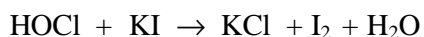
Inicialmente foram coletadas amostras de água tratada na ETA Gurjaú e armazenadas em garrafas de polietileno devidamente limpas; cor, turbidez e cloro residual foram medidos a cada meia hora, a fim de determinar o consumo de cloro pela turbidez. Este procedimento foi feito em triplicata.

3.2.4- Precisão dos métodos utilizados na determinação da demanda de cloro

O cloro residual medido em todos os pontos de coleta foram realizados através de três procedimentos analíticos diferenciados, descritos abaixo:

1. Comparador colorimétrico de disco com o uso do reativo DPD (N,N – dietil-p-fenilenodiamina)
2. Comparador colorimétrico digital com o uso do reativo DPD (N,N – dietil-p-fenilenodiamina)

3. Método iodométrico, segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995). O cloro livre presente na amostra libera o iodo adicionado na forma de iodeto de potássio e este por sua vez é determinado através de titulação com uma solução padrão de tiosulfato de sódio. Esta reação ocorre em meio ácido, para evitar que em pH neutro ocorra a oxidação parcial do tiosulfato em sulfato. Por outro lado, a titulação em meio ácido também é preferida por que as formas de cloro combinado não reagem em pH neutro. E este método tem uma sensibilidade de medir até o valor mínimo de 0.04 mg de Cl₂/ L. As reações que ocorrem neste método são:



3.3- Resultados e discussões

3.3.1- Monitoramento da demanda de cloro em função da cor e turbidez em escala de laboratório

A Figura 3.2 mostra os parâmetros médios de cor, turbidez e cloro residual medidos em amostras de água tratada a cada 30 minutos durante quatro horas de monitoramento. Esta medição ocorreu nas seguintes condições: a água tratada encontrava-se em um recipiente estéril sem a presença de interferentes externos, como ocorre ao longo de uma tubulação. Logo o cloro esteve em contato apenas com a água e seus constituintes.

Comportamento da cor, turbidez e cloro residual

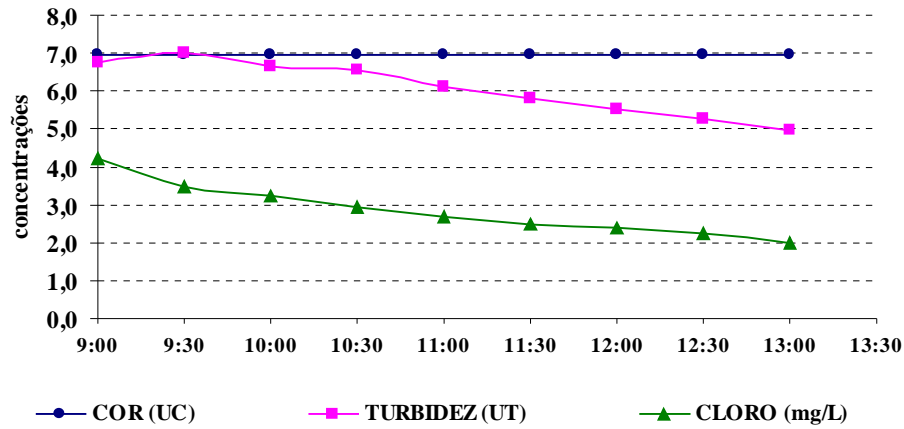


Figura 3.2: Cloro residual em função da cor e turbidez em água tratada clorada.

Segundo o trabalho realizado por SOUZA, *et al.* (2000), onde se pesquisou a influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento, utilizando o cloro como agente desinfetante, em águas sintéticas preparadas em laboratório com adição de substâncias húmicas para obtenção de cor e argila para obter turbidez, foi observado o residual de cloro formado após o tempo de contato. Concluiu-se que quanto maior a turbidez e a cor, maior era a quantidade de cloro necessária para garantir uma desinfecção eficaz.

Observa-se no gráfico acima que o residual de cloro decai paralelamente a turbidez, enquanto que a cor aparente mantém-se constante.

Quando foi tomada uma amostra de água bruta cuja cor inicial era 40 UC e turbidez inicial 57 UT e a esta foi adicionado cloro até um residual de 6,0 mg/L e mediu-se os parâmetros de cloro residual, cor e turbidez, a cada 30 minutos durante 4 horas. Os resultados são mostrados na Figura 3.3.

Comportamento da cor, turbidez e cloro residual, partindo de uma água bruta.

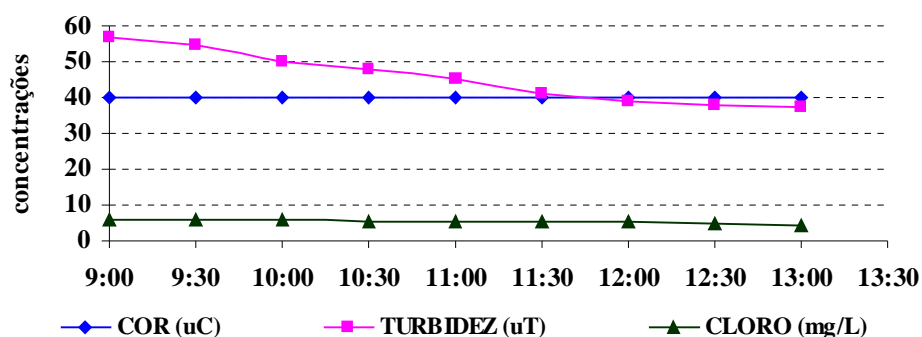


Figura 3.3: Cloro residual em função da cor e turbidez em água bruta clorada.

É possível observar que houve uma sensível diminuição nos valores de turbidez que inicialmente era de 57 UT e após 4 horas de contato com o cloro reduziu para 37 uT. Desta mesma forma, o residual de cloro que iniciou com 6,0 mg/L, chegou a 4,5 após o período observado. Porém com a cor aparente não observou-se nenhuma alteração, mostrando que a redução que houve no residual de cloro presente ocorreu devido a possível reação com a matéria em suspensão expressa por turbidez. E nesta matéria não deve conter substância que ao reagir com o cloro venha conferir cor a água, pois como está mostrado na Figura 3.3 não houve alteração da cor no período de análise

3.3.2- Monitoramento ao longo da rede de abastecimento

Quando o monitoramento passou a ser feito nos pontos ao longo do percurso da rede, acompanhado o cloro aplicado na saída da ETA, assim como para os valores de cor e turbidez, foram encontrados os resultados mostrados na Figura 3.4. Observa-se que em alguns pontos ocorreram picos na elevação da turbidez e cor, com redução do cloro residual.

Conclui-se que inicialmente o cloro pode estar sendo consumido pela turbidez, porém após certo tempo esta começa a aumentar mostrando que deve estar ocorrendo alguma reação que introduza turbidez e cor a água que segue na rede. Deve-se considerar o arraste de material depositado na rede, face ao regime intermitente do abastecimento que ocorre a partir do ponto P5, onde inicia-se a rede de abastecimento, sujeita à várias manobras para controle do abastecimento de água nesta região.

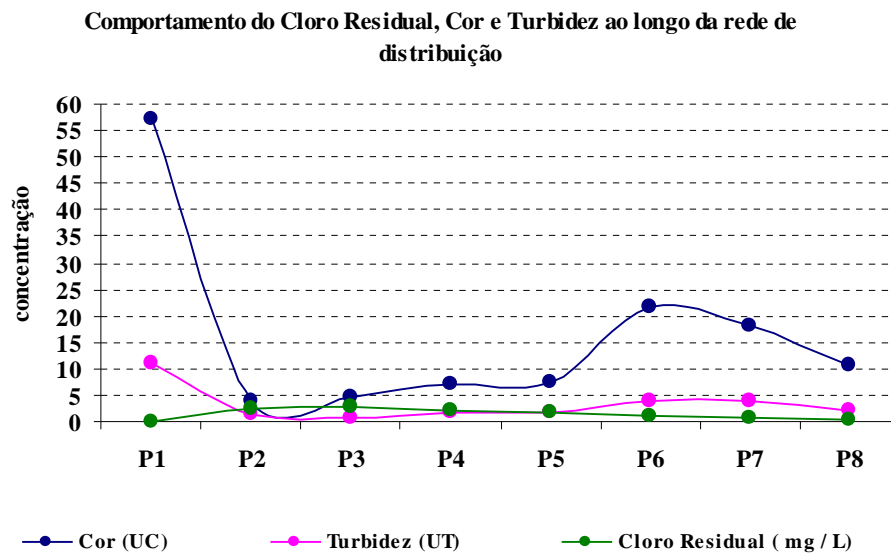


Figura 3.4: Comportamento do cloro residual, cor e turbidez na água tratada ao longo da rede de distribuição.

No ponto P1 visualizamos a maior concentração de cor e turbidez, e a ausência de cloro residual, pois este ponto localiza-se na caixa de chegada de água bruta da estação Gurjaú, onde não recebeu nenhum tipo de tratamento.

O ponto P2, localizado na saída da ETA, representa a água tratada, o gráfico mostra a melhor situação da água, menor turbidez, menor cor e maior residual de cloro.

O ponto P3, localizado a 1 km após o ponto de cloração na ETA, apresenta valores mais reais que o ponto P2, houve uma pequena redução de cloro, da turbidez e muito pouca variação da cor, essa condição é explicada pela ausência de um reservatório na ETA e a

cloração final ocorre no canal de saída. Logo, este ponto P3, representa valores cuja estabilidade são mais aceitáveis que o ponto P2, localizado logo após a cloração, sem que haja um tempo mínimo de contato.

No ponto P4 e P5 são mostrados um aumento nos valores da cor, turbidez e redução do cloro residual.

No ponto P6 há uma redução do residual de cloro e um pico nos valores de cor e turbidez.

O contrário do observado no experimento (Figura 3.3), onde verifica-se que não ocorre variação da cor, apenas diminuição da turbidez e do cloro residual, logo, no caso da água na tubulação (Figura 3.4) conclui-se que ocorre alguma reação com algum componente externo que encontra-se na tubulação. Levando em consideração as situações de intermitência na linha a partir do ponto P5.

Ao verificar o gráfico da Figura 3.5, é possível observar a ocorrência do crescimento da condutividade elétrica e cloretos, monitorados ao longo da rede.

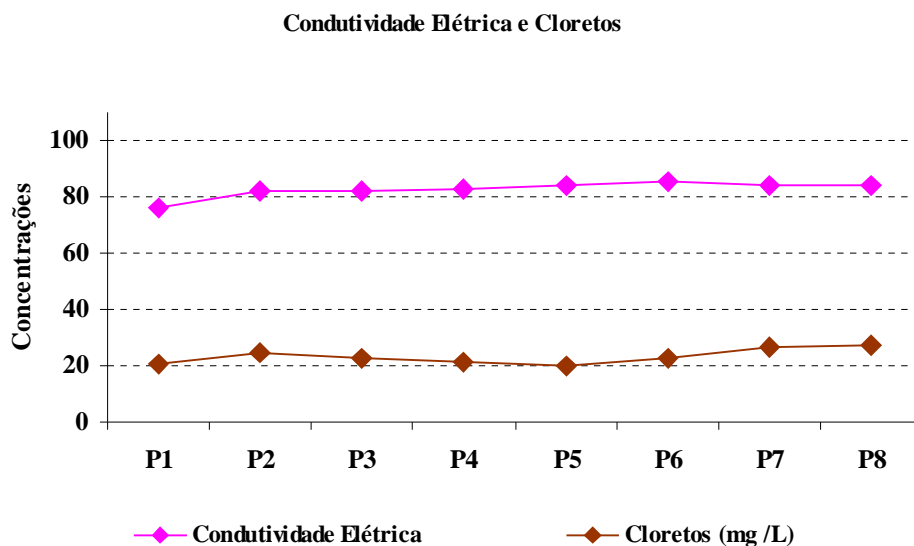


Figura 3.5: Aumento da condutividade elétrica e cloretos na rede.

Os estudos de FRATEUR *et al.* (1999), revelaram que o processo corrosivo de tubulações de ferro pelo cloro, na forma de ácido hipocloroso, resultou na massa de água,

concentrações de Fe^{+2} e Cl^- . Este comportamento pode ser observado na Figura 3.6, que compara o consumo de cloro e o acréscimo de ferro.

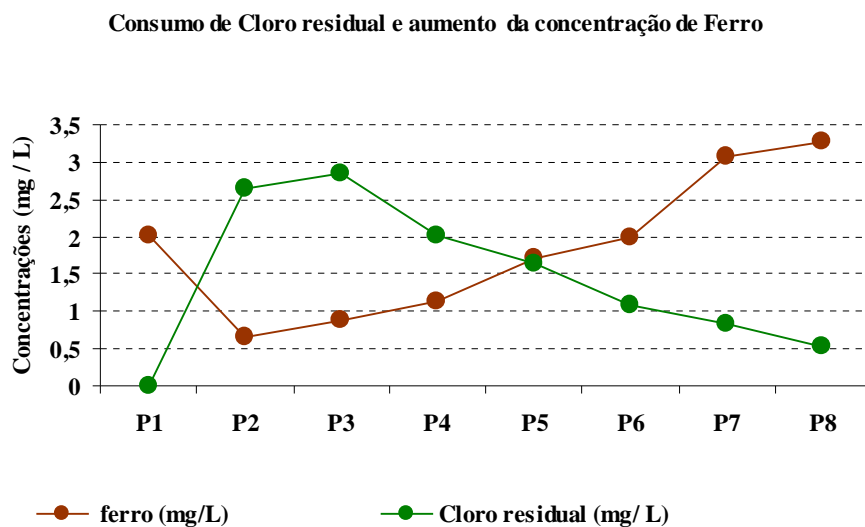


Figura 3.6: Consumo do cloro residual e aumento do residual de ferro.

Inicialmente, no ponto P1 observa-se um teor de ferro em torno de 2,0 mg/L, característica da água do manancial que abastece o sistema Gurjaú; este teor de ferro é reduzido durante o tratamento nesta ETA, que utiliza a pré-cloração para a remoção deste ferro. A Figura 3.7 mostra a comportamento dos teores de sólidos totais, cor e turbidez nos pontos de coleta.

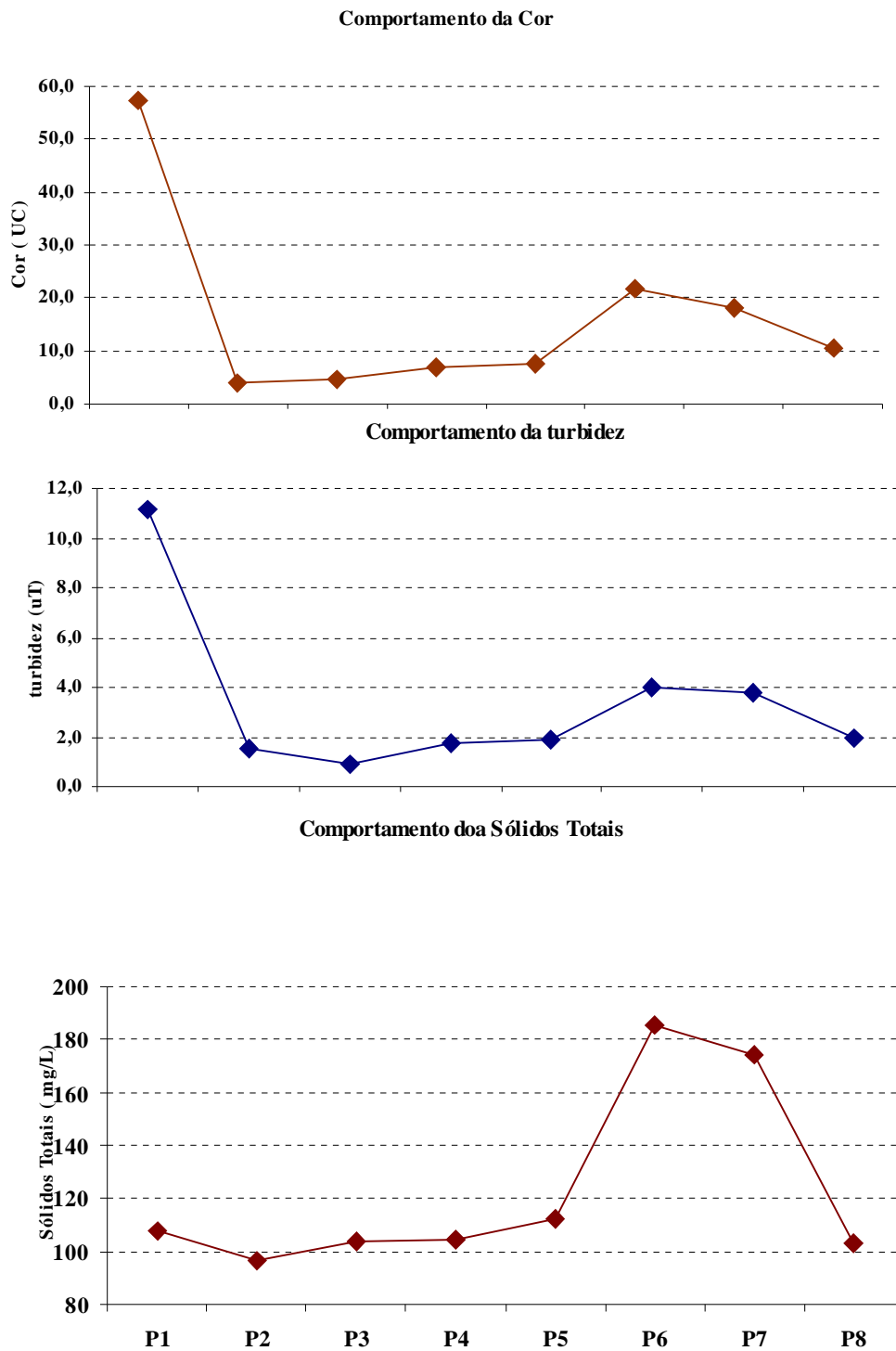


Figura 3.7: Comportamento ao longo da rede dos sólidos totais, cor e turbidez.

A Figura 3.8 mostra o comportamento do pH ao longo da tubulação, mostrando um ambiente inicialmente neutro, porém vai se tornando ácido à medida que o HClO vai se decompondo, o que facilita a oxidação da tubulação.

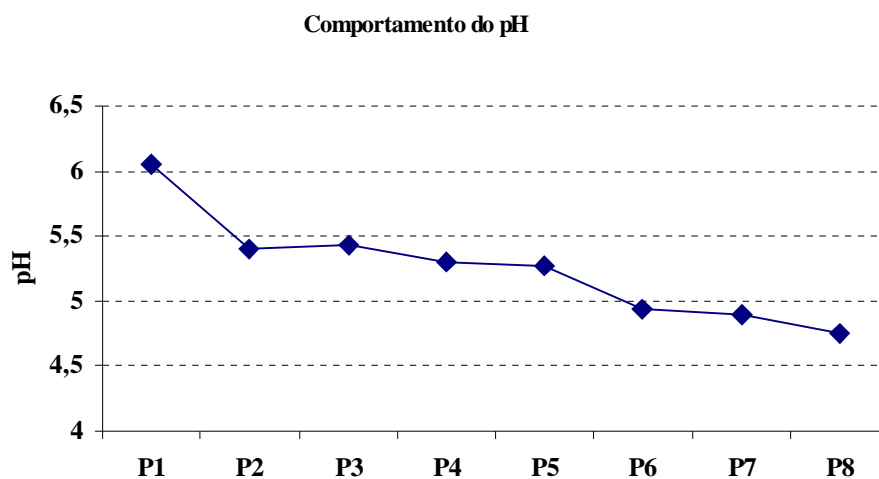


Figura 3.8 Comportamento do pH ao longo da rede.

3.3.3- Precisão dos métodos utilizados na determinação da demanda de cloro

As determinações de cloro residual foram feitas por três tipos de procedimento analíticos diferentes e os resultados encontrados para os diferentes métodos estão mostrados na Figura 3.9.

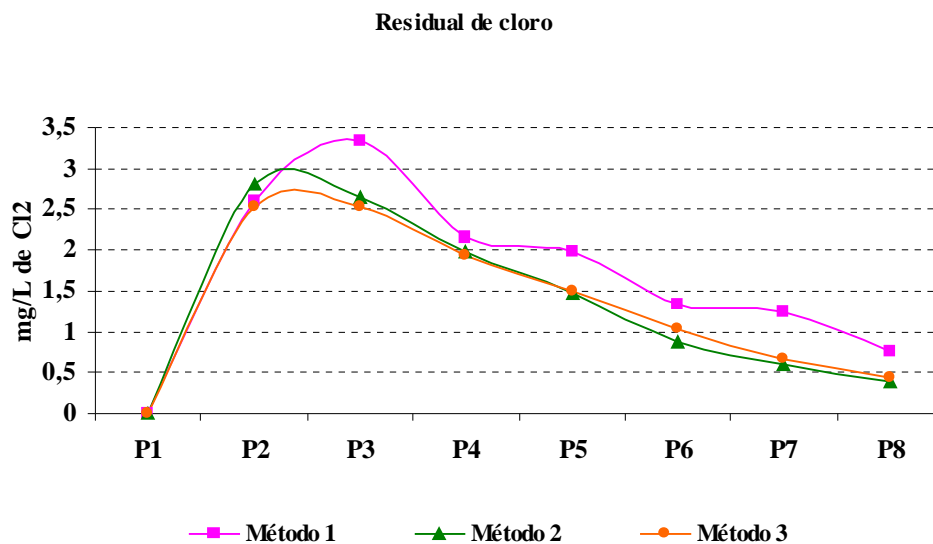


Figura 3.9: Determinação da demanda de cloro por três métodos diferentes.

Os métodos usados foram:

- § Método 1 - Comparador colorimétrico de disco com o uso do reativo DPD (N,N – dietil-p-fenilenodiamina).
- § Método 2 - Comparador colorimétrico digital com o uso do reativo DPD (N,N – dietil-p-fenilenodiamina).
- § Método 3 - Método iodométrico, segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995).

A Figura 3.10 relaciona o desvio padrão entre os métodos usados, mostrando valores próximos de 1. O método do comparador colorimétrico de disco com o uso do reativo DPD, o que apresenta maior variação entre os desvios padrões. Enquanto os métodos do comparador colorimétrico digital com o uso do reativo DPD e o método iodométrico apresentam maior coesão entre si.

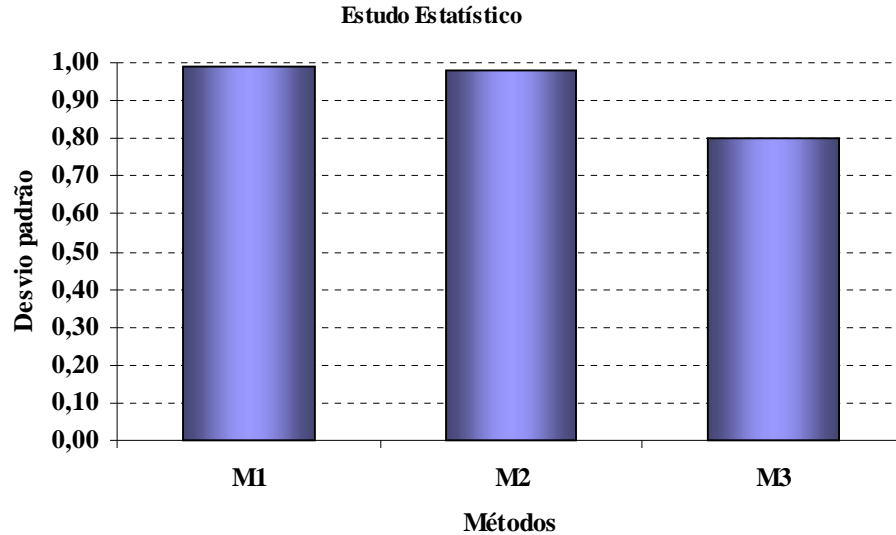


Figura 3.10: Desvio padrão entre os métodos usados na determinação do cloro residual.

Conforme afirmou DI BERNARDO (1993), a turbidez presente na água tratada reflete uma deficiência no processo de filtração. E esta deve ser oxidada pelo cloro, aumentando sua demanda. Conforme ficou claro nos resultados do monitoramento em escala de laboratório, a água tratada mostrou uma diminuição da turbidez remanescente. Este resultado foi confirmado quando se observou o decaimento do cloro e da turbidez da água bruta, cuja turbidez é elevada. Logo conclui-se que quanto maior a turbidez, maior será a quantidade requerida de cloro.

Nos experimentos na rede verificou-se um aumento da cor, turbidez, cloreto, ferro e sólidos totais, ao contrário dos resultados do experimento no laboratório. Portanto, as reações químicas que ocorreram na tubulação alteraram os parâmetros citados e acrescentando outros compostos à água.

O aumento na concentração de ferro indica a oxidação da tubulação constituída de ferro fundido. Esta oxidação além de aumentar o teor de ferro na água aumentou também o teor de cloreto, resultado da redução do cloro. O ferro por sua vez precipita na forma de Fe^{+3} , que figura o aumento da cor e turbidez.

O ambiente ácido facilita a precipitação do ferro justificativa pelo qual ocorre um aumento mais significante da cor, turbidez e sólidos totais a partir do ponto de coleta P6, onde observa-se o menores valores encontrado de pH.

A água tratada na ETA Gurjaú não está dentro dos padrões de potabilidade exigido pela portaria 1469 (MS, 2000), pois apresenta turbidez na saída da ETA em torno de 1,5 UT, quando a portaria exige que na saída da ETA não seja superior a 1,0 UT. E a cor máxima permitida na rede é 15 UH e 5,0 na saída da ETA, em alguns pontos da rede foram encontrados valores superiores ao estabelecido na portaria. A portaria 1469 (MS, 2000) recomenda que mais de 95% das amostras devem apresentar cor $\leq 5,0$ UC e turbidez $\leq 1,0$ UT. Neste período de coleta apenas 55% das amostras ficaram dentro do esperado pela portaria referente aos valores de turbidez e 89% referente a cor.

O teor de ferro permitido pela Portaria 1469/2000 é de 0,3 mg/L, os valores encontrados na água tratada na saída da ETA foram acima deste limite máximo permitido, como mostra o gráfico da Figura 3.5. A média da concentração de ferro na água tratada no período de estudo, foi em torno de 0,5 mg/L. E este valor aumentou ao longo da rede, mostrando que está sendo inserido ferro na água tratada, e este é proveniente da oxidação da tubulação pelo cloro residual. Com o aumento do ferro, justifica-se o crescimento da cor e dos sólidos totais, o ferro é oxidado pelo cloro para as formas iônicas dos íons ferrosos e férricos. Quando na forma de cloretos, eles são bastante solúveis na água, conferindo a esta, sabor amargo e cor amarelo-vermelhada, decorrente da precipitação do metal.

Quanto à precisão dos métodos, os três métodos utilizados apresentam valores de desvio padrão muito próximos, porém o método iodométrico é mais preciso que o método do comparador colorimétrico digital com o uso do reativo DPD. E este último mais preciso que método do comparador colorimétrico de disco com o uso do reativo DPD.

3.4- Conclusões

- § A água tratada da ETA Gurjaú apresentou turbidez acima do exigido pela Portaria 1469/2000 em 55% das amostras coletadas.
- § A turbidez elevada na água tratada consome o cloro residual.
- § O baixo pH propicia a oxidação da tubulação de ferro fundido.

- § O aumento da cor avermelhada na água tratada é resultado da precipitação do ferro, havendo seu depósito na tubulação vazia e conseqüente arraste quando a linha entra em operação, devido a intermitência na linha.
- § O aumento da turbidez reflete o aumento dos sólidos totais decorrente da precipitação do ferro.
- § O aumento do teor de cloretos é resultado de uma reação de oxidação-redução, onde o ferro é oxidado ao íon férrico e o cloro reduzido a cloreto, logo, o aumento da concentração de ferro indica que a tubulação está sendo oxidada pelo cloro residual.
- § O método utilizado pela COMPESA para medir o cloro residual apresentou maior desvio padrão em relação aos demais métodos utilizados neste trabalho.
- § Recomenda-se um maior controle operacional da ETA Gurjaú, que propicie uma água tratada de melhor qualidade e correção do pH da água após o tratamento.
- § Recomenda-se que o sistema Gurjaú que opera de forma precária em função das diversas deficiências como: Subdimensionamento da ETA; inversão do gradiente de velocidade nos floculadores, que possibilita a quebra dos flocos; irregularidades na aplicação de produtos químicos; danificação dos filtros e aplicação de cloro inadequada, com um tempo de contato entre o cloro e a água tratada abaixo do recomendado, receba uma intervenção para a correção dessas irregularidades.
- § Recomenda-se a substituição das duas tubulações de ferro fundido.

4- CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS RESÍDUOS GERADOS NOS DECANTADORES E FILTROS DAS ETAS DA R.M.R.

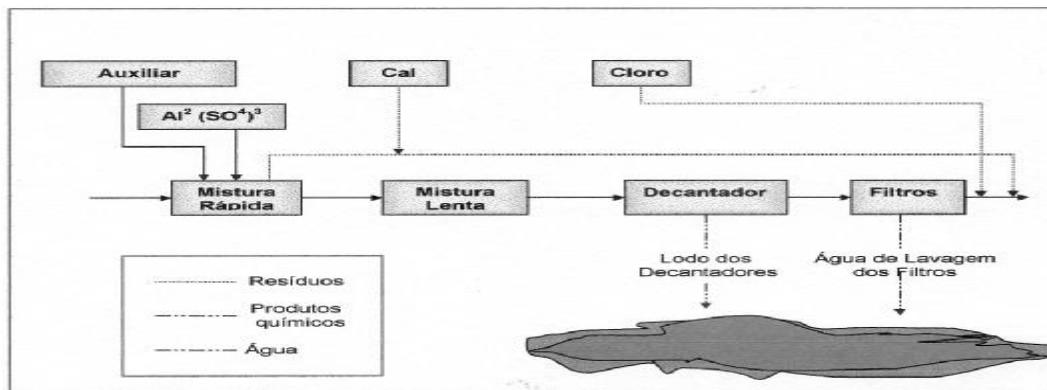
4.1- Introdução

A indústria da água na transformação de águas brutas em tratadas, a fim de torná-las dentro dos padrões de potabilidade fixado no Brasil através da Portaria Federal 1469/2000, por meio de processo convencional, utiliza produtos químicos e gera resíduos durante as etapas de tratamento. Basicamente são dois tipos de resíduos, segundo FERREIRA FILHO e ALÉM SOBRINHO (1998), primeiro os gerados nos decantadores e o segundo, na operação de lavagem dos filtros.

Os resíduos gerados nas ETAs são produzidos nos processos de coagulação, floculação, filtração e oxidação das águas superficiais, para remover turbidez, cor, bactérias, algas, compostos orgânicos e frequentemente ferro e manganês. Os resíduos mais comumente gerados são aqueles produzidos por sais de alumínio e ferro, usados na coagulação. Um outro tipo de lodo é aquele que resulta da adição de cal, hidróxido de sódio ou soda que são adicionados para remover cálcio e magnésio de águas duras. Normalmente a maioria desses resíduos pertence a uma das quatro categorias abaixo:

- § Matéria particulada e coloidal, removidas da água bruta em decantadores e filtros, como, por exemplo, argila e silte; e material inerte oriundo do tratamento químico, como por exemplo, detritos de cal;
- § Substâncias solúveis, como ferro, manganês, cálcio e magnésio, que são levados à forma de precipitado insolúvel por oxidação ou ajuste de pH;
- § Precipitados formados pela aplicação de produtos químicos, tais como hidróxidos complexos de alumínio e ferro ($\text{Al}(\text{OH})_3$ e $\text{Fe}(\text{OH})_3$);
- § Materiais utilizados nas unidades de tratamento, os quais periodicamente devem ser substituídos quando acaba sua vida útil, como carvão ativado em pó ou granulado, meio filtrante, etc.

A Figura 4.1 mostra o fluxograma de aplicação de produtos químicos e produção de resíduos em uma ETA convencional.



Fonte: REALI (1999).

Figura 4.1: Fluxograma de produção de resíduos em uma ETA.

Segundo SARON (2001), durante o processo de coagulação, parte do material coloidal presente na água é desestabilizada eletricamente pela presença de coagulante, geralmente íons metálicos; seguido da floculação, onde se faz uso de gradiente de velocidade adequado, promove-se o contato dos coágulos para facilitar seu desenvolvimento e posterior separação e remoção do meio aquoso.

Segundo CORDEIRO (1998), os resíduos sólidos e líquidos gerados nas ETAs do Brasil não têm suas características conhecidas. Historicamente pouca atenção era dada para a disposição final desses resíduos; eram simplesmente encaminhados para o curso d'água mais próximo, causando uma série de problemas ao meio ambiente. Somente nos anos 60, nos Estados Unidos da América, alguns estados começaram a considerar estes resíduos como poluidores e estabeleceram padrões para seu tratamento e disposição final; entretanto, no Brasil pouca atenção é dada a esse problema ambiental, a maior preocupação tem sido com os resíduos gerados em ETEs. A maioria das ETAs lança seus resíduos na forma de efluente em corpos receptores adjacentes às estações ou redes pluviais sem nenhum tratamento prévio como mostra a Figura 4.2, que é o lançamento dos resíduos da ETA Gurjaú no Rio Gurjaú.



Figura 4.2: Lançamento dos resíduos gerados na ETA Gurjaú.

Os sistemas de tratamento de água de abastecimento podem gerar resíduos em diversas etapas e estes podem possuir as mais diferenciadas características, relacionadas à natureza físico-química da água bruta, ao tipo e dosagem dos produtos químicos adicionados, ao arranjo e à eficiência hidráulica das unidades de processo na estação, às etapas definidas no projeto e às condições de operação das unidades (CORDEIRO, 1998; RICHTER, 2001).

Os resíduos das ETAs caracterizam-se por possuir em alto teor de umidade, geralmente maior que 95%, estando, de maneira geral, sob a forma líquida (CORDEIRO, 1998); e pode conter alto teor de matéria orgânica (KAWAMOTO e FERREIRA FILHO, 1999). Normalmente apresentam teores de sólidos na faixa de 0,1% a 1%, mas se a remoção dos resíduos ocorrer em intervalos de tempo acima de 20 dias, chegam a possuir concentrações de sólidos maiores que 2,5%, podendo provocar alterações consideráveis nesses resíduos. Segundo REALI (1999), a acumulação desses resíduos por longo período, favorece ao surgimento de condições anaeróbias na massa do lodo acumulado podendo ocasionar a dissolução de metais presente no lodo, com alumínio, ferro, manganês e outros metais pesados. Os resíduos dos decantadores têm em sua composição grandes concentrações de alumínio, quando o sulfato de alumínio é utilizado como coagulante primário.

De igual modo, segundo REALI (1999), as águas de lavagem dos filtros dependem da tecnologia de tratamento, da qualidade da água bruta e do tipo de lavagem dos filtros empregado. Lavagens com água no sentido ascensional geram um maior volume de água quando comparado com sistemas que utilizam insuflação de ar seguida de lavagem com água ascensional.

Este capítulo é composto da metodologia, onde se descreve desde as rotinas de coletas até as técnicas de preparação e caracterização físico-químicas das amostras, abordando os princípios fundamentais relativos a cada técnica utilizada neste trabalho. A apresentação dos resultados obtidos é relativa à caracterização das amostras. É feita também uma discussão detalhada destes resultados, comparando-os com os encontrados na literatura, e por último são apresentadas as conclusões.

4.2- Metodologia

O trabalho experimental foi desenvolvido utilizando amostras da fase líquida e sólida provenientes de seis estações de tratamento de água da Região Metropolitana do Recife, construídas e operadas pela COMPESA. As coletas foram realizadas por um período de onze meses, totalizando neste período um total de nove coletas. Em cada ETA foram coletadas as seguintes amostras: água bruta, descarga do lodo acumulado nos decantadores, água de lavagem de filtro e a água tratada de cada estação. As amostras foram coletadas em períodos de diferentes variações sazonais, de modo que se tivesse um perfil de inverno a verão na Região Metropolitana do Recife.

Para a caracterização físico-química desses resíduos, os trabalhos de coleta foram realizados observando-se sempre as condições do tempo locais e com medições de parâmetros de campo, através de aparelhos, como pH, temperatura, condutividade elétrica, salinidade e sólidos dissolvidos totais. Análises físico-químicas dos seguintes parâmetros foram realizadas (segundo o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1995): sólidos totais, sólidos suspensos, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, sulfato e metais. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA-CTG-UFPE), com exceção da medição das concentrações de metais, que foram efetuadas no Laboratório de Espectrometria de Emissão (ICP-CTG-UFPE).

4.2.1- Amostragem

As amostragens foram realizadas nos meses de março de 2002 a fevereiro de 2003, sendo coletadas de cada ponto 2 litros da amostra, em garrafas plásticas. A descrição dos pontos de coleta encontram-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Descrição dos pontos de coleta.

ETA	Água bruta	Lodo do decantador	Água de lavagem do filtro	Água tratada
Alto do Céu	Na calha Parshal	Na tubulação de descarga do decantador	No canal de saída de água suja	No reservatório de água tratada
Botafogo	Na torneira de tomada de água bruta, que fica no laboratório da ETA	Na tubulação de descarga do decantador	No canal de saída de água suja	Na torneira de tomada de água tratada do reservatório, que fica no laboratório da ETA.
Caixa d'Água	No vertedor de chegada de água bruta	Na tubulação de descarga do decantador	No canal de saída de água suja	No reservatório de água tratada
Gurjaú	Na caixa de areia da ETA	Na tubulação de descarga do decantador	No canal de saída de água suja	Na tubulação de saída de água tratada
Suape	Na torneira de tomada de água bruta, que fica no laboratório da ETA	Na tubulação de descarga do decantador	No canal de saída de água suja	No reservatório de água tratada
Tapacurá	Na torneira de tomada de água bruta, que fica na ETA	Na tubulação de descarga do decantador	No canal de saída de água suja	No reservatório de água tratada

A Figura 4.3 mostra na foto 1 o vertedor de chegada de água bruta da ETA Gurjaú, foto 2 o canal de descarga de água de lavagem de filtro, na foto 3 o ralo de descarga do lodo do decantador e na foto 4 o canal de descarga do lodo do decantador que sai pelo ralo da foto 3.



Figura 4.3: Pontos de coleta da ETA Gurjaú.

Logo após as coletas, as amostras eram etiquetadas e realizadas as medidas de campo. Após a realização destas medidas, eram acondicionadas e transportadas para o LSA. Ao chegar no laboratório as amostras eram abertas, homogêneas e 100 mL da mesma transferidos para recipientes de plástico de polietileno devidamente lavados com solução de ácido nítrico a 30%; e preservadas com o mesmo ácido para futura digestão ácida, a fim de determinar os metais presente nas amostras. Com as amostras de origem eram feitas as análises de sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, sólidos suspensos, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis, DQO, DBO, fósforo total, sulfato e cloreto.

Os equipamentos utilizados para as análises estão descritos na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Lista de equipamentos utilizados na realização das análises físico-químicas.

Equipamento	características	Marca/ Modelo
Phmetro digital	Potenciômetro com precisão e exatidão de 0,1 unidade.	HANNA e LT LUTRON, modelo pH - 206.
Condutivímetro digital	Condutividade elétrica expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm .	HACH, modelo CO 150
Centrífuga		FANEM, modelo 204 – N
Balança analítica	Sensibilidade 0,0001 g, capacidade 200 g.	BOSCH, modelo S 2000.
Balança semianalítica	Com sensibilidade de 0,1 g, capacidade 5000 g.	MARTE, modelo A 5000.
Estufa	60 – 65 °C	FANEM, modelo S 15 SE
Estufa	105 \pm 5 °C	FANEM, modelo S 15 SE
Muflas	550- 600 °C	ALTRONIC ou QUIMIS
Banho Maria		ÉTICA ou QUIMIS
Incubadora de DBO	Geladeira Praticce 300 (com adaptador de temperatura)	Consul (ORCA)
Chapa de aquecimento		QUIMIS
Agitador magnético		FANEM, modelo 258
Digestor de DQO		HACH, COD Reactor
Espectrofotômetro		HACH
Espectrômetro de emissão atômica.	Plasma indutivamente acoplado	IRIS Termo Jarrel Ash Corporation, modelo Plasma Spectrometer

Os procedimentos de coleta, preservação, pré-tratamento das amostras e análises foram baseados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995) e KIEHL (1985).

4.3- Resultados e discussões

4.3.1- Características da água bruta

As características físico-químicas dos lodos de decantadores e da água de lavagem dos filtros dependem fundamentalmente das características da água bruta, do tipo de tratamento aplicado a esta e principalmente o tipo e a dosagem do produto químico utilizado.

A Figura 4.4 mostra a água bruta, o resíduo oriundo da descarga do decantador e a água de lavagem dos filtros, na ETA Suape.

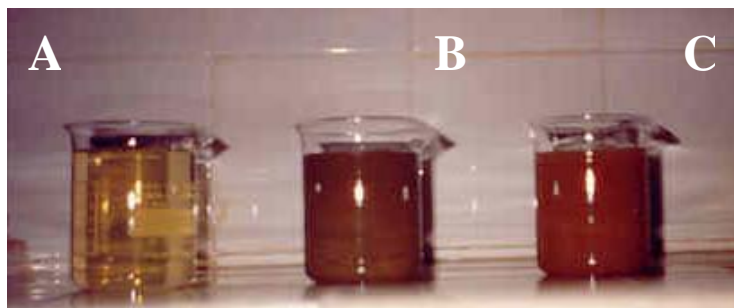


Figura 4.4: Água bruta (A), resíduo oriundo da descarga do decantador (B) e água de lavagem dos filtros (C), na ETA Suape.

Na Figura 4.5, abaixo é visto em detalhes o lodo do decantador (A), a água de lavagem dos filtros (B) e a água de lavagem dos filtros após sedimentação (C), da ETA Suape. Nota-se que o estado físico do resíduo do decantador é fluido, porém com consistência pastosa, diferentemente dos resíduos líquidos.

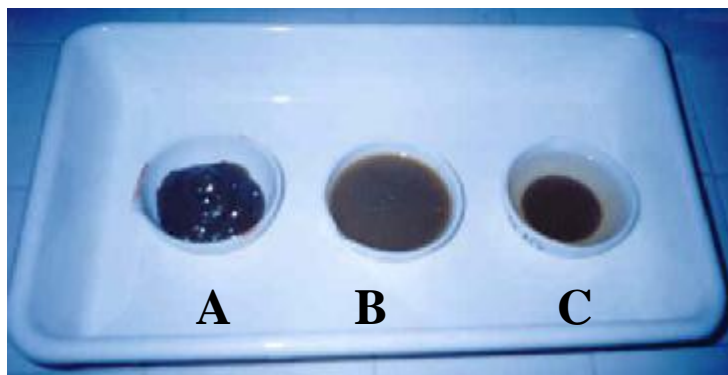


Figura 4.5: Visualização dos detalhes o lodo do decantador (A), água de lavagem dos filtros (B) e a água de lavagem dos filtros após sedimentação (C), da ETA Suape.

A Tabela 4.3 mostra as características médias gerais da água bruta tratada pelas 6 ETAs que serviram de estudo neste trabalho; tais características mostram o perfil, que indica o tipo de tratamento aplicado e as dosagens de produtos químicos. Nota-se que há uma variação nas características da água bruta, cuja origem são mananciais diferentes.

Tabela 4.3: Características físico-químicas das águas brutas nas ETAs da RMR.

Parâmetros	Alto do Céu	Botafogo	Caixa D'água	Gurjaú	Suape	Tapacurá
Temperatura (°C)	27	27,0	26	26	26	27,0
pH	5,8	6,5	6,0	6,1	6,3	7,0
Condutividade (mS/cm)	55,0	105,0	69,0	58,0	50,0	377,0
STD (mg/L)	22,0	51,0	29,0	32,0	23,0	165
Cor (uC)	65	180	30	170	140	200
Turbidez (uT)	41	36	24	55	27	44
DQO (mg/L)	105	155	104	122	77	79
DBO (mg/L)	-	-	-	-	-	-
Fósforo (mg/L)	0,8	1,3	0,9	4	0,7	1,1
Sulfato (mg/L)	29,1	3,6	9,0	1,2	5,5	5,2
Cloreto (mg/L)	20,2	64,7	21,2	21,1	29,8	71,9
Umidade (%)	-	-	-	-	-	-
Sólidos totais (mg/L)	101	301	111	197	140	306
Sólidos totais fixos (mg/L)	54,9	105,7	66,4	126	44	220
Sólidos totais voláteis (mg/L)	46	195	42	72	96	86
Sólidos suspensos (mg/L)	33	53	64	51	28	16
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	16	27	20	27	14	6,4
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	17	26	44	24	14	10
Al (mg/L)	2,6	2,3	2,0	4,8	3,1	3,1
Ca (mg/L)	4,9	3,8	2,7	3,9	4,9	4,9
Fe (mg/L)	1,7	3,8	1,4	3,8	4,1	4,1
Mg (mg/L)	1,9	1,1	2,0	2,1	2,0	2,0
Cr (mg/L)	0,0	0,2	0,0	0,3	0,3	0,3
Cu (mg/L)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn (mg/L)	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2
Ni (mg/L)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0
Pb (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn (mg/L)	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1

Existe uma relação entre os parâmetros de condutividade elétrica, STD, cloretos e sulfatos. A condutividade elétrica permite avaliar os sólidos totais dissolvidos; STD com valores elevados aumenta a solubilidade do precipitado de alumínio formado na coagulação, influenciando a cinética de coagulação. Segundo DI BERNARDO (1993), a condutividade elétrica está relacionada com a presença dos íons sódio, magnésio, cloreto,

sulfato, carbonatos e bicarbonatos. As águas naturais apresentam o íon sulfato e cloretos na sua composição, provenientes dos sólidos dissolvidos nos mananciais. Logo esses parâmetros são diretamente proporcionais. A Figura 4.6 mostra a relação entre a condutividade elétrica, os STD e os cloretos.

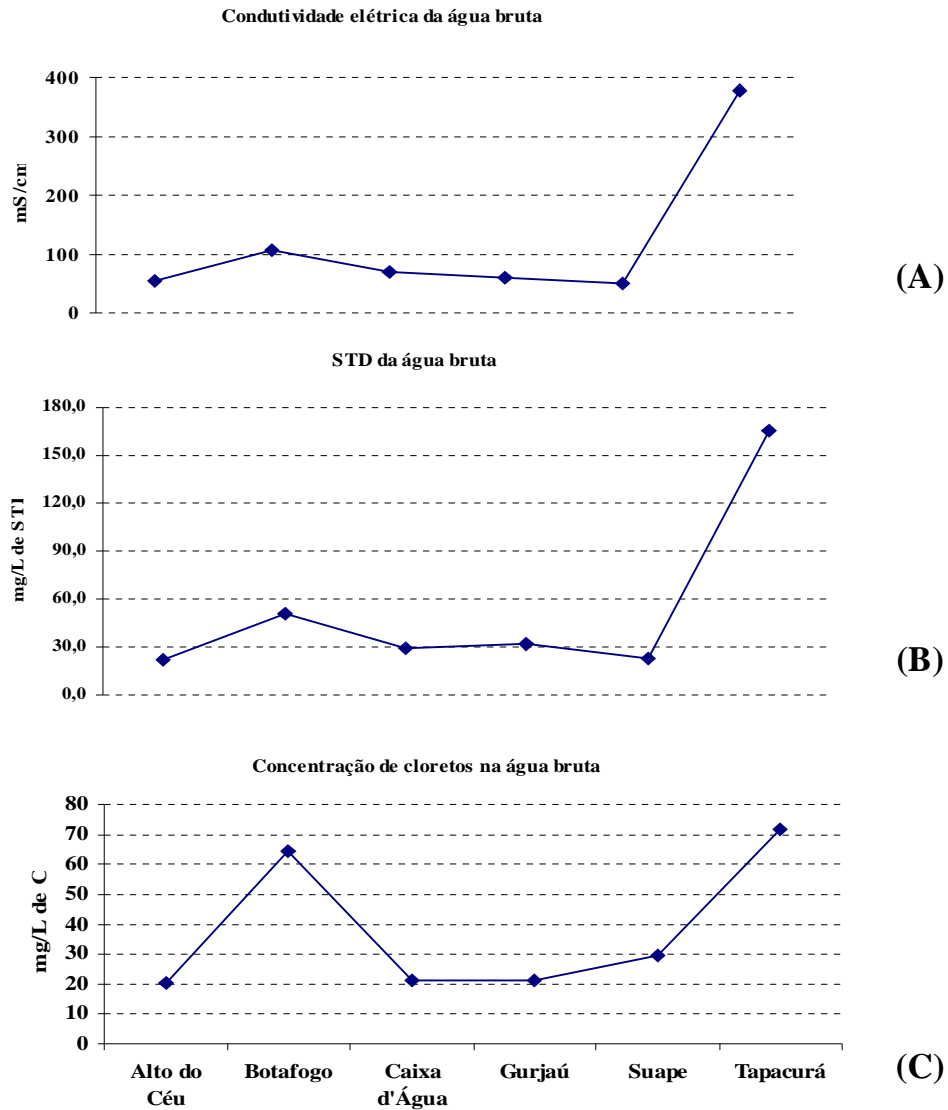


Figura 4.6: Relação entre os parâmetros de condutividade elétrica (A), STD (B) e cloretos (C) na água bruta das ETAs da RMR

A cor e a turbidez são medidas que influem diretamente na dosagem do coagulante, porém estes parâmetros mostram maiores variações em períodos de maiores

pluviometrias, logo neste período há maior consumo do coagulante, como está citado no capítulo 5 que aborda a quantificação de lodo nas ETAs.

Os parâmetros de ferro e manganês, influem na necessidade da pré-cloração como oxidação desses interferentes, pois dificultam a coagulação e são inconvenientes na água tratada, pois formam precipitados, conferem cor e favorecem o crescimento bacteriano. A Figura 4.7 mostra que as ETAs estudadas apresentavam valores elevados de ferro na água bruta.

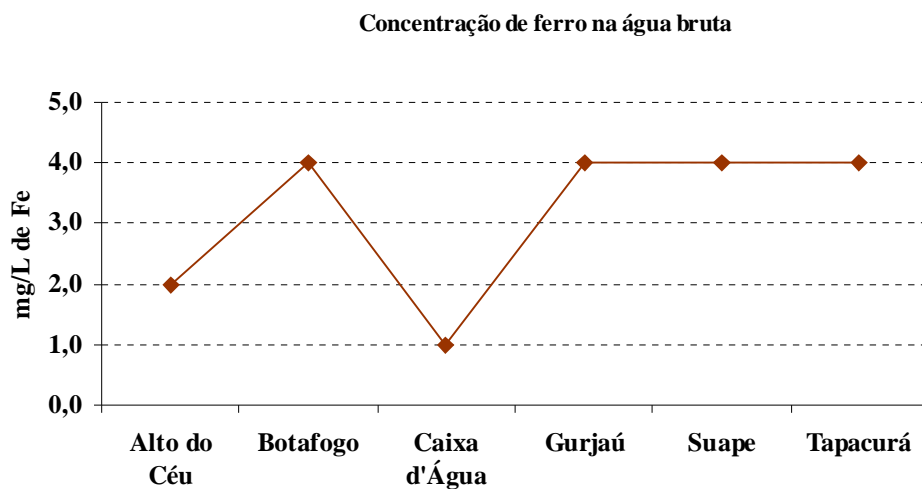


Figura 4.7: Concentração de ferro na água das ETAs da RMR.

Observa-se que as ETAs Alto do Céu e Caixa d'Água apresentavam valores mais baixos de ferro, pois estas ETAs possuem alguns mananciais em comum.

4.3.2 Características do lodo dos decantadores

Os resíduos gerados nas ETAs são produzidos pela coagulação, floculação, filtração e oxidação das águas superficiais, para remover turbidez, cor, bactérias, algas, compostos orgânicos e inorgânicos, como ferro e manganês. A Tabela 4.4 mostra um resumo de suas características.

Tabela 4.4: Características físico-químicas do lodo dos decantadores nas ETAs da RMR (Valores médios).

Parâmetros	Alto do Céu	Botafogo	Caixa D'água	Gurjaú	Suape	Tapacurá
Temperatura (°C)	26	27	26	26	25	27
pH	5,9	6,3	5,7	6,2	6,0	6,5
Condutividade (mS/cm)	122	172	88	217	317	421
STD (mg/L)	72	125	41	135	140	177
Cor (uC)	19200	36000	1417	107900	20850	36360
Turbidez (uT)	160400	54843	9118	29862	19890	67478
DQO (mg/L)	12040	11627	7092	48941	51109	49128
DBO (mg/L)	21230	4070	2348	4980	3267	10200
Fósforo (mg/L)	438	2340	142	378	350	125
Sulfato (mg/L)	956	2790	719	837	610	2805
Cloreto (mg/L)	118	284	27	170	38	291
Umidade (%)	93	97	97	79	97	99
Sólidos totais (mg/L)	77167	32571	31932	201845	52690	38266
Sólidos totais fixos (mg/L)	61142	24367	23126	165819	42207	24084
Sólidos totais voláteis (mg/L)	16025	8204	5135	37905	10483	14181
Sólidos suspensos (mg/L)	15165	28450	30383	52186	19372	7291
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	10929	21327	22442	43937	14656	4281
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	4236	7123	7941	8248	4716	3010
Al (mg/L)	1237	1706	351,1	1582	1127	2405
Ca (mg/L)	10,2	13,3	5,0	6,1	14,5	39,7
Fe (mg/L)	1398	530,8	22,2	104,1	491,7	247,8
Mg (mg/L)	3,1	5,2	2,3	2,6	5,5	10,0
Cr (mg/L)	0,5	0,6	0,4	0,3	1,1	0,5
Cu (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0
Mn (mg/L)	1,7	19,9	0,2	1,6	15,7	37,3
Ni (mg/L)	0,1	1,3	0,1	0,7	1,4	1,2
Pb (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn (mg/L)	0,1	0,8	0,1	0,1	1,2	0,1

Os valores dos parâmetros de cor e turbidez encontrados devem ser vistos com reserva, visto que foram necessárias inúmeras diluições para chegar a tais resultados.

O sulfato de alumínio é o coagulante usado em todas as ETAs gerenciadas pela COMPESA, que resultam em um lodo de coloração marrom, como relatou REALI (1999), com viscosidade e coloração que lembram o chocolate líquido. Quando faz-se uso de sais de ferro como coagulante, geralmente o lodo tem coloração marrom-avermelhada e apresenta dificuldade de flotação. Este estado fluido é função das altas umidades. CORDEIRO (2000), encontrou uma umidade entorno de 95% e neste trabalho foi encontrada uma umidade média dos lodos nas ETAs estudadas de 93%, como mostra a Figura 4.8.

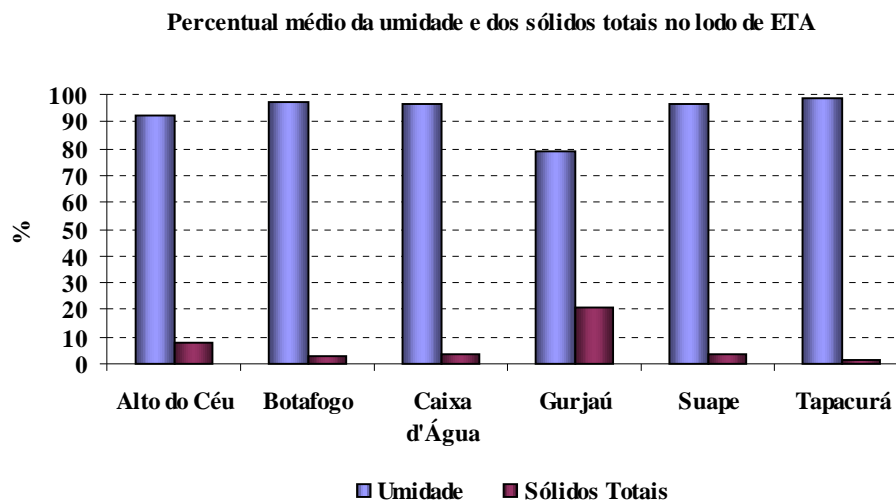


Figura 4.8: Teor de umidade e sólidos totais no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR

A ETA Gurjaú apresenta um lodo mais denso, com menor percentual de água em sua estrutura, e a ETA Tapacurá possui maior umidade, este fato pode estar relacionado com operação da ETA, no que se diz respeito às descargas nos decantadores. A ETA Gurjaú efetua descargas eventualmente, enquanto que a ETA Tapacurá possui um controle rígido em suas descargas que são efetuadas diariamente. Este procedimento diminui a concentração de sólidos no lodo. CORDEIRO (2000), ressalta que a faixa de sólidos pode

ser de 0,1 a 1%, quando a remoção ocorre em intervalos pequenos, quando este intervalo é superior a 20 dias, chegam a possuir concentrações maiores que 2,5%. No gráfico da Figura 4.8, também mostra que foi encontrada uma média de 1,1% de sólidos para ETA Tapacurá e 21,3% para ETA Gurjaú, a qual passa por um período de 120 dias praticamente sem a realização de descargas, em média, com exceção de Tapacurá, os sólidos totais encontram-se em uma faixa abaixo de 10%. Na Figura 4.9 abaixo, observamos os resultados dos sólidos totais, onde estes estão acima de 6.000 mg/L, caracterizando este lodo como um resíduo sólido, como afirmam REALI (1999) e CAMPOS e CORDEIRO (1999). Nota-se que a ETA Gurjaú apresenta maior concentração de sólido em seu lodo em torno de 200 g/L enquanto que as demais ETAS apresentam o teor de sólidos em torno de 50 g/L.

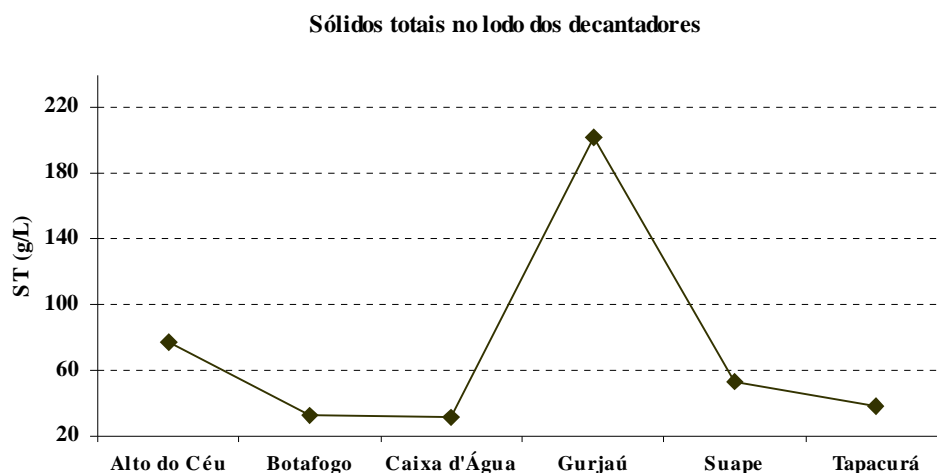


Figura 4.9: Concentração de sólidos totais no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR

De acordo com RICHTER (2001), o conteúdo de sólidos totais no tanque de decantação varia entre 1 a 40 g/L e 75 a 90% desse valor representam os sólidos fixos e 20 a 35% os compostos voláteis, e esta é a pequena porção biodegradável. Neste resíduo nota-se que os sólidos fixos correspondem a um percentual de 75% e os sólidos voláteis de

25%. Logo, este material é muito mais composto de material inorgânico, como mostra a Figura 4.10 abaixo.

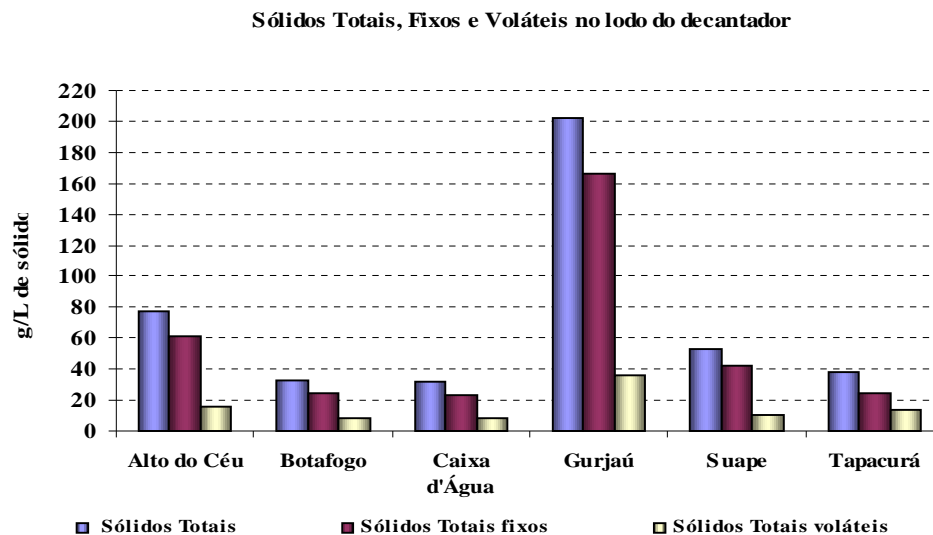


Figura 4.10: Concentração em g/L dos sólidos totais, fixos e voláteis no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR.

A Figura 4.11 mostra as proporções percentuais entre os sólidos totais, fixos e voláteis.

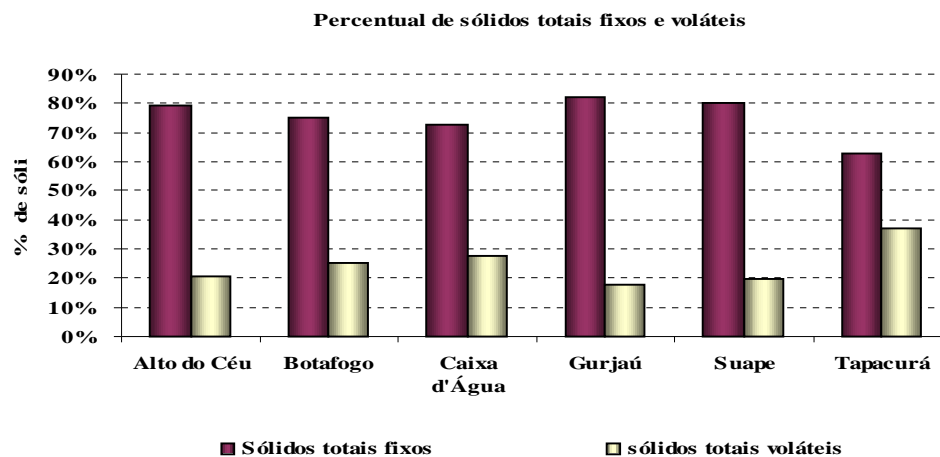


Figura 4.11: Concentração em porcentagem dos sólidos totais fixos e voláteis no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR

A Figura 4.12 mostra os valores de DQO e DBO, encontrados nos lodos dos decantadores, verificando-se valores bastante elevados da DQO.

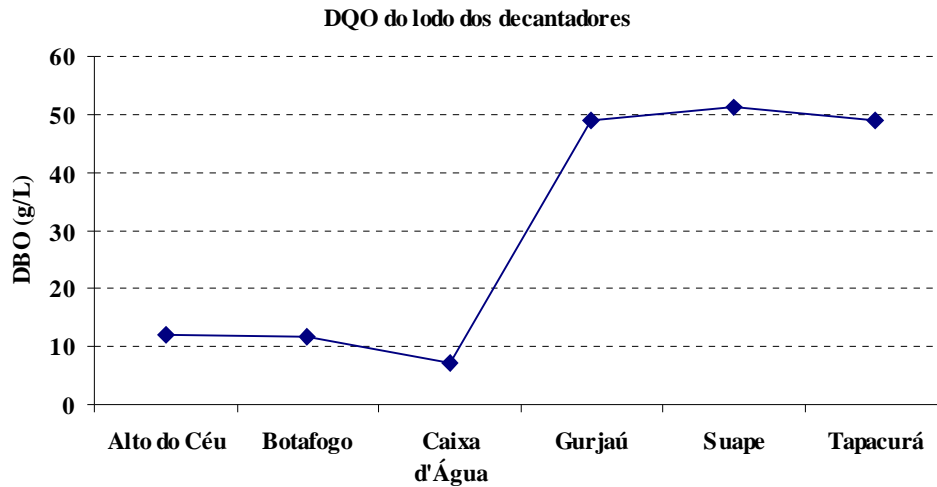


Figura 4.12: Concentração da DQO no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR

A Figura 4.13 mostra a relação percentual entre a DBO e a DQO, mostrando que a DBO em todas as ETAs é menor que 30% da DQO, o que indica a sua difícil biodegradabilidade. Na Figura 4.14 é vista a relação entre a DBO e a DQO em porcentagem no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.

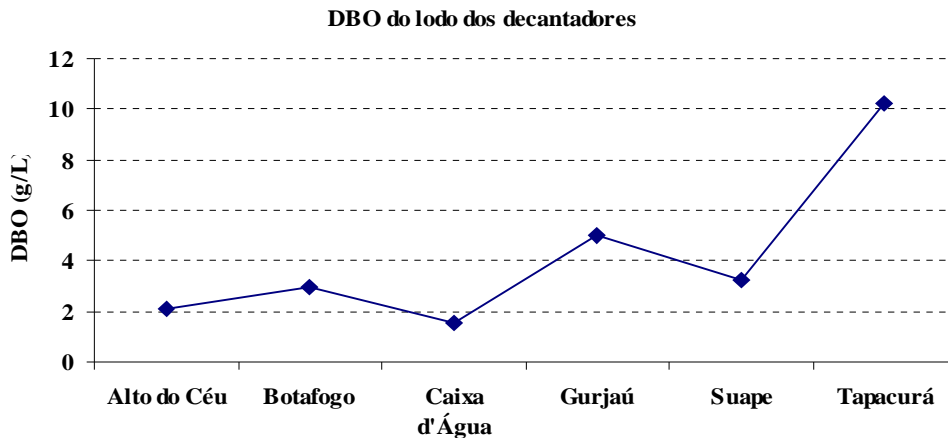


Figura 4.13: Concentração de DBO no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR.

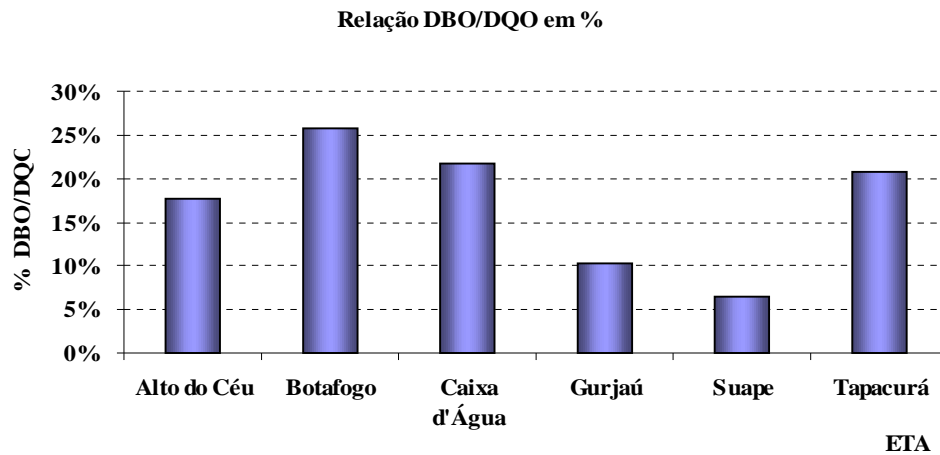


Figura 4.14: Relação percentual entre a DBO e a DQO no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR.

Segundo BAIG *et al.* (1997), citados por SALES (2003), os valores da relação DQO/DBO superiores a 4 indicam uma baixa biodegradabilidade do resíduo. A Figura 4.15 mostra que esta relação oscilou entre 4 e 16 em todas as ETAs da RMR, indicando mais uma vez a baixa biodegradabilidade deste resíduo.

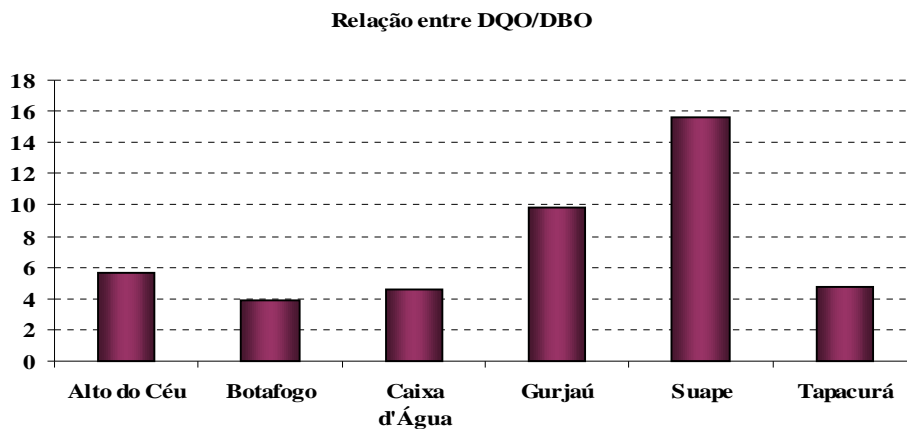


Figura 4.15: Relação DQO/DBO no lodo dos decantadores nas ETAs da RMR

Segundo REALI, (1999) o período de acumulação de sólidos em decantadores convencionais sem remoção mecânica, usualmente é bastante longo, chegando a meses. Favorece-se assim, o surgimento de condições anaeróbias na massa de lodo acumulado. Uma possível consequência dessas condições é a dissolução de metais presentes no lodo. Foram encontrados neste trabalho vários metais como: Al, Ca, Fe, Mg, Cr, Cu, Mn, Ni e Zn. O alumínio foi encontrado com valores bastante elevados, devido ao uso do sulfato de alumínio como coagulante nestas ETAs, em média foi encontrado 1 g/L de alumínio nesse resíduo, como mostra a Figura 4.16.

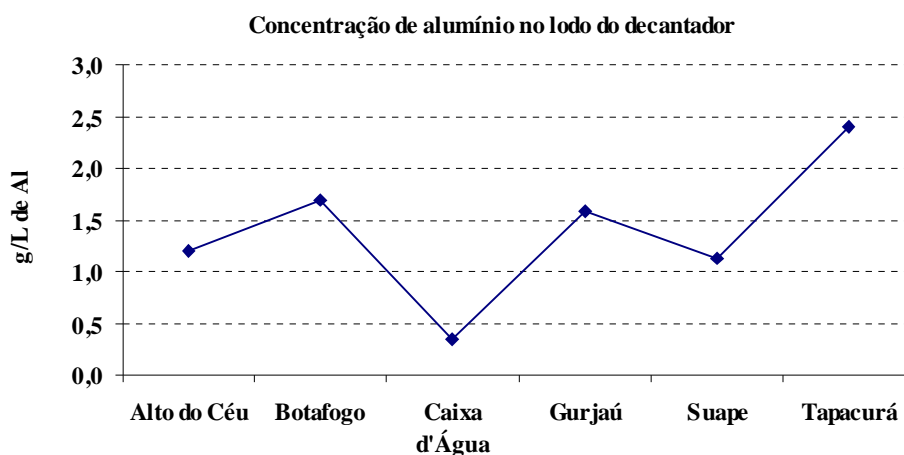


Figura 4.16: Concentração de alumínio no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.

A quantidade de alumínio é bastante variável no lodo, pois depende da quantidade e qualidade de água bruta tratada e do sulfato de alumínio usado em cada estação. A ETA Caixa D'água trata 200 L/s de água, apresentando um teor baixo de alumínio, quando comparado com a ETA Tapacurá que trata 3700 L/s. Todavia, a aplicação de sulfato de alumínio não é apenas em função da quantidade de água tratada, mas também da qualidade desta. A Figura 4.17, mostra a quantidade média de sulfato de alumínio aplicado em cada ETA, durante o período da pesquisa.

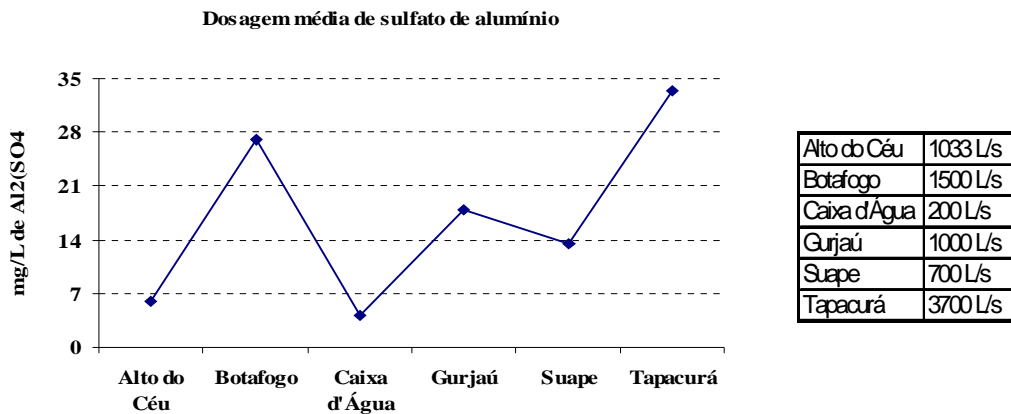


Figura 4.17: Dosagem média de sulfato de alumínio aplicado em cada ETA da RMR.

A presença de ferro no lodo dos decantadores é resultado do ferro presente na água bruta e por ser este um dos constituintes do sulfato de alumínio comercial utilizado pela COMPESA, que em sua composição apresenta 0,9% de Fe_2O_3 . Logo para cada grama de sulfato de alumínio aplicado insere-se 3,15 mg de ferro na água. A Figura 4.18 mostra o ferro presente na água bruta e a Figura 4.19, o ferro presente no lodo dos decantadores.

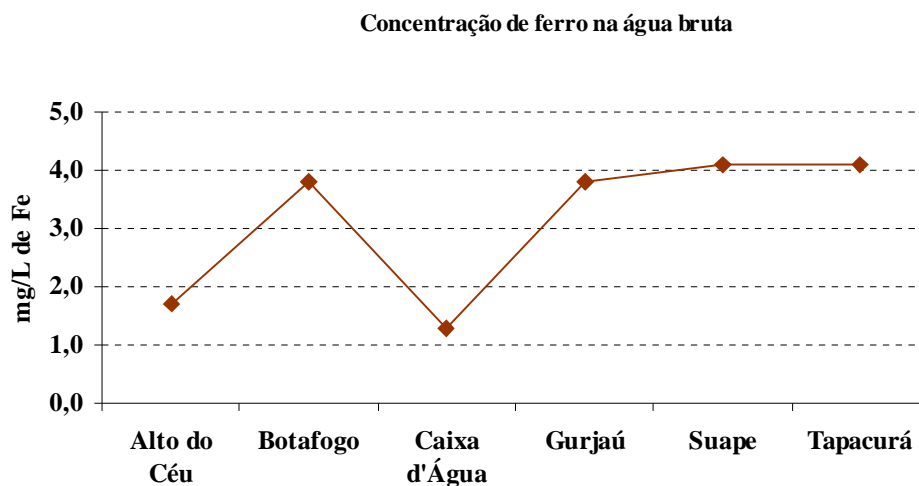


Figura 4.18: Concentração de ferro na água bruta das ETAs da RMR.

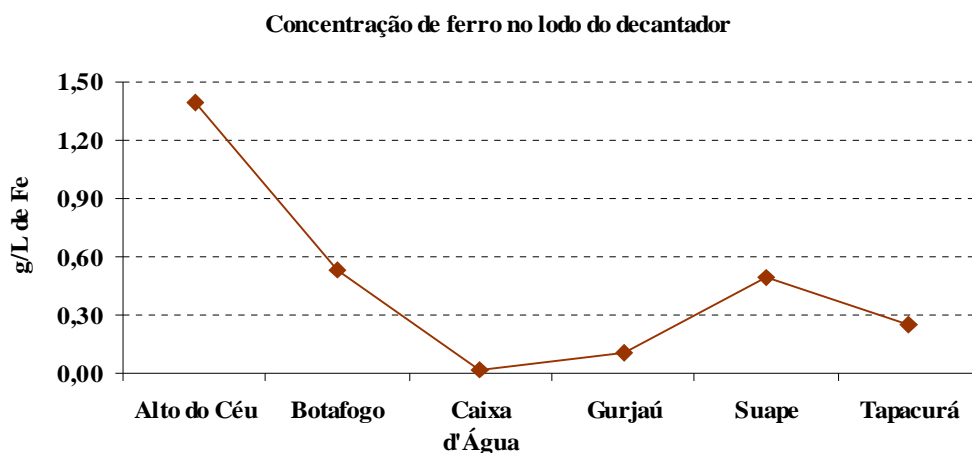


Figura 4.19: Concentração de ferro no lodo dos decantadores das ETAs da RMR.

A partir dos resultados obtidos na caracterização do lodo dos decantadores das ETAs da RMR, conclui-se que o lodo em estudo é classificado como RESÍDUO CLASSE II- NÃO INERTE, segundo a NBR-10.004/1987, porque a concentração de vários parâmetros está acima do máximo aceito por esta norma.

4.3.3 Características da água de lavagens dos filtros

Os resíduos gerados nas ETAs durante as lavagens dos filtros, ocorrem diariamente e dependem do porte da ETA e da produção de cada filtro. Segundo SCALIZE (1997), o volume deste efluente pode corresponder a 1,5% do volume total tratado, e este volume pode ser reaproveitado ao invés de ser lançado no meio ambiente. As principais características físico-químicas das águas de lavagem dos filtros, nas estações Alto do Céu, Botafogo, Caixa d'Água, Gurjaú, Suape e Tapacurá estão citadas na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Características físico-químicas da água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.

Parâmetros	Alto do Céu	Botafogo	Caixa d'Água	Gurjaú	Suape	Tapacurá
Temperatura (°C)	26,4	26,4	26,1	25,0	24,8	27,1
pH	5,5	6,2	5,9	5,3	5,8	6,8
Condutividade (mS/cm)	83	121	74,0	119	598	389
STD(mg/L)	35	65	31	37	25	168
Cor (uC)	782	1400	395	984	549	583
Turbidez (uT)	333	627	553	454	198	2871
DQO (mg/L)	149	379	177	376	271	305
DBO (mg/L)	37	76,2	98,2	106	87	88
Fósforo (mg/L)	0,5	4,6	3,0	9,4	5,0	7,6
Sulfato (mg/L)	41	27,2	22,3	21	47	56
Cloreto (mg/L)	54	73,7	23,1	56	28	109
Umidade (%)	99	99,4	99,5	99,9	99,9	99,8
Sólidos totais (mg/L)	620	773,3	415	556	543	934
Sólidos totais fixos (mg/L)	247	536,1	951	391	440	568
Sólidos totais voláteis (mg/L)	373	230,8	382	165	335	366
Sólidos suspensos (mg/L)	252	535,4	736	785	614	622
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	162	338,1	613	593	308	415
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	90	197,3	123,0	192,7	306	207
Al (mg/L)	47,4	54	2,4	23,4	56	98
Ca (mg/L)	5,9	10,6	5,0	7,7	8,0	22,1
Fe (mg/L)	30,3	55,6	3,2	36,7	67,1	44,0
Mg (mg/L)	3,6	6,1	2,9	3,6	3,4	1,9
Cr (mg/L)	0,8	0,3	0,4	0,3	0,4	0,0
Cu (mg/L)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn (mg/L)	0,8	1,3	0,3	0,8	1,5	0,2
Ni (mg/L)	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Pb (mg/L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn (mg/L)	0,5	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0

O índice de cloreto encontrado neste efluente, foi abaixo de 110 mg/L, mesmo nas ETAS Botafogo e Tapacurá onde os lodos dos decantadores apresentaram valores acima de 250 mg/L, como mostra a Figura 4.20.

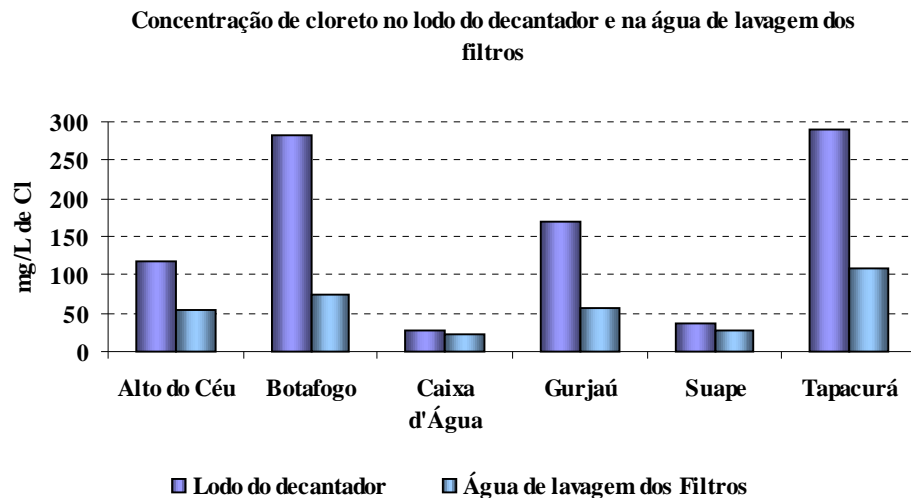


Figura 4.20: Concentração de cloretos no lodo do decantador e na água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.

Os valores DQO e DBO podem ser vistos na Figura 4.21 e 4.22. A DBO representa cerca de 30% da DQO, oscilando entre 20 a 55%. E a relação DQO/DBO oscila entre 1,8 a 4,9 com uma média 3,5.

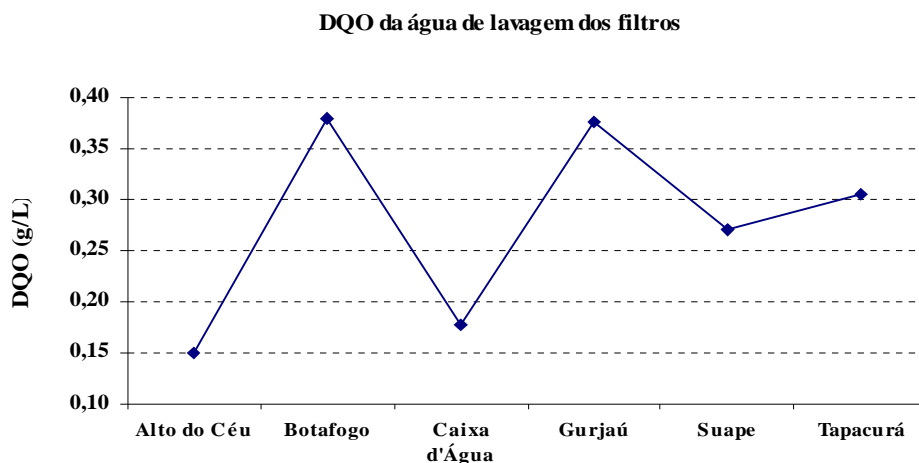


Figura 4.21: DQO da água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.

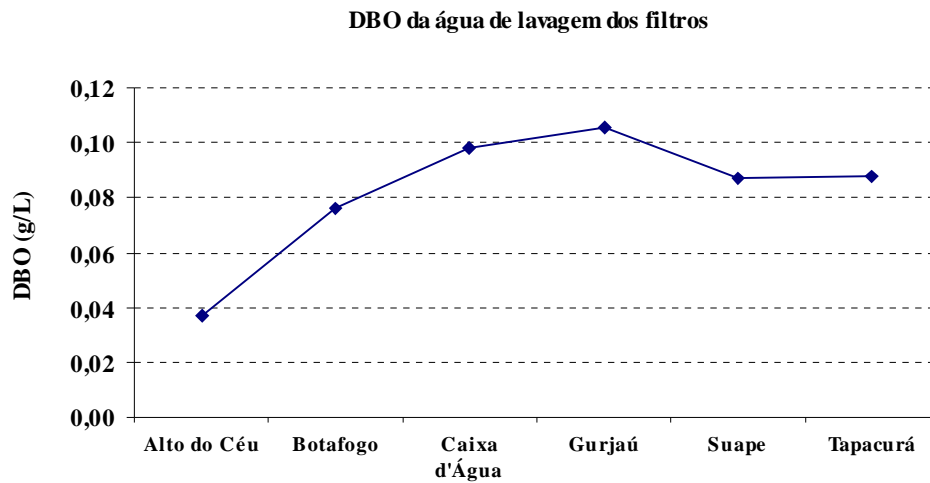


Figura 4.22: DBO nas águas de lavagem dos filtros nas ETAs da RMR.

Os sólidos totais da água de lavagem dos filtros oscilam entre 0,4 e 1,0 g/L como é mostrado na Figura 4.23.

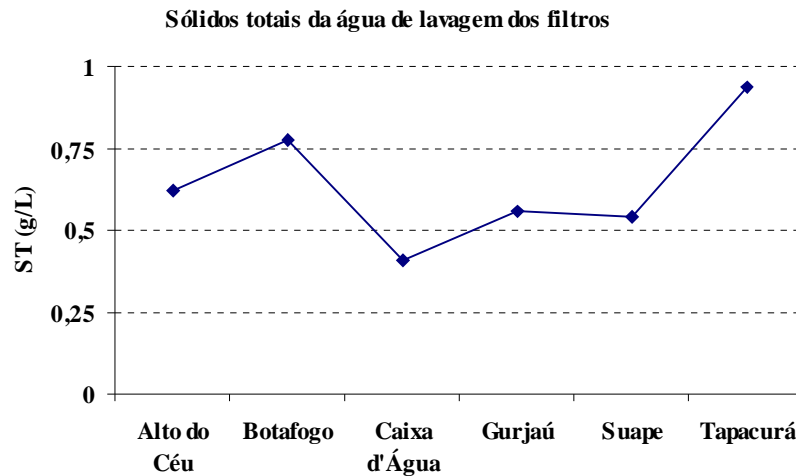


Figura 4.23: Concentração de sólidos totais nas águas de lavagem de filtros nas ETAs da RMR.

Os sólidos totais fixos correspondem em média a 70% e os sólidos totais voláteis a 30%, como mostra a Figura 4.24.

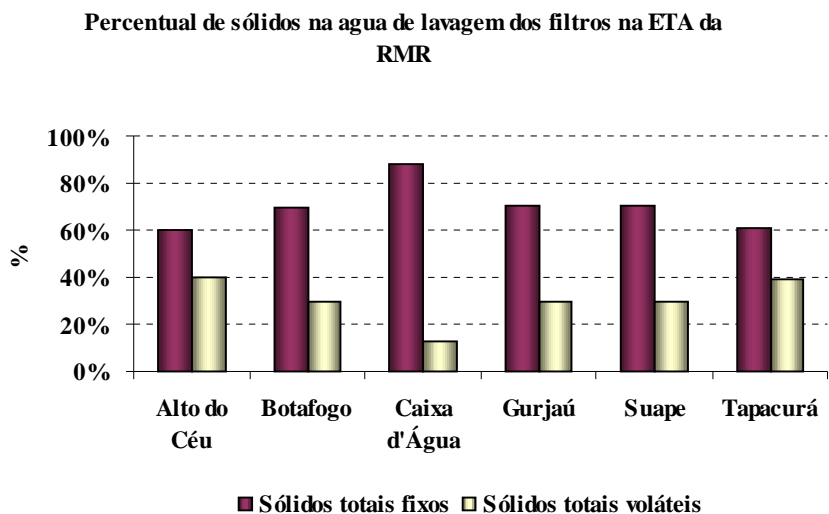


Figura 4.24: Relação percentual entre os sólidos totais fixos e voláteis na água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.

A presença de alumínio e outros metais na água de lavagem de filtros se dá pelas partículas floculentas retidas nos filtros, implicando em uma alta concentração deste metal e de outros, como o ferro, na água de lavagem destas unidades. A passagem destes flocos para o leito filtrante, implica em uma velocidade alta nos decantadores, que causa o arraste destes. Os valores de alumínio encontrados na água de lavagem dos filtros estão expressos na Figura 4.25.

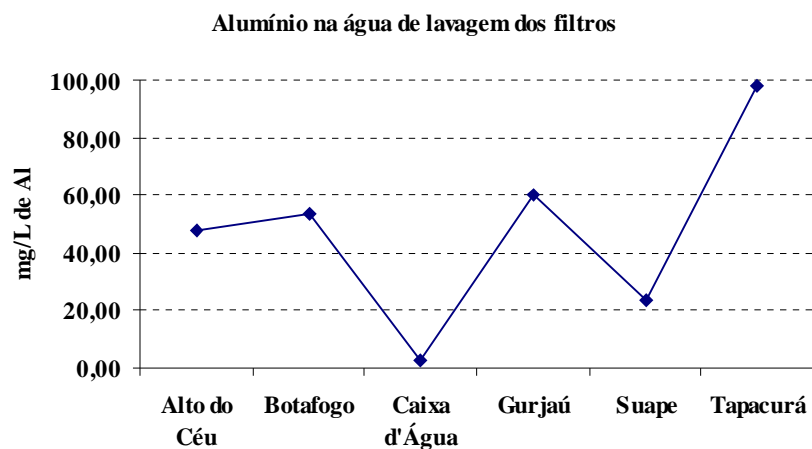


Figura 4.25: Concentração de alumínio na água de lavagem dos filtros das ETAs da RMR.

A Figura 4.26 mostra a concentração de ferro na água de lavagem dos filtros, valores elevados são oriundos dos flocos dos decantadores que ficaram retidos nos filtros.

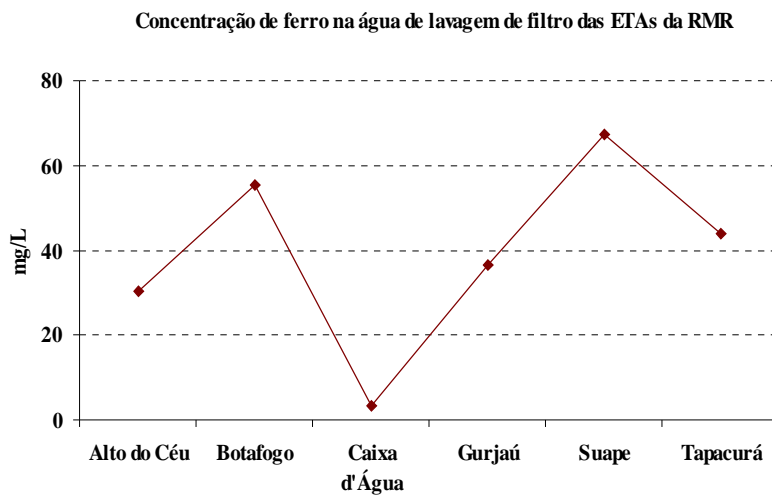


Figura 4.26: Concentração de ferro na água de lavagem dos filtros nas ETAs da RMR.

4.3.4 Características da água tratada

As características físico-químicas da água tratada nas ETAs Alto do Céu, Botafogo, Caixa d'água, Gurjaú, Suape e Tapacurá estão citadas na Tabela 4.6; nela estão ressaltados alguns valores médios que ultrapassaram os valores máximos permitidos pela Portaria nº 1469 do Ministério da Saúde (2000).

Tabela 4.6: Características físico-químicas da água tratada nas ETAs na RMR.

Parâmetros	Alto do Céu	Botafogo	Caixa d'Água	Gurjaú	Suape	Tapacurá
Temperatura (°C)	26,3	26,9	26,2	25,6	24,8	26,9
pH	5,0	5,4	5,5	5,0	5,4	6,3
Condutividade (mS/cm)	96,0	121,1	75,7	94,1	55,1	382,1
STD (mg/L)	30,9	60,1	32,0	39,8	24,4	164,5
Cor (uC)	5,7	3,6	5,8	4,4	6,7	5,0
Turbidez (uT)	1,8	0,7	1,2	1,7	0,9	0,8
DQO (mg/L)	43,6	49,1	40,3	51,9	32,9	81,4
DBO (mg/L)	-	-	-	-	-	-
Fósforo (mg/L)	0,3	0,3	0,6	0,6	0,4	0,7
Sulfato (mg/L)	8,7	12,4	5,9	7,9	6,9	14,1
Cloreto (mg/L)	23,6	72,9	23,4	24,3	22,2	77,7
Umidade (%)	-	-	-	-	-	-
Sólidos totais (mg/L)	72	122	96	86	103	253
Sólidos totais fixos (mg/L)	37	61	56	52	85	174
Sólidos totais voláteis (mg/L)	34	60	35	34	17	79
Sólidos suspensos (mg/L)	18	34	29	30	15	14
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	13	11	12	18	10	6,2
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	51,0	23	17	135	4,7	7,6
Al (mg/L)	1,7	1,6	2,7	0,8	1,6	1,7
Ca (mg/L)	3,5	4,4	6,4	5,0	3,4	10,7
Fe (mg/L)	1,8	0,1	1,2	0,6	1,0	1,0
Mg (mg/L)	2,0	2,3	2,2	2,2	2,0	6,9
Cr (mg/L)	0,1	0,4	0,3	0,0	0,0	0,3
Cu (mg/L)	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
Mn (mg/L)	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Ni (mg/L)	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Pb (mg/L)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Zn (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1

Alguns valores estão acima do limite máximo permitido pela Portaria nº 1469 (2000) na saída de algumas estações de tratamento. Na Tabela 4.7 estão os índices que ultrapassaram os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos.

Tabela 4.7: VMP, estipulados pela Portaria nº 1469/2000.

Parâmetros	VMP	
pH	6,0 a 9,5	
Cor (uC)	5	na saída da ETA
Turbidez (uT)	1	na saída da ETA
Al (mg/L de Al)	0,2	
Fe (mg/L de Fe)	0,3	
Mn (mg/L de Mn)	0,1	

A Figura 4.27 mostra os valores de pH médios na água tratada, durante o período de estudo. Em todas as ETAs este se apresenta na escala ácida, mostrando a necessidade da etapa de correção de pH na linha de tratamento de água em todas as ETAs da RMR.

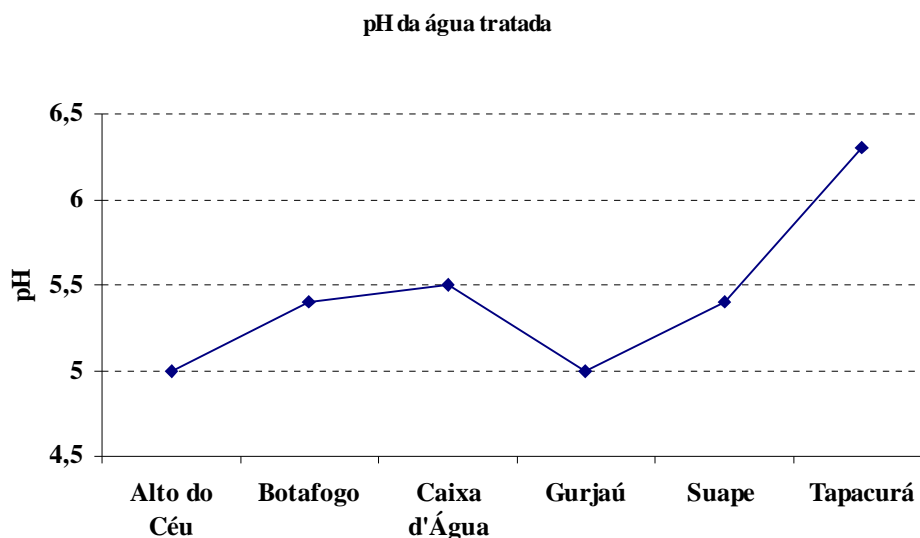


Figura 4.27: pH da água tratada nas ETAs da RMR.

A cor e a turbidez em alguns pontos foram mais elevados que os VMP estabelecidos pela Portaria nº 1469/2000, indicando alguma deficiência no tratamento. Como: processo de pré-cloração, que tem como objetivo oxidar substâncias que conferem cor; aplicação inadequada do sulfato de alumínio; processo de filtração ineficiente, problema comum em todas as ETAs, porém se destacando com maior relevância na ETA Suape, que praticamente não possuem leito filtrante, devido a perda destes por crepinas quebradas, deixando bastante prejudicado o processo de filtração; e também por subdimensionamento dos decantadores, no caso da ETA Gurjaú. Estes valores estão mostrados nas Figuras 4.28 e 4.29.

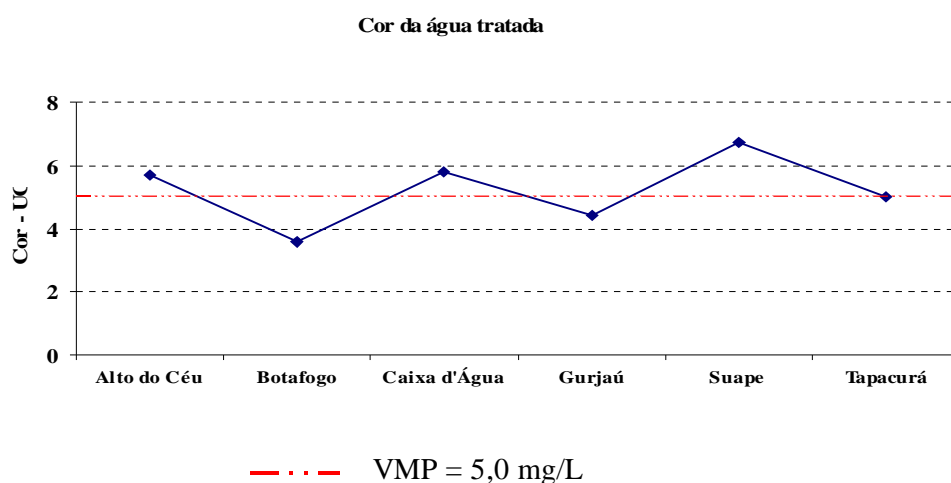


Figura 4.28: Valores médios da cor na água tratada nas ETAs da RMR.

A Figura 4.29 mostra que as ETAs Alto do Céu, Caixa d'Água e Gurjaú apresentaram valores de turbidez elevados.

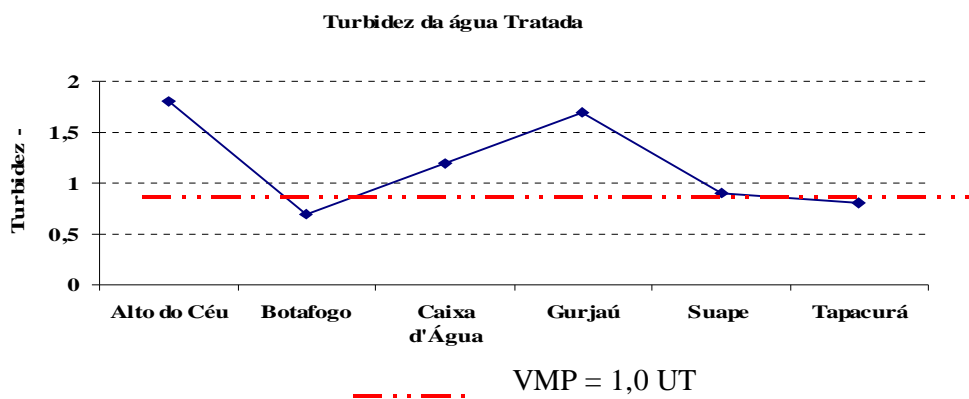


Figura 4.29: Valores médios de turbidez na água tratada nas ETAs da RMR.

Uma filtração deficiente pode transportar para água tratada partículas que deveriam ficar retidas nos filtros, e com isso arrastar formas de alumínio para a mesma. Além disso, erros operacionais na dosagem do sulfato de alumínio também podem ser responsáveis pelos altos valores de alumínio na água tratada. A Figura 4.30 mostra que todas as ETAs apresentam em sua água tratada valores elevados de alumínio, acima de 0,8 mg/L, quando a norma estipula o VMP de 0,2 mg/L, os quais devem despertar a atenção da COMPESA para este problema, que pode ter reflexo na saúde pública.

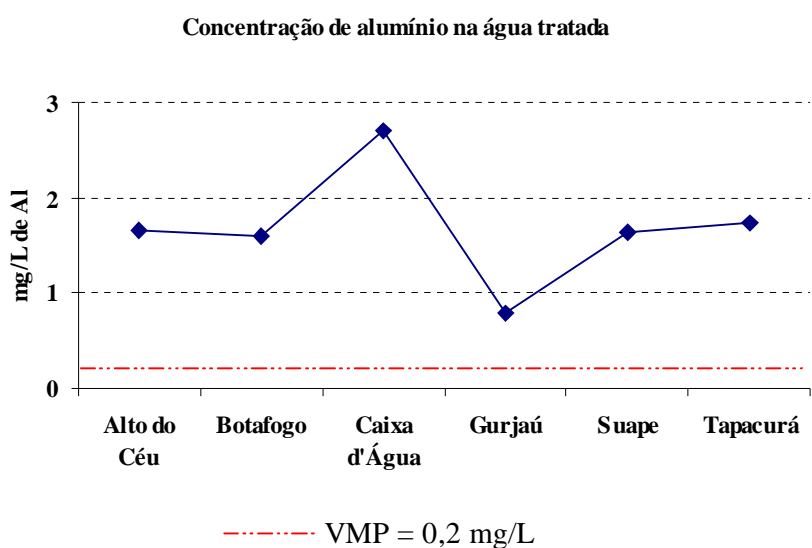


Figura 4.30: Concentração de alumínio na água tratada nas ETAs da RMR.

O ferro pode estar presente na água tratada devido a um excesso nos mananciais de água bruta. Durante o tratamento, o ferro que não foi devidamente oxidado na pré-cloração, também está presente na água tratada. Outra origem do ferro na água tratada é aquele oriundo do sulfato de alumínio comercial, que é usado como agente coagulante durante o tratamento. A Figura 4.31 mostra que todas as ETAs apresentam valores bem acima do VMP pela Portaria nº 1469/2000.

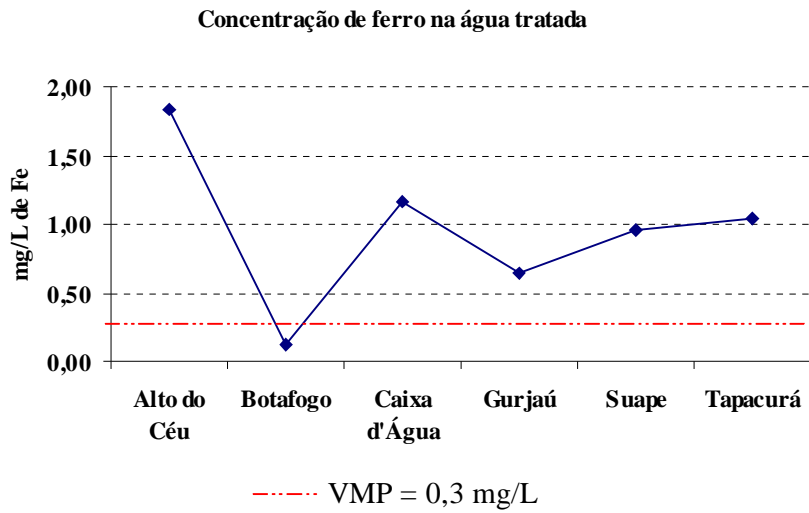


Figura 4.31: Concentração de ferro na água tratada nas ETAs da RMR.

O manganês é um elemento indesejável na água tratada, pois tanto quanto o ferro causa problema estético conferindo cor a água. A Figura 4.32 mostra a concentração média de manganês na água tratada das ETAs da RMR.

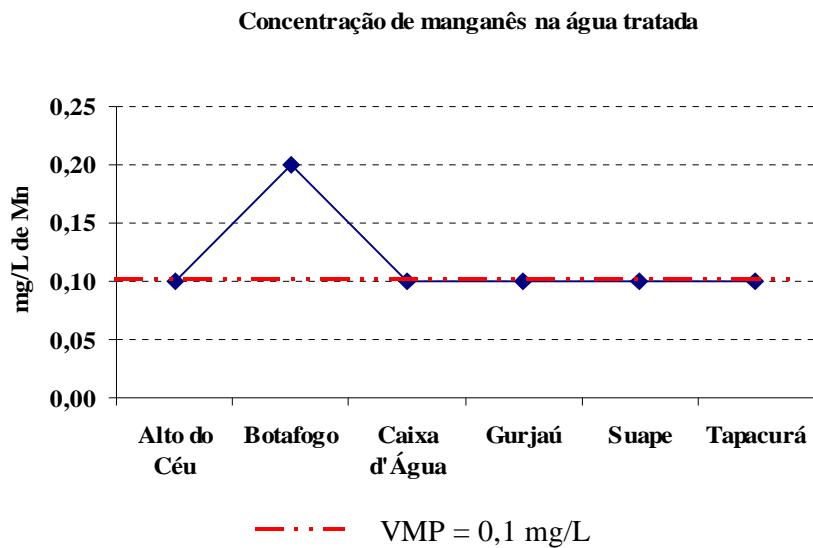


Figura 4.32: Concentração de manganês na água tratada nas ETAs da RMR

4.4- Conclusões

De acordo com os resultados obtidos e expostos nos tópicos acima, podemos concluir que:

- § As características dos resíduos sólidos e líquidos gerados estão diretamente relacionados com a qualidade das águas brutas tratadas pelas ETAs da RMR, pois em função dessas é estabelecida a quantidade dos diversos produtos químicos usados no tratamento;
- § Os resíduos produzidos nos decantadores das ETAs apresentaram uma coloração marrom, com viscosidade pastosa. Este estado semi-fluido é em função das altas umidades médias que foram em torno de 93%. Dentre as ETAs estudadas, a de Gurjaú apresentou um resíduo com uma consistência mais sólida, devido a uma menor umidade, em torno de 78%;
- § Os lodos sólidos gerados nos decantadores das ETAs da RMR, apresentaram em conjunto, uma DQO média em torno de 30 g/L, enquanto que a DBO média foi de 4,5 g/L, indicando que a biodegradabilidade desse resíduo é baixa. Outra indicação da baixa biodegradabilidade foram os resultados dos sólidos totais, que apresentaram valores médios de 72 g/L, desses 75% corresponderam aos resíduos fixos e 25% aos voláteis;
- § Os resíduos dos decantadores têm em sua composição grandes concentrações de alumínio, devido ao uso do sulfato de alumínio como coagulante. Os valores médios de alumínio encontrados para estas ETAs foram de 1000 mg/L. Esses despejos com altas quantidades de alumínio são um dos principais problemas ambientais causados pela indústria da água. O ferro foi outro metal que apresentou valores elevados nesse resíduo, em torno de 500 mg/L.
- § A maioria dos resultados obtidos nas análises, para os resíduos gerados pelos decantadores nas ETAs da RMR está bem acima do permitido pela resolução CONAMA 20/86;
- § O lodo em estudo é classificado como RESÍDUO CLASSE II – NÃO INERTE, pois a concentração de alguns parâmetros está acima do limite máximo permitido pela NBR 10.004 / 1987.

- § As águas da lavagem dos filtros apresentaram os seguintes resultados médios: cor em torno de 800 UC; turbidez 850 UT; DQO 300 mg/L; sólidos 800 mg/L; alumínio 50 mg/L; e ferro 40 mg/L. Os valores foram semelhantes aos citados por REALI (1999), onde o autor sugere a reutilização dessa água, após clarificação por sedimentação;
- § A água tratada de algumas ETAs apresentou valores de pH, cor, turbidez, ferro, alumínio e manganês, em desacordo com a Portaria nº 1469/2000. Mas uma vez ressalta as condições operacionais destas ETAs e a forma precária em que a maioria se encontra.

5- QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

5.1- Introdução

Há hoje um sentimento crescente, ligado às exigências ambientais, que tendem a exigir maiores cuidados com a disposição do lodo e dos demais resíduos do processo de potabilização da água. Os custos decorrentes destes cuidados dependem das quantidades descartadas, tornando cada vez mais necessário aprimorar os processos e minimizar os resíduos.

Os lodos gerados nas estações de tratamento de águas convencionais de ciclo completo da RMR têm suas características quantitativas diferentes, pois cada estação apresenta diferente vazão, água bruta com características físico-químicas diversificadas e variações na dosagem de produtos químicos. Esses fatores são fundamentais para a quantificação do lodo produzido em cada ETA.

Segundo SARON (2001), é possível quantificar o lodo gerado em ETA através de um balanço de massa e fórmulas empíricas. Quando se tratar de uma ETA em operação, deve-se estimar a produção pela determinação dos sólidos provenientes da descarga dos decantadores e vazão do mesmo. Quando a ETA está em fase de projeto, determina-se através de fórmulas empíricas.

Há diversas fórmulas empíricas, como mostra a Tabela 5.1, mas o uso delas dependem das características da água bruta, do tipo e dosagem de produtos químicos utilizados para a coagulação e floculação, assim como da eficiência da unidade de floculação e decantação. FERREIRA FILHO e ALÉM SOBRINHO (1998), dizem que é necessário um levantamento mínimo de um ano dos dados de qualidade da água e do consumo de produtos químicos.

Tabela 5.1: Fórmulas empíricas para quantificar o lodo gerado em ETA.

Fórmula	Descrição
$W=(86400*Q*3.5*T^{0.66})*10^{-3}$	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) T= turbidez (UT) Q = vazão de água bruta tratada (m ³ /s)
$W=(86400*Q*(1.2*T+0.07*C+H+A))*10^{-3}$	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m ³ /s) T = turbidez (UT) H = hidróxido coagulante (mg/L) A = outros aditivos, como polímero (mg/L). C = cor aparente da água bruta (UC)
$W=(86400*Q*(1.2*T+0.07*C+0.17*D+A))*10^{-3}$	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m ³ /s) T = turbidez (UT) D = dosagem do coagulante sulfato de alumínio (mg/L) A = outros aditivos, como polímero (mg/L). C = cor aparente da água bruta (UC)
$W=(86400*Q*(0.23*AS+1.5*T))*10^{-3}$	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m ³ /s) T= turbidez (UT) AS = dosagem do coagulante sulfato de alumínio (mg/L)
$W=(86400*Q*(0.44*AS+1.5*T+A))*10^{-3}$	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m ³ /s) T = turbidez (UT) AS = dosagem do coagulante sulfato de alumínio (mg/L) A = outros aditivos, como polímero (mg/L).
$W=86400*Q*((D*Fe1)+(T*Fe2))$ Fe1= varia entre 0.23-0.26 Fe2= varia entre 1.0-2.0	W = quantidade de sólido seco (kg/dia) Q = vazão de água bruta tratada (m ³ /s) T= turbidez (UT) D = dosagem do coagulante sulfato de alumínio (mg/L) Fe1 = fator que depende do número de moléculas de água associadas a cada molécula de sulfato de alumínio Fe2 = razão entre a concentração de sólidos suspensos totais presentes na água bruta e turbidez da mesma.

Fonte: FERREIRA FILHO e ALÉM SOBRINHO, 1998.

CASTRO *et al.* (1997a), afirmam que a vazão média dos resíduos gerados se encontra na faixa entre 1 a 3% da vazão tratada e deste valor 10% referem-se à descarga do lodo do decantador e 90% à água de lavagem de filtros.

5.2- Metodologia

5.2.1- Características gerais das ETAs da Região Metropolitana do Recife

Para a caracterização quantitativa e físico-química dos lodos gerados na RMR, faz-se necessário um conhecimento da performance física de cada estação em estudo. As descrições das ETAs estudadas encontram-se nas Tabelas 5.2., 5.3 e 5.4.

Tabela 5.2: Localização, início de operação e mananciais de cada sistema.

Sistema	Localização	Início de operação	Mananciais
ALTO DO CÉU	No bairro do Fundão, na cidade do Recife.	1958	Rios Pitanga, Utinga, Paratibe, Beberibe e poços de Monjope.
BOTAFOGO	No município de Igarassu	1986	Rios Catucá, Cumbe, Pilão, Arataca, Pitanga, Utinga e poços de Monjope.
CAIXA D'ÁGUA	No bairro de Caixa D'água, no município de Olinda.	1946	Rio Beberibe e poços de Beberibe
GURJAÚ	No bairro Gurjaú, no município do cabo de Santo Agostinho.	1918	Rios Gurjaú e Sicupema
SUAPE	No município de Ipojuca, na zona portuária.	1982	Rios Utinga, Bitá e Ipojuca.
TAPACURÁ	Bairro do Curado, no município de Jaboatão dos Guararapes.	1975	Rios Tapacurá, Duas Unas, Capibaribe e Várzea do Una.

Tabela 5.3: Volume distribuído e municípios atendidos.

Sistema	Volume distribuído na RMR	Municípios favorecidos pelo sistema
ALTO DO CÉU	10%	Zona norte da cidade do Recife, Jardim Paulista e parte de Olinda
BOTAFOGO	17%	Igarassu, Cruz de Rebouças, Abreu e Lima, Paulista e Praias da zona norte
CAIXA D'ÁGUA	3%	Parte de Olinda e morros da zona norte
GURJAÚ	9%	Ponte dos Carvalhos, Pontezinha, Muribeca, Distrito Industrial de Prazeres, Jordão, Candeias, Barra de Jangada e parte do Recife
SUAPE	6%	Complexo Industrial de SUAPE, Cabo de Santo Agostinho, Ponte dos Carvalhos e Muribeca
TAPACURÁ	36%	Recife, São Lourenço da Mata, Camaragibe e Jaboatão

Tabela 5.4: Descrição das ETAs convencionais.

Sistema	Capacidade nominal de tratamento	Vazão aduzida	Unidades na linha de tratamento
ALTO DO CÉU	730 L/s	1200 L/s	Uma caixa de mistura Uma calha Parshall Dois floculadores do tipo Alabama Quatro decantadores convencionais Oito filtros rápidos de gravidade Dois reservatórios, um de 5.000 m ³ e outro de 20.000 m ³ .
BOTAFOGO	2200 L/s	1600 L/s	Uma caixa de mistura Calha Parshall Três floculadores mecânicos Três decantadores Seis filtros rápidos de gravidade Um reservatório de 25.000m ³
CAIXA D'ÁGUA	230 L/s	200 L/s	Uma caixa de mistura Um vertedor Dois floculadores tipo Alabama Três decantadores Cinco filtros rápidos de gravidade Um reservatório de 100 m ³
GURJAÚ	600 L/s	1000 L/s	Uma caixa de mistura Um vertedor Dois floculadores hidráulicos do tipo Alabama Dois decantadores convencionais Oito filtros rápidos de gravidade
SUAPE	3400 L/s	3700 L/s	Uma caixa de mistura Calha Parshall Quatro floculadores mecânicos Quatro decantadores modulares Oito filtros rápidos de gravidade Um reservatório de 14.600m ³
TAPACURÁ	4000 L/s		Uma caixa de mistura Calha Parshall Oito floculadores mecânicos Quatro decantadores com módulo tubular Oito filtros rápidos de gravidade

5.2.2- Operacionalização das ETAs da RMR

Os procedimentos operacionais rotineiros adotados em cada estação que compõem a RMR têm o objetivo de assegurar que a qualidade da água produzida em cada estação atenda aos padrões fixados pelos órgãos normativos de serviço de abastecimento e fiscalizadores de saúde pública, com o menor custo possível para a COMPESA, companhia que gerencia este serviço.

O processo de tratamento adotado em cada ETA é desenvolvido nas seguintes etapas:

1- Pré-cloração; 2. Coagulação; 3. Floculação; 4. Decantação; 5. Filtração; 6. Cloração final.

As rotinas de controle de qualidade da água efetuadas pelos laboratoristas e operadores, das ETAs dividem-se em dois grupos:

1- análises físico-químicas, como cor, turbidez, pH, alcalinidade e cloro residual, que de acordo com a portaria 36/90 do Ministério da Saúde devem ser controlados para que assegurem que a água produzida seja adequada para o consumo humano. Cada análise, exceto a alcalinidade, que é efetuada duas vezes por dia, é realizada a cada 2 h. Todas as análises seguem os procedimentos analíticos baseados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995) e realizados nos laboratórios das ETAs correspondentes.

As amostras analisadas são de água bruta, decantada e tratada, coletadas respectivamente no vertedor de chegada, canal do decantador e no canal de recepção da água tratada após a cloração final.

Além das análises a cada duas horas, são efetuadas inspeções nos floculadores, decantadores e filtros, visando à detecção de anormalidades e do acompanhamento da sua evolução.

O sulfato de alumínio ferroso utilizado como coagulante nas ETAs da R.M. R chega à ETA na concentração de 50 %, como mostra a Figura 5.1 (a) - o recebimento do sulfato líquido na ETA Tapacurá e seu armazenamento em tanques apropriados. Este é aplicado na água bruta diluído, como está mostrando a Figura 5.2 (b)- o ponto de aplicação de sulfato na ETA Gurjaú, para isto faz-se necessário a preparação em tinas para atingir concentrações de 20, 10 ou 5 %. E a dosagem correta de sulfato, escolhida conforme ensaio de floculação, é controlada através de um rotâmetro, equipamento controlador de

vazão. O cálculo desta aplicação leva em conta a vazão da ETA, a dosagem necessária de sulfato em mg/L e a concentração da solução preparada.

Considerando a ETA Gurjaú cuja vazão é de 1.000 L/s, em uma situação onde a dosagem de sulfato de alumínio é de 20,8 mg/L a partir de uma solução a 10%:

1. $1000 \text{ L/s} \times 20,8 \text{ mg/L} = 20800 \text{ mg/s}$
2. $(20800 \text{ mg/s} \times 3600 / 10^6) = 74,88 \text{ kg/h}$
3. $74,88 \text{ kg/h} \times 10 \text{ L/kg} = 748,8 \text{ L/h}$



Figura 5.1: Recebimento do sulfato de alumínio líquido, na ETA Tapacurá.

A dosagem de cloro na pré-cloração e na cloração final é controlada através do acompanhamento do cloro residual e depende da qualidade da água bruta e da vazão aduzida. O valor de cloro residual a ser aplicado em cada ETA depende da distância da mesma aos centros de consumo, em geral deve ser em torno de 4,5 mg/L nas ETAs da RMR. A aplicação do cloro na forma de gás se dá por 24 h, utilizando cilindros de aço de 900 kg ligados em paralelo, como mostra a Figura 5.2.; uma na pré-cloração e outra após a filtração, as duas por meio de dosadores.



Figura 5.2: Armazenamento dos cilindros de cloro na, ETA Tapacurá.

2 - Rotinas desempenhadas pelos operadores sob a orientação do laboratório são: medição da vazão de saída a cada hora, descargas do lodo dos decantadores, lavagem periódicas dos filtros, controle dos floculadores e bombeamento da água tratada.

A atividade de lavagem geral dos floculadores e decantadores ocorre em geral trimestralmente e de forma manual, utilizando máquinas de lavagem pressurizadas, bombas de mergulho, além de outros equipamentos. A Figura 5.3 mostra o decantador da ETA Gurjaú quando está sendo esvaziado para limpeza.



Figura 5.3: Decantador da ETA Gurjaú.

Todas as atividades desempenhadas em uma ETA são supervisionadas pelo engenheiro químico responsável pela coordenação do controle das ETAs em estudo.

5.2.3- Parâmetros para quantificação dos lodos gerados nos decantadores convencionais das ETAs da RMR

Para a determinação quantitativa dos lodos gerados nos decantadores das ETAs em estudo, foram necessários os parâmetros diários de vazão, cor e turbidez da água bruta, além da dosagem de produto químico e índice pluviométrico. Esses parâmetros foram determinados pela Companhia Pernambucana de Saneamento e os procedimentos analíticos foram baseados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995) e realizados nos laboratórios das ETAs correspondentes. A Tabela 5.5 lista os equipamentos utilizados nas determinações.

Tabela 5.5: Lista de equipamentos utilizados nas determinações físico-químicas realizadas pela COMPESA nas ETAs da RMR.

Equipamento	Determinação
Tubidímetro	Turbidez
Rotâmetro	Dosagem de produto químico
Pluviômetro	Precipitações diárias
Colorímetro	Cor

5.2.4- Parâmetros para quantificação das águas de lavagens dos filtros das ETAs da RMR

Para a determinação quantitativa das águas de lavagens dos filtros das ETAs em estudos, foram calculado a vazão da seção de cada filtro em m^3/min e o tempo gasto em cada lavagem em minutos. Sabendo o número de filtros lavados no mês, calcula-se o total de água de lavagem de cada ETA. Na Tabela 5.6 apresenta-se o número de filtros por ETA e a periodicidade de lavagem a cada 24 horas. E na Figura 5.4 mostra-se a foto da operação de lavagem de um filtro lento da ETA Gurjaú e o descarte da água de lavagem no corpo recepto

Tabela 5.6: Periodicidade de lavagem dos filtros das ETAs da RMR

ETA	Nº de filtros	Periodicidade de lavagem	Tempo gasto na lavagem de um filtro (min)
ALTO DO CÉU	8	3 filtros / dia	10
BOTAFOGO	6	2 filtros / dia	12
CAIXA D'ÁGUA	5	4 filtros / dia	10
GURJAÚ	8	4 filtros / dia	14
SUAPE	8	2 filtros / dia	10
TAPACURÁ	16	10 filtros / dia	10



Figura 5.4: Lavagem e descarte da água de lavagem de um filtro da ETA Gurjaú.

5.3- Resultados e discussões

5.3.1- Quantificação dos lodos gerados nos decantadores convencionais das ETAs da RMR

A produção dos sólidos gerados e acumulados nos decantadores foi determinada empiricamente por fórmulas da AWWA, CETESB, WRC, CORWELL E KAWAMURA, citadas por SARON (2001), em seu trabalho de quantificação do lodo gerado nos decantadores e filtros da estação de tratamento do Guaraú, na região metropolitana de São Paulo. Na Figura 5.5 mostra-se um gráfico da média do coeficiente de variância entre as fórmulas empíricas usadas para o cálculo da produção de sólidos, gerados nos

decantadores das ETAs da Região Metropolitana do Recife, baseado nos desvios padrões dos resultados mensais de cada fórmula, como mostra a Figura 5.5, com esses dados estatísticos verifica-se a confiabilidade das fórmulas empíricas que mais se enquadram nos sistemas estudados.

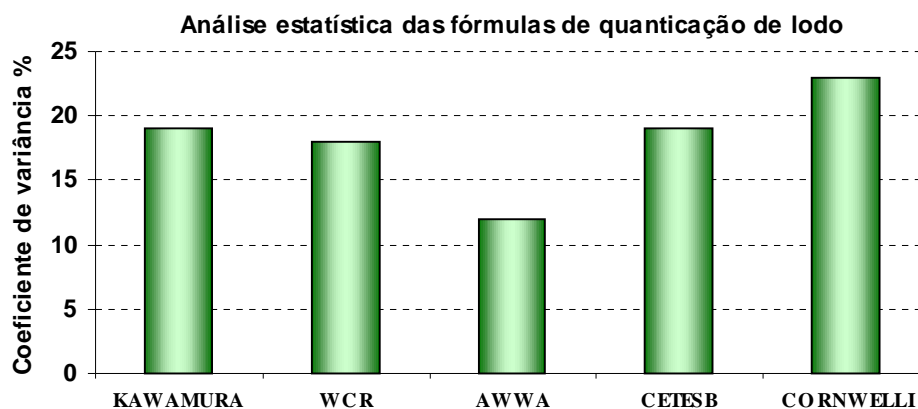


Figura 5.5: Análise estatística das fórmulas empíricas de quantificação de lodo.

A variação mensal de produção de lodo nos decantadores em cada ETA da Região Metropolitana do Recife é mostrada nos gráficos abaixo e foi utilizada para este cálculo a fórmula empírica mostrada por KAWAMURA, citado por REALI (1999).

Observa-se nos gráficos da Figura 5.6 e 5.7 mostram a produção de lodo nos decantadores das ETAs Alto do Céu, Botafogo, Caixa D'água, Gurjaú, Suape e Tapacurá, durante 12 meses de acompanhamento, uma maior quantidade de lodo nos meses de maio a julho, meses chuvosos na região metropolitana do Recife durante o ano de 2002, período em que a água bruta apresenta um aumento na turbidez e cor e conseqüentemente na dosagem de sulfato de alumínio. Nas ETAs Alto do Céu, Caixa d'Água, Gurjaú, Suape, e Tapacurá houve uma maior produção de lodo no mês de junho, período em que atingiu a maior precipitação pluviométrica do período em estudo. Apenas na ETA Botafogo a maior produção de lodo ocorreu no mês de julho/02, enquanto que a maior precipitação do ano foi no mês de julho.

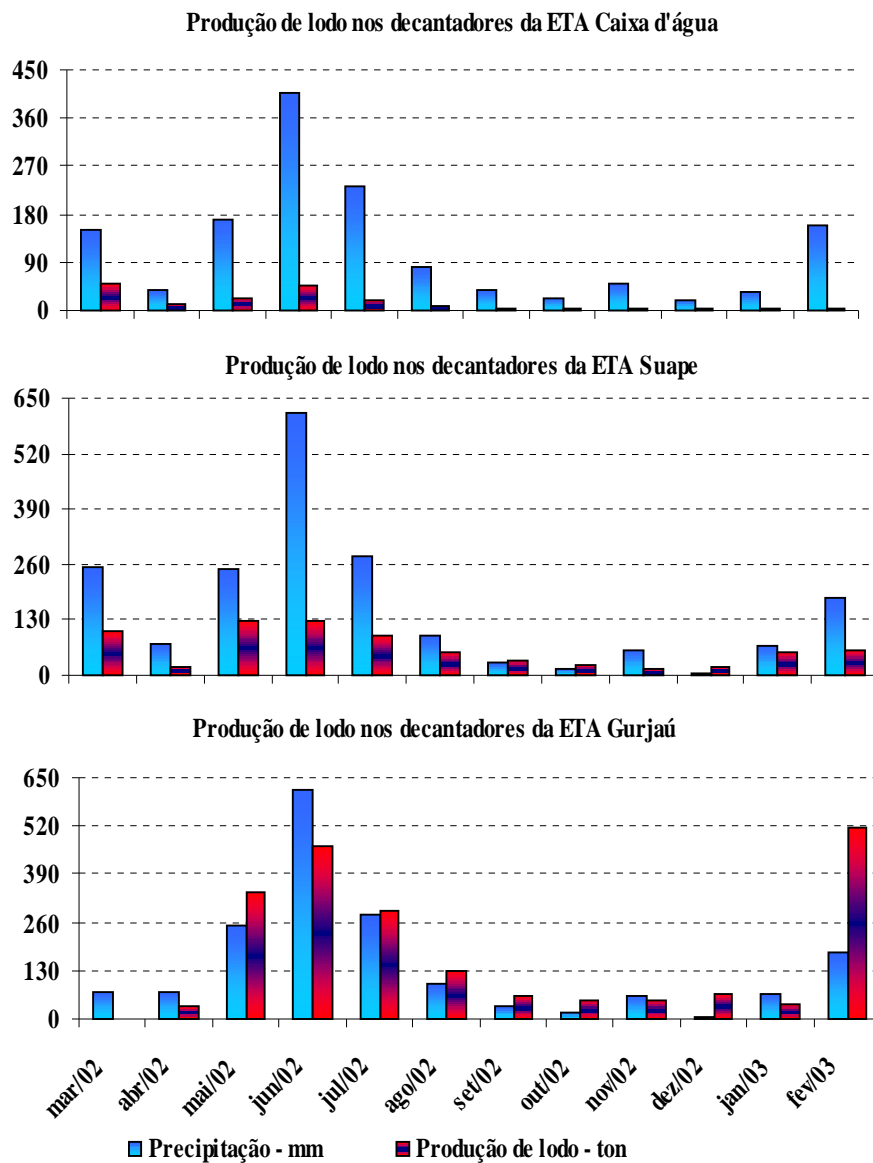


Figura 5.6: Produção de lodo nos decantadores das ETAs Caixa d'Água, Suape e Gurjaú, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003, determinados segundo a fórmula empírica de KAWAMURA.

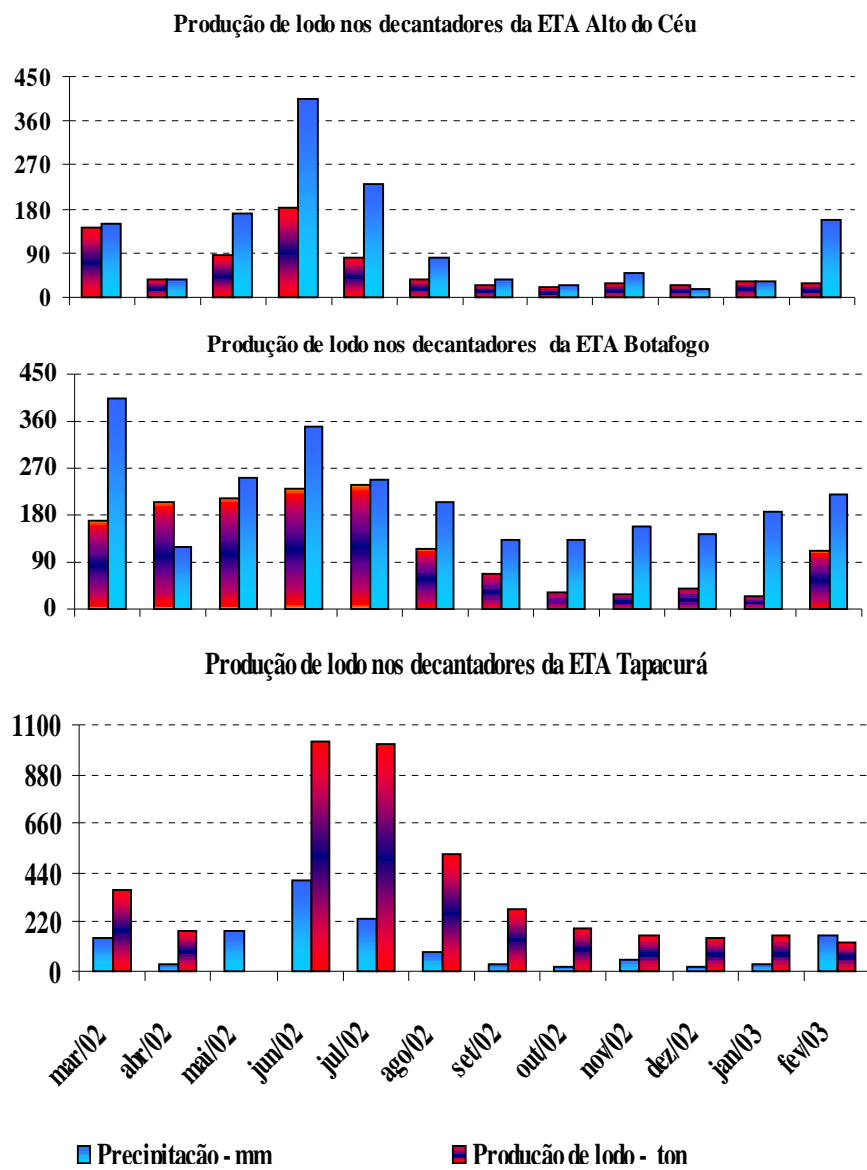


Figura 5.7: Produção de lodo nos decantadores das ETAs Alto do Céu, Botafogo e Tapacurá, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003, determinados segundo a fórmula empírica de KAWAMURA.

Na Figura 5.8, mostra-se os gráficos que relacionam turbidez média mensal da água a ser tratada, a dosagem média mensal de sulfato de alumínio usado e a produção de lodo em cada kg/m³ para cada estação. Observa-se um comportamento linear entre a turbidez e a produção de lodo, durante todo período de análise. Mostrando uma eficiência na remoção de partículas dissolvidas e coloidais presente na água bruta.

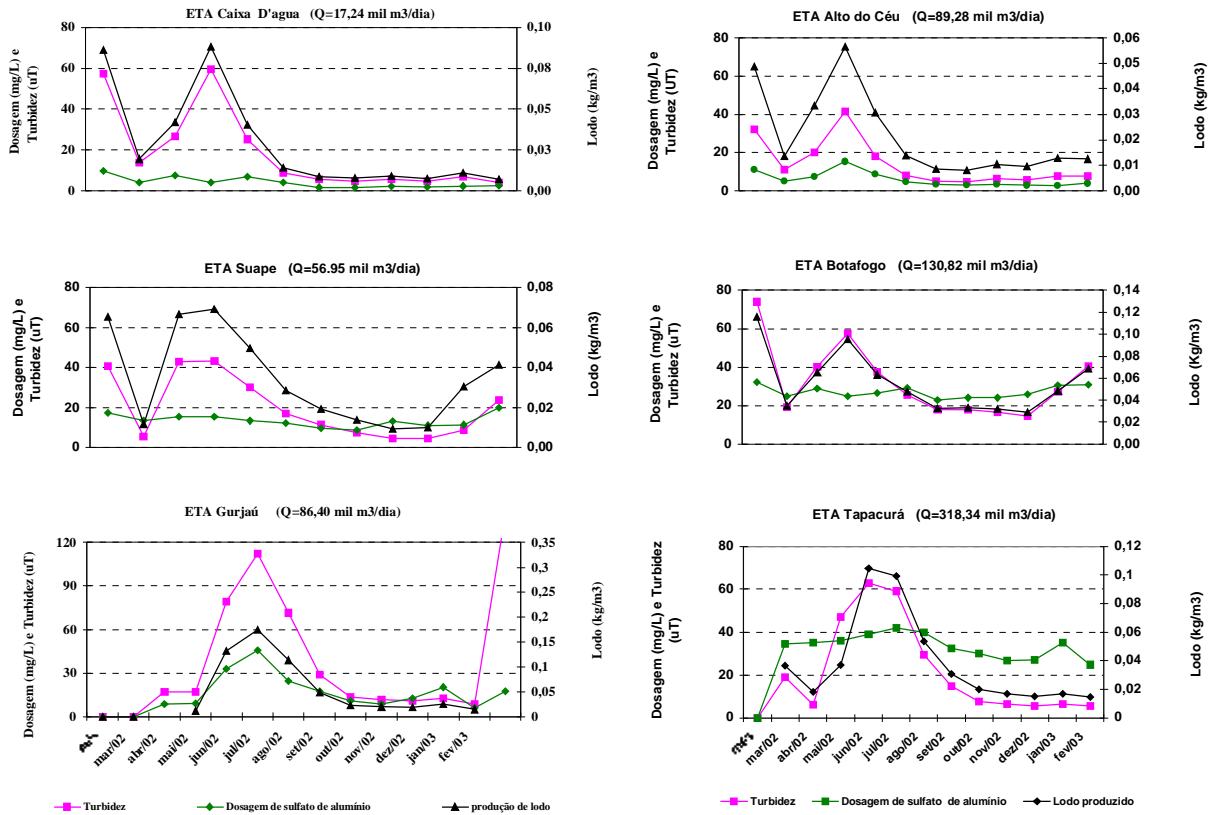


Figura 5.8: Relação entre a produção de lodo, turbidez e dosagem de sulfato de alumínio nas ETAs da RMR.

5.3.2- Quantificação das águas de lavagens dos filtros das ETAs da RMR

Nos gráficos da Figura 5.9 são mostrados os volumes totais em m³ de água de lavagem que cada estação produz com a lavagem dos seus filtros. Quando a turbidez da água cresce, aumentando a dosagem de sulfato de alumínio e a quantidade de flocos formados no decantador, nessas condições requer uma maior eficiência dos filtros, que sujam com maior rapidez diminuindo sua carreira de produção, fazendo-se então necessário um aumento da lavagem dos filtros. Porém em período onde a turbidez da água bruta é relativamente baixa, também pode-se observar que ocorre um aumento nas lavagens dos filtros, este comportamento, está relacionado a presença de elementos como ferro e manganês que exigem o uso da pré-cloração para oxidar o ferro e o manganês, precipitando-os e ficam retidos no leito do filtro e com isso ocorre o aumento do n° de filtros lavados.

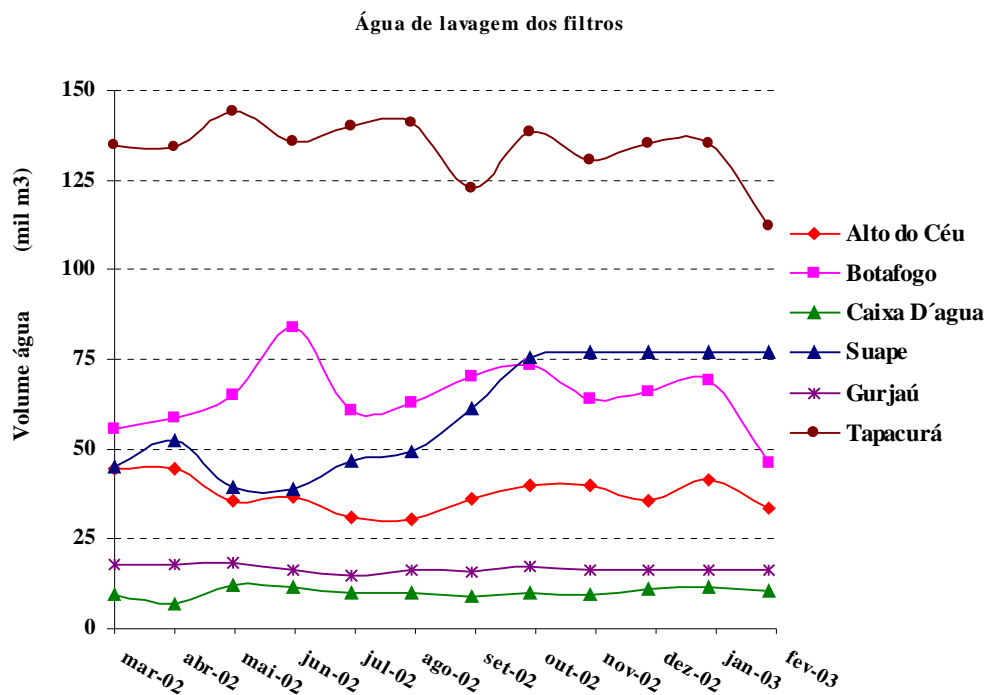


Figura 5.9: Produção de águas de lavagem dos filtros das ETAs da RMR, nos meses de março de 2002 a fevereiro de 2003.

Na Figura 5.10 mostra-se uma média percentual da produção de resíduos nos decantadores e filtros da RMR.

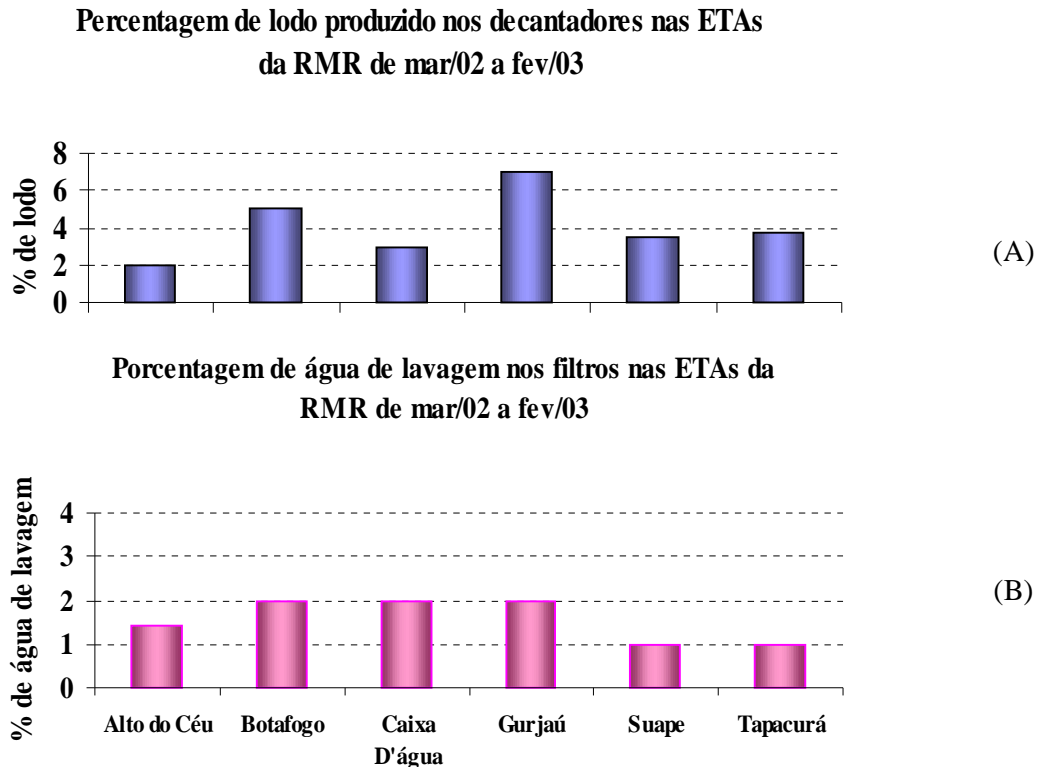


Figura 5.10: Produção de lodo produzido nos decantadores (A) e de água de lavagem dos filtros (B), nas ETAs da RMR.

5.4- Conclusões

Através dos dados obtidos calcula-se que os resíduos gerados pelas estações de tratamento de água da Região Metropolitana do Recife estão na faixa de 5,6% de todo o volume tratado pelas seis ETAs acompanhadas. Sendo que 4% correspondem aos lodos produzidos nos decantadores e 1,6% as águas de lavagens dos filtros que compõem as ETAs. FERNANDES (1997) afirmou que no Brasil cerca 2000 ton/dia de lodos gerados nos decantadores são lançados nos cursos d'água, hoje, a R.M.R lança em torno 11 ton/dia de água de lavagem de filtro e 30 ton/dia de lodo de decantadores nos córregos e rios

mais próximos das ETAs. Esses valores diferem dos valores obtidos por SANTOS (2001), quando estudou o lodo depositado nos decantadores da ETA Imperatriz Leopoldina em São Leopoldo, que encontrou 0,2% de lodo do total de água bruta. CASTRO, *et al.* (1997b), afirma que o total de resíduos gerados nas ETAs é em torno de 1 a 3% do volume de água tratada. ESCALIZE e DI BERNARDO (1998), que citam em seu trabalho que a ETA de São Carlos produz cerca de 1,5% do volume total da água tratada corresponde aos resíduos líquidos provenientes dos filtros desta ETA. Na figura 5.10 observa-se que a ETA que produz menos lodo na RMR é a ETA Alto do Céu, 2% de todo seu volume tratado enquanto que a ETA Gurjaú produz em torno de 7%. Conclui-se a produção de lodo está muito mais relacionado com a qualidade da água bruta que com a vazão de adução da ETA, pois as ETAs Alto do Céu e Gurjaú apresentam vazão de aduzidas próximas, porém a ETA Gurjaú produz em média 4 vezes mais lodo que ETA Alto do Céu.

Seria de boa prática se todas as ETAs da Companhia Pernambucana de Saneamento, COMPESA, registrassem as informações mensais de quantidade de lodo gerado em cada unidade produtora, pois tais valores são de fundamental importância no dimensionamento de um sistema de desidratação natural ou mecânico.

6- DISPOSIÇÃO FINAL PARA OS RESÍDUOS GERADOS NOS DECANTADORES E FILTROS DAS E.T.A s DA R.M.R.

6.1- Introdução

Os resíduos gerados nas ETAs são chamados genericamente de lodos de ETAs. Esses resíduos são provenientes principalmente dos decantadores e são caracterizados como resíduos sólidos

O lodo geralmente passa por um tratamento onde é condicionado quimicamente com a adição de polímeros sintéticos, que conduzem à aglomeração de partículas sob a forma de redes tridimensionais, mais fáceis de serem desidratadas na operação de adensamento por flotação ou sedimentação. Em função da alternativa de disposição é selecionado o sistema de secagem desse lodo. O principal fator dessa escolha é o custo envolvido que leva em consideração o transporte, sendo que, quanto maior o teor de água presente no lodo, maior o custo de transporte (ANDREOELI, 2001). Os métodos utilizados na redução de volume podem ser naturais ou mecânicos, que utilizam equipamentos como centrífugas, filtros-prensa, filtros à vácuo ou prensa desaguadora (REALI, 1999).

O destino do lodo da ETA é um dos principais problemas operacionais da estação. Os aspectos de quantidade de lodo gerado e suas características físico-químicas devem ser bem conhecidos antes de se decidir sobre a forma e o local de destino final. Existem várias alternativas tecnicamente aceitáveis para a disposição final do lodo como aterros sanitários, incineração, reciclagem agrícola, uso na silvicultura, recuperação de áreas degradadas, co-disposição com biossólidos e aplicações em diversas indústrias como da construção civil (fabricação de tijolos, cerâmicos e cimento) (REALI, 2000).

Os leitos de secagem, conforme CORDEIRO (1999), vêm sendo utilizados para os rejeitos gerados nas ETAs em diversos países e em alguns estados brasileiros.

Segundo GONÇALVES *et al.*, citado por BASTOS (2001), a solubilização dos coagulantes e sua reciclagem permitem a minimização dos custos e os problemas associados à disposição final dos resíduos gerados em ETAs. As tecnologias disponíveis para a recuperação do coagulante nos lodos dos decantadores podem ser feitas por via ácida, via alcalina, extração com solventes orgânicos e com quelantes.

Para as água de lavagens de filtros, a concentração de sólidos suspensos varia durante a lavagem, sendo relativamente baixa no início, aumentando após alguns minutos (3 minutos) atingindo um pico, e diminui gradativamente. A matéria sólida neste resíduo é formada por flocos remanescentes da decantação. A Figura 6.1 mostra a lavagem de um filtro na ETA Gurjaú, mostrando o pico da concentração de sólidos durante a lavagem.



Figura 6.1: Lavagem do filtro na ETA Gurjaú.

Os resíduos decorrentes da lavagem dos filtros e limpeza dos decantadores são encaminhados para um tanque de clarificação onde ocorre a separação de suas fases sólida e líquida, em geral com uso de polímeros. A fase líquida é recirculada, enquanto a fase sólida resultante é tratada ou reunida com o lodo do decantador.

6.2 -Quantidade de produtos químicos

Os produtos químicos utilizados nas ETAs da RMR se restringem ao sulfato de alumínio líquido, usado como coagulante e o cloro gasoso, usado como agente bactericida. E eventualmente carvão ativado apenas na ETA Tapacurá. Devido ao alto volume tratado nas respectivas ETAs, o consumo destes produtos também é elevado. A Figura 6.2 mostra o consumo de sulfato de alumínio nas ETAs da RMR, durante o período de estudo e a Figura 6.3 mostra o consumo de cloro gasoso.

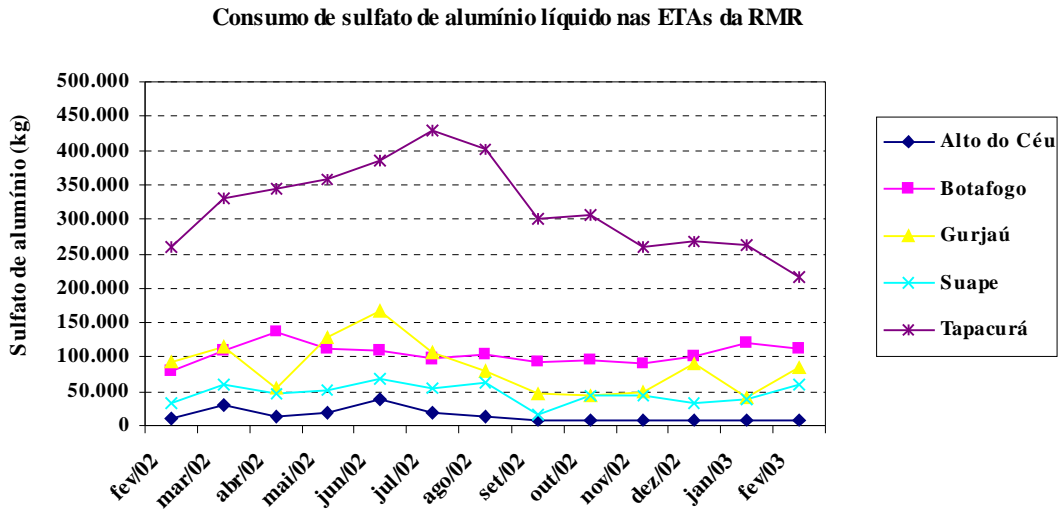


Figura 6.2: Consumo mensal de sulfato de alumínio líquido nas ETAs da RMR, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003.

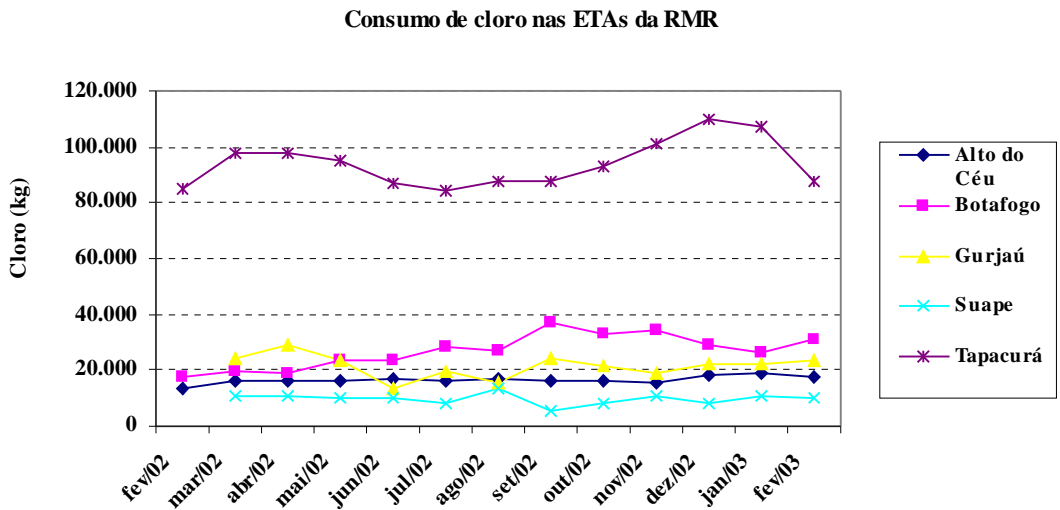


Figura 6.3: Consumo mensal de cloro gasoso nas ETAs da RMR, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003.

Esses resultados foram realizados baseados nos relatórios mensais de produto químico em cada estação, fornecido pela COMPESA, a qual não forneceu os dados referentes a ETA Caixa D'água.

Observando o gráfico da Figura 6.2 verifica-se que a ETA Tapacurá apresenta maior consumo de sulfato de alumínio e de cloro gasoso, pois esta trata o maior volume de água entre as demais, como a Figura 6.4 que mostra as vazões aduzidas nas ETAs da RMR.

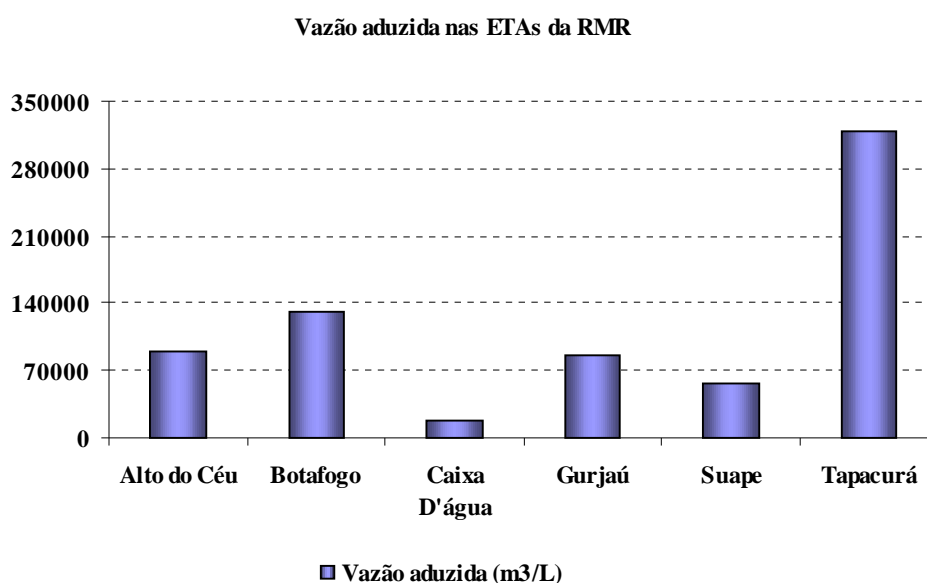


Figura 6.4: Vazões médias aduzidas nas ETAs da RMR

Conseqüentemente seguem em uma ordem decrescente, a quantidade de produto químico consumido e vazão aduzida. Porém a ETA Gurjaú, no mês de junho/2002 ultrapassou significativamente a ETA Botafogo no consumo de sulfato de alumínio, mês em que a precipitação pluviométrica nesta ETA foi a mais alta do ano, que resultou em uma água bruta com alta quantidade de matéria em suspensão que reflete em uma turbidez elevada, como mostra a Figura 6.5. A ETA Gurjaú apresenta maior deficiência nas unidades de tratamento

Turbidez e precipitação pluviométrica na ETA Gurjaú

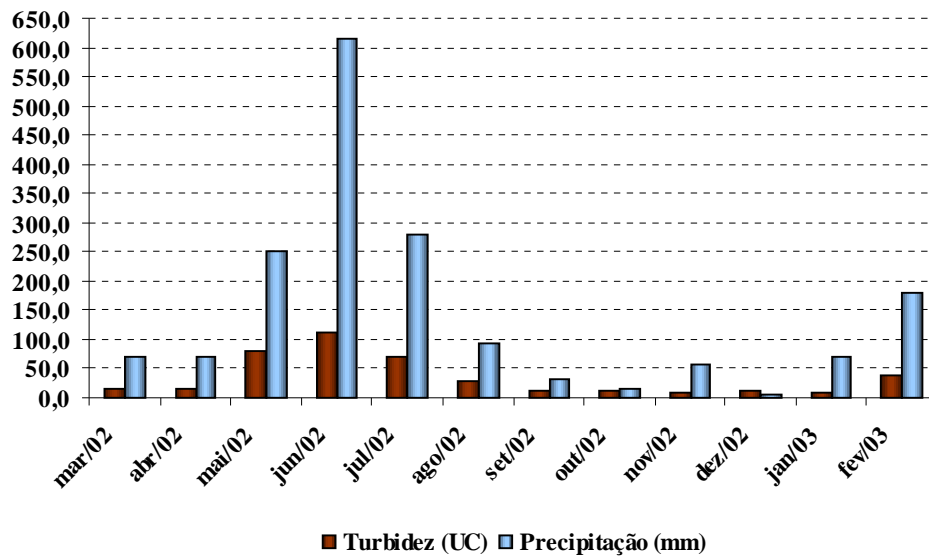


Figura 6.5: Turbidez e precipitação pluviométrica no período de estudo na ETA Gurjaú, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003.

Conforme cita DI BERNARDO (1993), a operação de sistemas de tratamento de água com coagulação química deve ser realizada por pessoal qualificado, pois há necessidade de execução de ensaios em laboratórios para definição correta da dosagem de produtos químicos. Através de acompanhamento das rotinas e relatórios das ETAs Alto de Céu, Botafogo, Caixa D'água, Gurjaú, Suape e Tapacurá, durante o período de estudo, verificou-se que estas realizaram um número de ensaios muito baixo, e em algumas ETAs não foi feito nenhum ensaio. Isso denota a necessidade de melhoria na operação das ETAs, pois, para otimizar o uso do sulfato de alumínio é necessário um controle das ações operacionais, devido o consumo do coagulante ser função da qualidade da água bruta, da tecnologia disponível e das condições de funcionamento das unidades de tratamento.

Quanto ao uso de cloro, estabelecido na Portaria nº 1469/2000 do Ministério de Saúde, este deve ficar no mínimo em 0,2 mg/L, em qualquer ponto da rede de distribuição. Dada a complexidade das redes de distribuição e a intermitência do abastecimento da RMR, a COMPESA adota como parâmetros o teor mínimo de 0,5 mg/L de cloro no final da rede de distribuição. Assim as dosagens de cloro nas ETAs são definidas para atingir este residual mínimo. Como a demanda de cloro na rede é peculiar de cada sistema, na

Tabela 6.1 são informadas as concentrações residuárias de cloro, usadas como referência na saída de cada ETA. A Figura 6.6 mostra as médias de cloro na saída das ETAs da RMR.

Tabela 6.1: Valores de cloro residual referenciais de saída para as ETAs da RMR

ETA	Residual de cloro (mg/L)
Alto do Céu	2,5 - 3,5
Botafogo	5,0 - 6,0
Caixa D'água	3,0
Gurjaú	5,0 - 6,0
Suape	3,0
Tapacurá	3,6 - 4,8

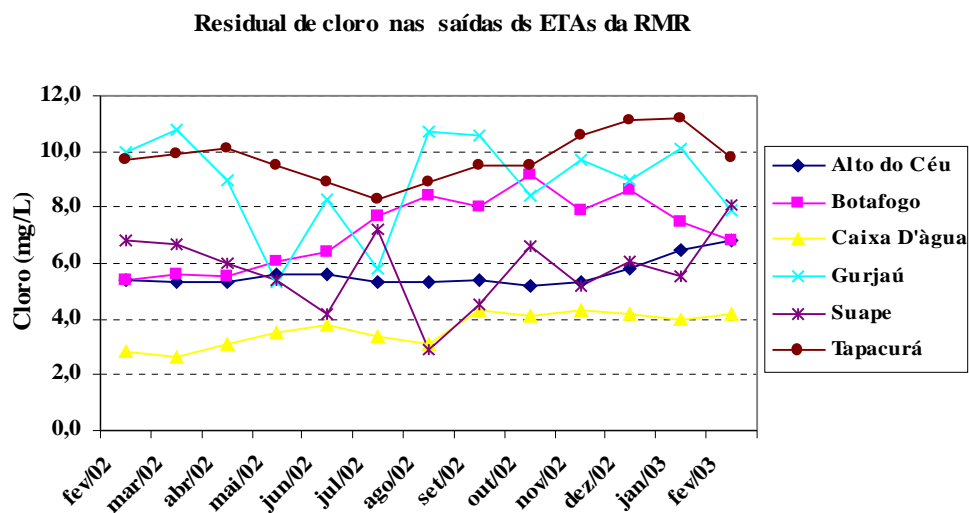


Figura 6.6: Residual de cloro nas saídas das ETAs da RMR, nos meses de março de 2002 à fevereiro de 2003.

Verifica-se na Figura 6.6 que as ETAs apresentaram residuais de cloro acima do estabelecido como referenciais. A ETA Gurjaú que foi foco de estudo no que se diz respeito ao consumo excessivo de cloro, vê-se que nos 12 meses de estudo ocorreram picos de 10,8 mg/L de cloro na saída da ETA. Este valor está muito acima dos residuais de referenciais estabelecidos pela COMPESA de 5,0 – 6,0 mg/L; este excesso na aplicação poderia ser otimizado reduzindo tais dosagens sem comprometer a qualidade sanitária da água distribuída.

6.3- Geração de resíduos nas ETAs da RMR

As principais preocupações com os resíduos gerados nas ETAs são a quantidade destes e suas características tóxicas. A Figura 6.7 mostra para cada metro cúbico de água tratada, cada estação produz de resíduo sólido e líquido em função do total de água.

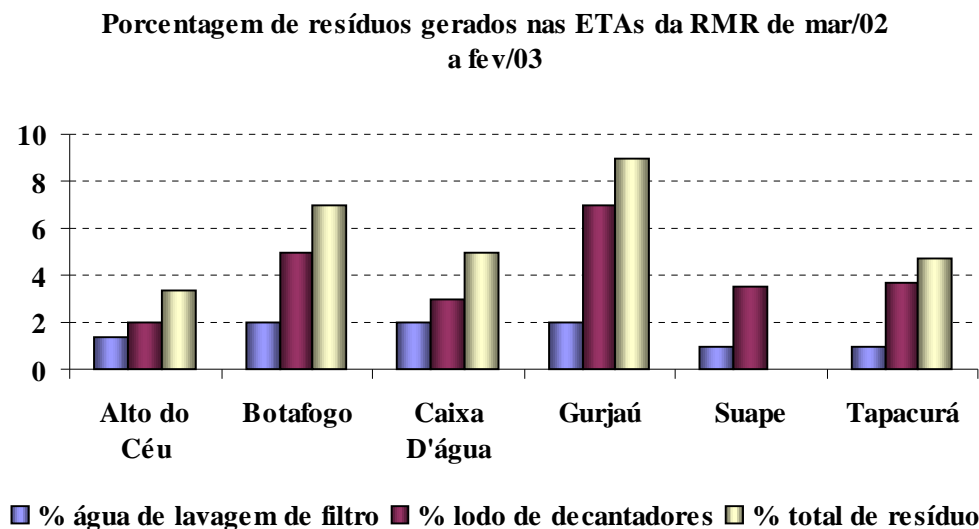


Figura 6.7: Resíduos gerados nas ETAs da RMR em função do volume de água tratada

Estes resíduos têm suas características variadas, como já foi dito, dependendo da água bruta e do produto químico usado. Altas concentrações de sulfato, alumínio e conseqüentemente sólidos e DQO, poderiam ser minimizados, se houvesse a otimização

das estações quanto ao uso dos produtos químicos, diminuindo o desperdício, que reflete no fator econômico e na produção de resíduo.

6.4- Disposição dos resíduos gerados nas ETAs da RMR

A COMPESA entende que a atividade de tratamento de água para adequá-la ao uso humano gera resíduos, que contêm as impurezas eliminadas nos processos usados para potabilizar à água. O destino do resíduo gerado durante o tratamento de água pode ser agrupado em: 4 casos

1º - Lançamento direto em algum corpo receptor;

2º - Tratamento com reciclagem da maior parte e lançamento do rejeito no corpo receptor;

3º- Tratamento antes de ser lançado no corpo receptor com o objetivo de minimizar os efeitos sobre o ambiente;

4º- Tratamento com reciclagem da maior parte e acondicionamento do rejeito final de tal forma que não danifique o ambiente.

Na COMPESA, embora a grande maioria dos sistemas se enquadre no 1º caso, é crescente o interesse no tratamento dos despejos gerados nas ETAs. A Tabela 6.2 mostra a situação de cada uma das estações em estudo e outras que não foram acompanhadas, mas que abastece a RMR, conforme a convenção adotada no parágrafo acima.

Tabela 6.2: Classificação das ETAs quanto a disposição de seus resíduos e situação atual de cada estação.

ETA	CAPACIDADE DE TRATAMENTO	CASO EM QUE SE ENQUADRA	SITUAÇÃO	
1	ALTO DO CÉU	750 L/s	1º CASO	PROPOSTA DE PROJETO EM ANÁLISE NA DIRETORIA DAEMPRESA
2	BOTAFOGO	2200 L/s	1º CASO	PROPOSTA DE PROJETO EM ANÁLISE NA DIRETORIA DAEMPRESA
3	CAIXA D'ÁGUA	230 L/s	1º CASO	PROPOSTA DE PROJETO EM ANÁLISE NA DIRETORIA DAEMPRESA
4	GURJAÚ	620 L/s	1º CASO	PROPOSTA DE PROJETO EM ANÁLISE NA DIRETORIA DAEMPRESA
5	SUAPE	1200 L/s	1º CASO	PROPOSTA DE PROJETO EM ANÁLISE NA DIRETORIA DAEMPRESA
6	TAPACURÁ	3400 L/s	1º CASO	PROPOSTA DE PROJETO EM ANÁLISE NA DIRETORIA DAEMPRESA
7	PIRAPAMA	5.200 l/s	2º e 3º CASOS	PROJETO A EXECUTAR
8	VÁRZEA DO UNA	600 l/s	4º CASO	OBRA EM FASE DE CONCLUSÃO
9	PETRÓPOLIS	417 l/s	2º CASO	SISTEMA EM OPERAÇÃO
10	JUCAZINHO	300 l/s	4º CASO	SISTEMA EM OPERAÇÃO
11	BARREIROS	280 l/s	4º CASO	PROJETO A EXECUTAR
12	PESQUEIRA	111 l/s	2º CASO	SISTEMA EM OPERAÇÃO
13	SÃO CAETANO	40,3 l/s	2º CASO	SISTEMA EM OPERAÇÃO
14	FEIRA NOVA	30,0 l/s	3º CASO	OBRA EM EXECUÇÃO
15	PANELAS	21,9 l/s	2º CASO	SISTEMA EM OPERAÇÃO
16	NAZARÉ DA MATA	NI	4º CASO	PROJETO A EXECUTAR
17	PASSIRA	NI	3º CASO	PROJETO A EXECUTAR

Fonte: COMPESA, (2003).

Entende-se que as ações orientadas neste sentido devem aumentar a disponibilidade de água tratada para distribuição, e reduzir os malefícios típicos de lançamentos no corpo receptor, pois tais despejos favorecem o aumento da poluição e contribuem para degradação do meio ambiente, uma vez que estes rejeitos ocasionam aumento da quantidade de sólidos no corpo d'água, assoreamento, mudanças de: cor, turbidez, composição química, DBO, DQO entre outros. Essas ações também devem descartar a possibilidade de multas por parte dos órgãos de controle ambiental e sanções penais por parte do poder judiciário.

Recentemente, segundo informações cedidas pela COMPESA, foi enviada uma proposta à Diretoria da empresa para contratação de serviços de estudo e projetos, com intuito da instalação de sistemas para tratamento dos despejos produzidos nas principais ETAs, proposta essa feita através da constatação da viabilidade de reaproveitamento da água ora descartada, e da disposição final do rejeito que é inadequada.

7- CONCLUSÕES GERAIS

7.1 – Consumo excessivo de cloro na linha tronco de abastecimento do sistema Gurjaú

- § Água com cor e turbidez elevada necessita de uma quantidade maior de cloro para garantir uma desinfecção eficaz, de acordo com os resultados obtidos em laboratório, quando se analisou a água em recipiente estéril, sem os interferentes comuns da tubulação observou-se a redução do cloro residual e da turbidez remanescente, mostrando o consumo do cloro por esta turbidez;
- § Os valores elevados de turbidez de até 1,5 UT, na água tratada da ETA Gurjaú levaram ao consumo excessivo do cloro residual, ao longo da linha de abastecimento. Observou-se ao longo da linha um aumento da turbidez, reflexo dos sólidos totais, decorrentes da precipitação do ferro, que também aumentaram;
- § O aumento da cor avermelhada na água tratada é resultado da precipitação do ferro, oriundo da oxidação das tubulações de ferro fundido, que leva ao excessivo consumo de cloro;
- § O baixo pH na água tratada em média de 6,1 propicia a oxidação da tubulação de ferro fundido, na ETA Gurjaú;
- § O aumento do teor de cloretos é resultado de uma reação de oxi-redução, onde o ferro é oxidado ao íon férrico e o cloro reduzido a cloreto; logo, o aumento da concentração de ferro comprova que a tubulação está sendo oxidada pelo cloro residual;
- § As condições de intermitência na linha a partir do ponto P5, onde a COMPESA efetua manobras para o abastecimento de água, influencia na deposição de sólidos na linha e seu posterior arraste quando esta entra em operação;
- § A qualidade da água produzida pelo sistema Gurjaú reflete as condições precárias em que o sistema opera em função das diversas deficiências como: subdimensionamento da ETA; inversão dos gradientes de velocidade nos floculadores, irregularidades na aplicação de produtos químicos, danificação nos

filtros e ausência de um reservatório que permita um tempo de contato entre o cloro e a água.

7.2 – Caracterização dos resíduos gerados nas ETAs da RMR

- § As características dos resíduos sólidos e líquidos gerados estão diretamente relacionadas com a qualidade das águas brutas tratadas pelas ETAs da RMR, pois em função dessas é estabelecida a quantidade dos diversos produtos químicos usados no tratamento;
- § Os resíduos produzidos nos decantadores das ETAs apresentaram uma coloração marrom, com viscosidade pastosa. Este estado semi-fluido é em função das altas umidades médias que foram em torno de 93%. Dentre as ETAs estudadas, a de Gurjaú apresentou um resíduo com uma consistência mais sólida, devido a uma menor umidade, em torno de 78%;
- § Os lodos gerados nos decantadores das ETAs da RMR, apresentaram em conjunto, uma DQO média em torno de 30 g/L, enquanto que a DBO média foi de 4,5 g/L, indicando que a biodegradabilidade desse resíduo é baixa. Outras indicações da baixa biodegradabilidade foram os resultados dos sólidos totais, que apresentaram valores médios de 72 g/L, desses 75% corresponderam aos resíduos fixos, e 25% aos voláteis;
- § Os resíduos dos decantadores têm em sua composição grandes concentrações de alumínio, devido ao uso do sulfato de alumínio como coagulante. Os valores médios de alumínio encontrados para estas ETAs foram de 1000 mg/L. Esses despejos com altas quantidades de alumínio são um dos principais problemas ambientais causados pela indústria da água. O ferro foi outro metal que apresentou valores elevados nesse resíduo, em torno de 500 mg/L;
- § A maioria dos resultados obtidos nas análises, para os resíduos gerados pelos decantadores nas ETAs da RMR está bem acima do permitido pela resolução CONAMA nº 20/86. Esses índices elevados são conseqüências da qualidade da água bruta, da quantidade de produto químico utilizado e dos longos períodos que estes lodos permanecem nos decantadores, propiciando a sua concentração;

§ As águas da lavagem dos filtros apresentaram os seguintes resultados médios: cor em torno de 800 UC; turbidez 850 UT; DQO 300 mg/L; sólidos 800 mg/L; alumínio 50 mg/L; e ferro 40 mg/L. Os valores foram semelhantes aos citados por REALI (1999), onde o autor sugere a possibilidade da reutilização desse tipo de efluente, separando a água, por clarificação, ou por sedimentação.

7.3 – Quantificação dos resíduos gerados nas ETAs da RMR

- § A produção de lodo nos decantadores foi maior nos meses de junho e julho do ano 2002, período em que ocorreram os maiores índices pluviométricos. Este comportamento foi observado em todas as ETAs em estudo;
- § Quanto maior a turbidez da água bruta, maior a quantidade de sulfato de alumínio requerida para coagular esta matéria em suspensão, logo, ocorre uma maior produção de lodo. Isto foi visto em todas as ETAs, quando a água bruta apresentou valores elevados, foi aplicada uma maior quantidade de sulfato de alumínio e obteve-se maiores produções de lodo;
- § A produção de lodo nos decantadores das ETAs da RMR é variável e este valor não é apenas em função da vazão aduzida, mas da qualidade da água bruta e da quantidade de produto químico utilizado. Foram encontrados os seguintes percentuais para as ETAs: Caixa d'Água que trata o menor volume de água, 17.240 m³/d produz 3% de seu volume, Alto do céu que trata em torno de 89.280 m³/d produz 2% deste volume e Gurjaú que trata 86.400 m³/d foi a ETA que apresentou maior produção de lodo, 7% de sua vazão aduzida; Botafogo com vazão de 130.820 m³/d 3,7% e Tapacurá que trata o maior volume de água da RMR produz em torno de 5% de todo volume tratado. Concluindo que a ETA Gurjaú em alguns períodos apresenta a pior qualidade de água bruta, além de ser a ETA que trabalha na pior condição operacional, com 65% de sobrecarga;
- § Os resíduos gerados pelas estações de tratamento de água da RMR estão na faixa de 5,6% de todo o volume tratado pelas seis ETAs acompanhadas; sendo que 4% correspondem aos lodos produzidos nos decantadores e 1,6% às águas de lavagens dos filtros que compõem as ETAs;

- § As águas de lavagens dos filtros é função da quantidade de filtros lavados em cada ETA . E a quantidade de filtros lavados depende carreira de produção de cada filtro e da operacionalidade de cada estação;
- § Nos períodos chuvosos onde a turridez da água bruta aumenta, ocorre um aumento no número de filtros lavados e conseqüentemente da água de lavagem dos filtros.
- § Para a ETA Alto do Céu 1,4% de sua vazão aduzida refere-se a água de lavagem de filtros. Botafogo, Caixa d'Água e Gurjaú produz em torno de 2% e Suape e Tapacurá 1 % de suas vazões;
- § As ETAs da RMR juntas, tratam em torno de 700.000 m³/d e lançam em média 4% desse volume de lodo gerado nos decantadores e 1,6% de água de lavagem de filtro nos córregos e rios mais próximos das ETAs.

7.4 – Disposição final dos resíduos gerados nas ETAs da RMR

- § A COMPESA entende que os resíduos gerados em suas estações são causadores de impactos negativos ao meio ambiente, e visa a minimização deste impacto através de projetos, com intuito de instalar sistemas de tratamento dos resíduos de suas ETAs, com correto destino e/ou reciclagem da água. Porém, no presente momento ainda não o faz. Na maioria das ETAs de sua administração ela efetua o lançamento diretamente no corpo receptor mais próximo.

8- SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

Tendo em vista pesquisas futuras no campo de trabalho apresentado seguem algumas sugestões abaixo.

- § Fazer um estudo de correção de pH nas águas tratadas nas ETAs da RMR;
- § Fazer um estudo que proponha uma maior redução de ferro na água tratada, como por exemplo, através da substituição da pré-cloração por aeração, ou outra forma de eliminar os altos teores de ferro encontrados na água bruta;
- § Otimizar o controle operacional da ETA Gurjaú, a fim de obter uma água tratada de melhor qualidade e uma correção do pH adequada, após o tratamento;
- § Procurar substituir as duas tubulações de ferro fundido, ao longo da linha tronco de distribuição de água tratada do sistema Gurjaú;
- § Otimizar a aplicação de produtos químicos, como cloro gasoso e sulfato de alumínio líquido, nas ETAs da RMR;
- § Efetuar a caracterização microbiológica dos resíduos das ETAs;
- § Realizar a caracterização física como densidade, resistência física, plasticidade, compactação, compressibilidade e tensão de cisalhamento desses resíduos
- § Realizar um estudo da viabilidade da recuperação do sulfato de alumínio nos resíduos das ETAs da RMR;
- § Realizar um estudo que promova a construção de um tanque de equalização para a água de lavagem dos filtros, separando a parte sólida da líquida e promovendo a reutilização do sobrenadante;
- § Estudar e verificar as possibilidades e condições de um tratamento biológico para o lodo de ETA;
- § Determinar o teor de nitrogênio nos resíduos de ETA;
- § Estudar e propor a melhor disposição dos lodos de decantadores para o estado de Pernambuco, verificando a sua condição de reuso, como na agricultura, por exemplo;
- § Verificar a possibilidade do uso dos resíduos de ETA na construção civil.

9- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.1- Referências Bibliográficas Citadas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.216. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. 1992.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023. Informação e documentação – Elaboração de referências. 2000.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 - Resíduos Sólidos: Classificação. ABNT, set. 1987. 63 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. APWA; AWWA; WPCF, 19° edition, Washington, 1995.

AWWARF. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION RESEARCH FOUNDATION. Water treatment plant waste management. 1996.

AMOR, L.; KENNES, C.; VEIGA, M. C. Kinetics of inhibition in the biodegradation of monoaromatic hydrocarbons in presence of heavy metals. **Bioresource Tecnology**. v. 78, p. 181-185. 2001.

ANDREOLI, C. V. (coord). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RIMA, ABES, 2001.

AZEVEDO NETTO, J. M.; RICHTER, C. A **Tratamento de água**. 1998. 332 p.

BARBOSA, A. B. D. A experiência da CAESB em recuperação de água de lavagem de filtros e desidratação de lodo de ETA. In: 19° CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1501-1507. 1997. CD.

BATALHA, B. H. L. Ameaça na água. **Ciência Hoje**. v. 25, n. 145, p.29-34, 1998.

BIDONE, F. R. A.; CASTRO, C. M. B.; ABOY, N. Monitoramento de parâmetros físico-químicos de lodos de ETAs durante a sua desidratação em leitos de secagem com diferentes espessuras de leito drenante. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1205-1215. 1997. CD.

BRAILE, P. M. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo. CETESB. 1983.

CASTRO, A. A.; DIAS, A. M.; RENNÓ, C. R. A.; CÉSAR, L. A. S.; DEMATTOS, M.; MONTEIRO, T. A. S. O problema da caracterização qualitativa e quantitativa dos efluentes gerados nas estações de tratamento de água – o caso da a unidade de tratamento e recuperação de resíduos - UTR do sistema rio das Velhas. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1423-1431. 1997a. CD.

CASTRO, A. A. DIAS, A. M.; RENNÓ, C. R. A.; CÉSAR, L. A. S.; DEMATTOS, M.; MONTEIRO, T. A. S. Soluções para tratamento de resíduos de estação de tratamento de resíduos de estação de tratamento de água - Proposta para a unidade de tratamento e recuperação de resíduos (UTR) do rio das Velhas na RMBH. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1399-1410. 1997b. CD.

CETESB. Operação e manutenção de ETA. São Paulo: CETESB, 1973. 290 p

CETESB. Desinfecção de águas. São Paulo: CETESB, 1974. 210 p.

CETESB. Técnica de abastecimento e tratamento de água. São Paulo: CETESB/ASCETESB, v. 1, 3 ed., 1987. 330 p.; v. 2, 3 ed., 1987. 332 p.

COMPESA. GPR – **Controle operacional de ETA**. 2003.

CONAMA – BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 237, de 19 de dezembro de 1997.

CORDEIRO, J. S.; CAMPOS, J. R. O impacto ambiental provocado pela indústria da água de abastecimento. In: XXVI CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 1998. Lima, Peru. **Anais...** Peru, 1998.

CORDEIRO, J. S.; CAMPOS, J. R. O impacto provocado pela indústria da água. **Saneamento Ambiental**. n. 56, p. 52-57, mar/abril 1999.

CORDEIRO, J. S. O problema dos lodos gerados nos decantadores em estações de tratamento de água. São Carlos – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado). 342 p. 1983.

DI BERNADO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES. v. 1, 1993. 496 p.; v. 2, 1993. 503 p.

FERNANDES, F. Lodo em estação de tratamento de água e esgoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 2, n. 1, p. 169, jan/mar. 1997.

FERREIRA FILHO, S. S. Pré-condicionamento de lodos de estações de tratamento de água visando o seu adensamento por gravidade. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1181-1192. 1997. CD.

FERREIRA FILHO, S. S.; ALÉM SOBRINHO, P. Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 3, n. 3, jul/set e n. 4, out/dez. 1998. p. 128-136.

FIGUEIREDO, R. F.; PARDO, S. D. A.; CORAUCCI, B. F. Fatores que influenciam a formação de trihalometanos em águas de abastecimento. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro, 1999. **Anais...** Rio de Janeiro, p. 1362-1367. 1999. CD.

FLORENCIO, M. L. S. **Influência da estrutura do floco no desempenho de um sistema de lodos ativados**. Escola de Engenharia de São Carlos. Dissertação de Mestrado. 1982.

GARCIA Jr. O. Microorganismos e metais. In: Microbiologia Ambiental. Jaguaraúna: EEMBRAPA – CNPMA. cap. 1, p. 11-41, 1997. 2001.

GUNTEN, U. V.; DRIEDGER, A.; GALLARD, H.; SALHI E. By-products formation during water disinfection: a tool to assess disinfection efficiency. **Water Research**. v. 35, n.8, p. 2095-2099, 2001.

HUA, F.; WEST, J. R.; BARKER R. A.; FORSTER, C. F. Modeling of chlorine decay in municipal water supplies. **Water Research**. v. 33, n. 12, p. 2735-2746, 1999.

KAWAMOTO P. H.; FERREIRA FILHO S. S. Efeito da oxidação química no processo de condicionamento e desidratação de lodos de estações de tratamento. In: IX SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - SILUBESA, **Anais...** Porto Seguro, 1999. CD.

KIEHL, E. J. FERTILIZANTES Orgânicos. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

MENDES, R. L.; FERREIRA FILHO, S. S.; SCIAN, J. B. Adensamento mecânico de lodos gerados em estações de tratamento de água. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO

DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa, 2001. **Anais...** João Pessoa, 2001. CD.

METCALF e EDDIE. **Wastewater Engineering**: treatment, disposal and reuse. 2 ed. McGraw-Hill Book Company, 1972.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - BRASIL. Portaria nº 149, de 29 de dezembro de 2000.

MOTA, S (org.). **Reuso de águas**: a experiência da Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. 2000. 276 p.

OZDEMIR, M.; TUFEKCI, M.; Removal of chlorine residues in aqueous media by metallic iron. **Water Research**. v. 31, n. 2, p. 343-345, 1997.

OZDEMIR, O. N.; GER M. Realistic numerical simulation of chlorine decay in pipes. **Water Research**. v. 32, n.11, p. 3307-3312, 1998.

REALI, M. A. P. (coord). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 250 p.

SALES, A. F. M. S. Caracterização, avaliação da biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia e tratamento em reator UASB do chorume do aterro da Muribeca. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos - Departamento de Engenharia Civil - UFPE. 2003. 187 p.

SARON. A.; LEITE, V. M. B. Quantificação de lodo em estação de tratamento de água. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Paraíba, 2001. **Anais...** ABES: João Pessoa. 2001. CD.

SCALIZE, P. S.; DI BERNADO, L. Clarificação da água de lavagem de filtros rápidos e caracterização do sobrenadante do lodo. In: XXVI CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 1998. Lima, Peru. **Anais...** Peru, 1998.

SCALIZE, P. S.; DI BERNADO L.; SEIXAS, A. S. S. Pesquisa parasitológica no sobrenadante e no sedimento resultantes após clarificação por sedimentação de água de lavagem de filtros de estações de tratamento de água. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1027-1133. 1997. CD.

SILVA, A. M. B. Caracterização e avaliação do potencial de uso de lodos de estações de tratamento de esgoto doméstico da região metropolitana do Recife. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos -. Departamento de Engenharia Civil - UFPE. 2001. 249 p.

SOUZA, J. B.; SARTORI, L.; DANIEL, L. A. Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação ultravioleta. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 2000. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2000. CD.

TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do estado de São Paulo. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Paraíba, 2001. **Anais...** ABES: João Pessoa. 2001. CD.

YUZHU, W.; MORITA, D. M. Condicionamento de lodos de decantadores de estação de tratamento de água: estudo de caso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 3, n. 1, jan/mar e n.2, abr/jun. 1998. p. 74-81.

9.2- Referências Bibliográficas Consultadas

ANDRADE, T. C. S. Cloração como método de controle de Bulking do lodo. **Revista Meio Ambiente Industrial**. n. 15, nov/dez. 1998.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3 ed. São Paulo: CETESB, 1986. 640 p.

CARVALHO, E. H.; DI BERNADO, L. Interferência de despejos de estações de tratamento de água na digestão de lodos de esgoto. In: XXVI CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 1998. Lima, Peru. **Anais...** Peru, 1998.

CERQUEIRA, D. A.; EMÍDIO, P. A. Ferrobactérias em poços tubulares: ocorrências e técnicas simplificadas de detecção. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro, 1999. **Anais...** Rio de Janeiro, p. 1245-1250. 1999. CD.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. v. 5. 1997. 246 p.

COMPESA. **Manual de operação – ETA Gurjaú**. 1998.

CORDEIRO, J. S.; CAMPOS, J. R. A remoção de águas de lodos em leitos de secagem não convencionais. **Saneamento Ambiental**. n. 39, p. 30-35, maio/junho 1996.

DANIEL, L. A. (coord). **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. Rio de Janeiro: ABES, 2001. 155 p.

FRATEUR, I.; DESLOUIS, C.; KIENE, L.; LEVI, Y.; TRIBOLLET, B. Free chlorine consumption induced by cast iron corrosion in drinking water distribution systems. **Water Research**. v. 33, n.8, p. 1781-1790, 1999.

FREITAS, M. B.; BRILLHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad. Saúde Pública**. v.17, n.3, p. 651-660, mai-jun, 2001.

FRISCHKORN, H.; ARAÚJO, A. L.; KININGER, F.; VIEIRA, R. H. S. F. Parâmetros de controle na produção de cloro no tratamento da água por oxidação anódica. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 2000. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2000. CD.

GAUTHIER, V. GÉRALD, B.; PORTAL, J. M.; BLOCK, J. C.; GATEL, D. Organic matter as loose deposits in a drinking water distribution system. **Water Research**. v. 33, n. 4, p. 1014-1026. 1999.

GUIA DO SANEAMENTO. Declaração de Haia “Água segura para o século XXI”. **Disponível:**
<<http://www.aguaonline.com.br/guiadosaneamento/agua/guia-agua-haia.htm>>. **Acesso em: 07 out. 2001a.**

GUIA DO SANEAMENTO. BANCO DE DADOS ON LINE.
UFRGS aprova sistemas com hipoclorito e ferrato de sódio.
Disponível:
<<http://www.aguaonline.com.br/guiadosaneamento/agua/guia-ufgrs.htm>>. **Acesso em: 07 out. 2001b.**

KATZ, A.; NARKIS, N. Removal of chlorine dioxide disinfection by-products by ferrous salts. **Water Research**. v. 35, n. 1, p. 101-108, 2001.

LEME, H. M. P.; MERLI, G. L. Estação de tratamento de lodo gerado pela ETA Capim fino. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Paraíba, 2001. **Anais...** ABES: João Pessoa. 2001. CD.

LIBÂNIO, M.; PÁDUA, V. L.; DI BERNADO, L. Avaliação do modelo de Argaman & Kaufman na estimativa do desempenho de unidades de floculação aplicadas ao tratamento das águas de abastecimento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 2, abr/jun p. 11-18. 1996.

LIMA, E.; KOLLNBERG, G. Tecnologias modernas para desinfecção de água e esgotos. **Revista Meio Ambiente Industrial**. n. 13, jun/ago. 1998.

LOUIS, G. **Tratamento de águas destinadas à alimentação de caldeiras a vapor, aos circuitos de refrigeração e as redes de distribuição de águas industriais e potáveis**. São Paulo: Polígono, 1972.

MARTINS, M. L. N.; VON SPERLING, E. Dinâmica do ferro e do manganês no hipolímio do reservatório serra azul em Minas Gerais. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1181-1192. 1997. CD.

NASCIMENTO, L. V.; VON SPERLING, M. Os padrões de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal. In: XXVI CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 1998. Lima, Peru. **Anais...** Peru, 1998.

NAVAL, L. P.; SILVA, J. B. Caracterização do lodo proveniente das estações de tratamento de águas residuárias de Palmas avaliando o seu potencial fertilizante. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Paraíba, 2001. **Anais...** ABES: João Pessoa. 2001. CD.

NIQUETTE, P.; SERVAIS, P.; SAVOIR, R. Bacterial dynamics in the drinking water distribution system of brussels. **Water Research**. v. 35, n. 3, p. 675-682, 2001.

NUNES, J. A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. Aracaju: Gráfica editora J. Andrade. 1986. 277 p.

OLINGER C.; CARDOSO, M.; LAPOLLI, F. R. Caracterização e clarificação da água de lavagem do filtro de uma ETA que utiliza como coagulante o sulfato de alumínio. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Paraíba, 2001. **Anais...** ABES: João Pessoa. 2001. CD.

PACHECO, E. N. Desidratação de lodo em estação de tratamento de água – ETA. **Revista Gerenciamento Ambiental**. n. 9, p. 16-18, 2000.

PIRES, L. D.; MACÊDO, J. A. B.; ROCHA, H. V. A.; LIMA, D. C.; VAZ, U. P.; OLIVEIRA, R. F. Determinação do índice de fluoreto em águas de abastecimento público na cidade de Juiz de Fora. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 7, n. 1, jan/mar. e n. 2 abr/jun, 2002. p. 21-27.

POWER, K. N.; SCHNEIDER R. P.; MARSHALL, K. C. The effect of growth conditions on survival and recovery of *Klebsiella oxytoca* after exposure to chlorine. **Water Research**. v. 31, n.1, p. 135-139, 1997.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999. 97 p.

SANTOS, I. S. S.; RAMIRES, M. V.V. KAZMIERCZAK, C. S.; SILVA, H. C.; KERN, A. P. CAMARGO, S. A. Caracterização e identificação de resíduo: lodo da estação de tratamento do município de São Leopoldo. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 2000. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2000. CD.

SARON, A.; SILVA, E. P. Redução na dosagem de sulfato de alumínio na ETA Guaraú com a utilização do sistema de recuperação de água de lavagem dos filtros. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1088-1095. 1997. CD.

SARTORI, H. J. F.; NUNES M. S. Caracterização geotécnica de lodos provenientes de estações de tratamento de água e de esgotos sanitários. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 1151-1156. 1997. CD.

SCALIZE, P. S.; DI BERNADO, L. Resistência específica de lodo obtido em ensaio de clarificação, por sedimentação da água de lavagem de filtros rápidos de ETAs. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 4, n. 1, jan/mar. e n. 2, abr/jun. 1999. p. 48-54.

SCALIZE, P. S.; DI BERNADO, L. Caracterização da água de lavagem de filtros rápidos de ETAs e dos sobrenadantes e sedimentos obtidos após ensaios de clarificação utilizando polímero aniônico. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 2000. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2000. CD.

SILVA, N.; AVEZÚ, M. S. Peróxido de hidrogênio no tratamento de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 1, n. 1, p. 6-17, jan/mar. 1996.

SILVA, S. M. C. P.; FERNANDES, F. Co-compostagem de biosólidos, lodo de tratamento de água e resíduos de podas de árvores. In: XXVI CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 1998. Lima, Peru. **Anais...** Peru, 1998.

SIMPSON K. L.; HAYES, K. P. Drinking water disinfection by-products: an Australian perspective. **Water Research**. v. 32, n.5, p. 1522-1528, 1998.

SOGAARD E. G.; ARUNA, R.; ABRAHAN-PESKIR, J.; KOCH. Conditions for biological precipitation of iron by *Gallionella ferruginea* in a slightly polluted ground water. **Applied Geochemistry**. v. 16, p. 1129-1137, 2001.

ZARPELON, A. Uso do cloro e os trihalometanos (THMS). **Sanare**, Revista técnica da Sanepar, Curitiba, v. 15, p. 4-6, jan/jun. 2001.

WHITE, G. C. **Handbook of chlorination**. 1972.

10- CURRICULUM VITAE

A autora desta dissertação, Rosangela Gomes Tavares, nasceu em Recife, estado de Pernambuco, Brasil. Obteve a educação básica nesta cidade. Concluiu o curso de Bacharelado em Química na Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, no período de março de 1989 a dezembro de 1993, e de Engenharia Química, na mesma universidade, no período de março de 1995 a agosto de 1998. Atualmente trabalha na Companhia Pernambucana de Saneamento, COMPESA desde 1995. Deu início aos estudos de Mestrado em Engenharia Civil, em setembro de 2001, na área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos na Universidade Federal de Pernambuco.

APÊNDICE

ETA								
Alto do Céu								
experimento	1(mar/2002)				2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	2.5	1300,0	45,3	1,7	3,0	1100,0	52,0	1,1
Ca	4,7	9,6	5,7	3,5	5,0	12,3	6,3	3,0
Fe	1,6	1344,5	29,0	1,8	2,3	1450,0	32,0	2,0
Mg	1,8	3,0	3,4	2,0	2,1	3,5	4,0	2,1
Cr	0,0	0,4	0,7	0,1	0,0	0,7	0,9	0,1
Cu	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
Mn	0,1	1,6	0,8	0,1	0,1	2,1	0,9	0,2
Ni	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
Pb	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Zn	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1
ETA								
Botafogo								
experimento	1(mar/2002)				2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	2,2	1547,8	50,4	1,6	1,9	1587,0	64,4	1,3
Ca	3,7	12,7	10,2	4,1	3,5	15,3	11,0	5,1
Fe	3,7	468,8	52,3	0,1	3,6	896,0	67,4	0,2
Mg	1,1	4,6	5,9	2,1	0,9	8,0	6,2	2,9
Cr	0,2	0,6	0,3	0,4	0,3	0,7	0,5	0,4
Cu	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Mn	0,2	18,9	1,2	0,2	0,2	22,7	1,6	0,2
Ni	0,1	1,2	0,0	0,1	0,0	1,6	0,0	0,1
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Zn	0,0	0,7	0,1	0,1	0,0	0,8	0,1	0,1
ETA								
Caixa d'Água								
experimento	1(mar/2003)				2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1,9	335,1	2,3	2,6	2,2	385,4	2,6	3,0
Ca	2,6	4,8	4,8	6,1	2,9	5,5	5,5	7,1
Fe	1,3	21,2	3,0	1,1	1,5	24,4	3,5	1,3
Mg	1,9	2,2	2,8	2,1	2,2	2,5	3,2	2,4
Cr	0,0	0,4	0,4	0,3	0,0	0,4	0,4	0,4
Cu	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Mn	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1
Ni	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
ETA								
Gurjuá								
experimento	1(mar/2002)				2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	4,6	1510,0	57,6	0,8	5,2	1736,5	66,2	0,9
Ca	3,7	5,8	7,4	4,8	4,3	6,6	8,5	5,5
Fe	3,7	99,3	36,9	0,6	4,2	114,2	42,5	0,7
Mg	2,0	2,5	3,5	2,1	2,3	2,9	4,0	2,4
Cr	0,3	0,3	0,3	0,0	0,3	0,4	0,3	0,0
Cu	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Mn	0,3	1,5	0,8	0,1	0,4	1,8	0,9	0,1
Ni	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
ETA								
Suape								
experimento	1(mar/2002)				2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	2,9	1073,5	22,4	1,6	3,4	1234,5	25,7	1,8
Ca	4,7	13,8	7,6	3,2	5,4	15,9	8,8	3,7
Fe	3,9	469,3	64,1	0,9	4,5	539,7	73,7	1,0
Mg	2,0	5,3	3,2	1,9	2,2	6,1	3,7	2,2
Cr	0,3	1,0	0,4	0,0	0,3	1,2	0,4	0,0
Cu	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1
Mn	0,2	15,0	1,4	0,1	0,3	17,3	1,7	0,1
Ni	0,4	1,3	0,1	0,0	0,5	1,5	0,1	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Zn	0,1	1,2	0,1	0,0	0,1	1,4	0,1	0,0
ETA								
Tapacurá								
experimento	1(mar/2002)				2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	2,9	2267,5	93,4	1,7	3,4	2607,6	107,4	1,9
Ca	4,7	37,9	21,1	10,2	5,4	43,6	24,3	11,7
Fe	3,9	236,5	42,0	1,0	4,5	272,0	48,3	1,1
Mg	2,0	9,5	1,8	6,6	2,2	10,9	2,1	7,6
Cr	0,3	0,5	0,0	0,3	0,3	0,6	0,0	0,3
Cu	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Mn	0,2	35,6	0,2	0,1	0,3	41,0	0,2	0,1
Ni	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1

ETA								
Alto do Céu								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1430,0	49,8	1,8	3,3	1787,5	57,3	2,3	4,1
Ca	10,5	6,2	3,8	5,5	13,1	7,8	4,7	6,9
Fe	1479,0	31,9	1,9	2,5	1848,7	39,9	2,4	3,2
Mg	3,3	3,7	2,2	2,3	4,1	4,7	2,7	2,9
Cr	0,5	0,8	0,1	0,0	0,6	1,0	0,1	0,1
Cu	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Mn	1,8	0,9	0,1	0,1	2,2	1,1	0,2	0,1
Ni	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Zn	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	0,1
Botafogo								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1702,5	58,0	1,7	2,1	2128,2	72,5	2,2	2,6
Ca	13,9	11,2	4,6	3,9	17,4	14,0	5,7	4,8
Fe	515,7	57,5	0,1	4,0	644,6	71,8	0,2	5,0
Mg	5,1	6,5	2,3	1,0	6,4	8,1	2,9	1,2
Cr	0,6	0,4	0,4	0,3	0,8	0,4	0,5	0,4
Cu	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
Mn	20,8	1,3	0,2	0,2	26,0	1,7	0,2	0,3
Ni	1,3	0,0	0,1	0,0	1,7	0,0	0,1	0,1
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Zn	0,8	0,1	0,1	0,0	1,0	0,1	0,1	0,1
Caixa d'Água								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	368,6	2,5	2,8	2,4	460,8	3,2	3,6	3,0
Ca	5,3	5,3	6,8	3,2	6,6	6,6	8,4	4,0
Fe	23,3	3,3	1,2	1,6	29,2	4,2	1,5	2,0
Mg	2,4	3,1	2,3	2,4	3,0	3,9	2,8	3,0
Cr	0,4	0,4	0,4	0,0	0,5	0,5	0,4	0,0
Cu	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
Mn	0,2	0,4	0,1	0,1	0,3	0,4	0,2	0,2
Ni	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gurjuá								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1661,0	63,4	0,8	5,8	2076,3	79,2	1,0	7,2
Ca	6,4	8,1	5,3	4,7	7,9	10,1	6,6	5,9
Fe	109,3	40,6	0,7	4,6	136,6	50,8	0,8	5,8
Mg	2,8	3,8	2,3	2,5	3,5	4,8	2,9	3,1
Cr	0,4	0,3	0,0	0,4	0,4	0,4	0,0	0,5
Cu	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Mn	1,7	0,8	0,1	0,4	2,1	1,0	0,2	0,5
Ni	0,7	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
Suape								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1180,9	24,6	1,7	3,7	1476,1	30,7	2,1	4,6
Ca	15,2	8,4	3,5	5,9	19,0	10,5	4,4	7,4
Fe	516,2	70,5	1,0	4,9	645,3	88,1	1,3	6,1
Mg	5,8	3,5	2,1	2,5	7,3	4,4	2,6	3,1
Cr	1,1	0,4	0,0	0,4	1,4	0,5	0,0	0,4
Cu	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1
Mn	16,5	1,6	0,1	0,3	20,7	2,0	0,2	0,4
Ni	1,4	0,1	0,0	0,5	1,8	0,1	0,0	0,7
Pb	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Zn	1,3	0,1	0,0	0,1	1,6	0,1	0,0	0,1
Tapacurá								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	2494,3	102,7	1,8	3,7	3117,8	128,4	2,3	4,6
Ca	41,7	23,2	11,2	5,9	52,1	29,0	14,0	7,4
Fe	260,2	46,2	1,1	4,9	325,2	57,8	1,4	6,1
Mg	10,5	2,0	7,2	2,5	13,1	2,5	9,0	3,1
Cr	0,6	0,0	0,3	0,4	0,7	0,0	0,4	0,4
Cu	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
Mn	39,2	0,2	0,1	0,3	49,0	0,2	0,2	0,4
Ni	1,2	0,0	0,0	0,1	1,5	0,0	0,0	0,1
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Zn	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1

ETA								
Alto do Céu								
experimento	5(ago/02)				6(set/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	58,9	1,8	3,9	1430,0	47,5	1,6	3,1	1155,0
Ca	7,4	4,5	6,5	16,0	5,9	3,6	5,3	12,9
Fe	37,7	2,3	3,0	1885,0	30,5	1,8	2,4	1522,5
Mg	4,4	2,6	2,7	4,6	3,6	2,1	2,2	3,7
Cr	1,0	0,1	0,1	0,9	0,8	0,1	0,0	0,7
Cu	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1
Mn	1,0	0,1	0,1	2,7	0,8	0,1	0,1	2,2
Ni	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1
Pb	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Zn	0,6	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1
ETA								
Botafogo								
experimento	5(jul/2002)				6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	65,5	2,1	2,5	2063,1	52,9	1,7	2,0	1666,4
Ca	13,2	5,4	4,6	19,9	10,7	4,3	3,7	16,1
Fe	67,9	0,1	4,7	1164,8	54,9	0,1	3,8	940,8
Mg	7,7	2,8	1,2	10,4	6,2	2,2	0,9	8,4
Cr	0,4	0,5	0,4	0,9	0,3	0,4	0,3	0,7
Cu	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
Mn	1,6	0,2	0,3	29,5	1,3	0,2	0,2	23,8
Ni	0,0	0,1	0,1	2,1	0,0	0,1	0,0	1,7
Pb	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,1	0,1	0,1	1,0	0,1	0,1	0,0	0,8
ETA								
Caixa d'Água								
experimento	5(jul/2002)				6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	3,0	3,4	2,8	501,0	2,4	2,7	2,3	404,6
Ca	6,2	8,0	3,8	7,2	5,0	6,4	3,1	5,8
Fe	3,9	1,4	1,9	31,7	3,2	1,2	1,6	25,6
Mg	3,7	2,7	2,9	3,3	3,0	2,2	2,3	2,7
Cr	0,5	0,4	0,0	0,5	0,4	0,3	0,0	0,4
Cu	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Mn	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3
Ni	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
ETA								
Gurjuá								
experimento	5(jul/2002)				6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	74,9	1,0	6,8	2257,5	60,5	0,8	5,5	1823,3
Ca	9,6	6,3	5,5	8,6	7,7	5,1	4,5	7,0
Fe	48,0	0,8	5,5	148,5	38,8	0,6	4,4	119,9
Mg	4,5	2,7	3,0	3,8	3,6	2,2	2,4	3,0
Cr	0,3	0,0	0,4	0,5	0,3	0,0	0,4	0,4
Cu	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Mn	1,0	0,2	0,5	2,3	0,8	0,1	0,4	1,8
Ni	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,8
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
ETA								
Suape								
experimento	5(jul/2002)				6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	29,1	2,0	4,4	1604,9	23,5	1,6	3,5	1296,3
Ca	9,9	4,2	7,0	20,6	8,0	3,4	5,6	16,7
Fe	83,3	1,2	5,8	701,6	67,3	1,0	4,7	566,7
Mg	4,2	2,4	2,9	7,9	3,4	2,0	2,4	6,4
Cr	0,5	0,0	0,4	1,6	0,4	0,0	0,3	1,3
Cu	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2
Mn	1,9	0,1	0,3	22,5	1,5	0,1	0,3	18,1
Ni	0,1	0,0	0,6	1,9	0,1	0,0	0,5	1,6
Pb	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Zn	0,1	0,0	0,1	1,8	0,1	0,0	0,1	1,4
ETA								
Tapacurá								
experimento	5(jul/2002)				6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	121,4	2,2	4,4	3389,9	98,1	1,7	3,5	2738,0
Ca	27,4	13,2	7,0	56,6	22,2	10,7	5,6	45,8
Fe	54,6	1,3	5,8	353,6	44,1	1,0	4,7	285,6
Mg	2,3	8,6	2,9	14,2	1,9	6,9	2,4	11,5
Cr	0,0	0,4	0,4	0,7	0,0	0,3	0,3	0,6
Cu	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
Mn	0,2	0,2	0,3	53,3	0,2	0,1	0,3	43,0
Ni	0,0	0,0	0,1	1,6	0,0	0,0	0,0	1,3
Pb	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1

ETA								
Alto do Céu								
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1,6	2,8	1047,6	49,5	1,3	2,1	846,2	40,0
Ca	3,3	4,8	11,7	6,0	2,7	3,9	9,5	4,8
Fe	1,7	2,2	1381,0	30,5	1,4	1,8	1115,4	24,6
Mg	1,9	2,0	3,3	3,8	1,5	1,6	2,7	3,1
Cr	0,0	0,0	0,6	0,8	0,0	0,0	0,5	0,7
Cu	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
Mn	0,1	0,0	2,0	0,8	0,1	0,0	1,6	0,7
Ni	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2
Pb	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Zn	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1	0,1	0,1	0,5
ETA								
Botafogo								
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1,5	2,0	1511,4	61,3	1,2	1,8	1220,8	49,5
Ca	3,9	3,3	14,6	10,5	3,2	2,7	11,8	8,5
Fe	0,1	3,4	853,3	64,2	0,1	2,8	689,2	51,8
Mg	2,0	0,8	7,6	5,9	1,6	0,7	6,1	4,8
Cr	0,3	0,3	0,7	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3
Cu	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Mn	0,2	0,2	21,6	1,5	0,1	0,2	17,5	1,2
Ni	0,1	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0	0,0	0,6	0,0
ETA								
Caixa d'Água								
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	2,5	2,1	367,0	2,5	2,0	1,7	296,4	2,0
Ca	5,8	2,8	5,3	5,3	4,7	2,3	4,3	4,2
Fe	1,1	1,4	23,2	3,3	0,9	1,1	18,8	2,7
Mg	2,0	2,1	2,4	3,1	1,6	1,7	1,9	2,5
Cr	0,3	0,0	0,4	0,4	0,2	0,0	0,3	0,3
Cu	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	0,3
Ni	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
ETA								
Gurjuá								
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	0,7	5,0	1653,8	63,1	0,6	4,0	1335,8	51,0
Ca	4,6	4,1	6,3	8,1	3,7	3,3	5,1	6,5
Fe	0,6	4,0	108,8	40,4	0,5	3,2	87,9	32,7
Mg	2,0	2,2	2,7	3,8	1,6	1,8	2,2	3,1
Cr	0,0	0,3	0,4	0,3	0,0	0,3	0,3	0,2
Cu	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn	0,1	0,4	1,7	0,8	0,1	0,3	1,4	0,7
Ni	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
ETA								
Suape								
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1,5	3,2	1175,7	24,5	1,2	2,6	949,6	19,8
Ca	3,1	5,1	15,1	8,3	2,5	4,1	12,2	6,7
Fe	0,9	4,2	514,0	70,2	0,7	3,4	415,2	56,7
Mg	1,8	2,1	5,8	3,5	1,4	1,7	4,7	2,8
Cr	0,0	0,3	1,1	0,4	0,0	0,2	0,9	0,3
Cu	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Mn	0,1	0,3	16,5	1,6	0,1	0,2	13,3	1,3
Ni	0,0	0,5	1,4	0,1	0,0	0,4	1,1	0,0
Pb	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,1	1,3	0,1	0,0	0,0	1,0	0,1
ETA								
Tapacurá								
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1,6	2,9	2483,5	102,3	1,3	3,1	2005,9	82,6
Ca	9,7	5,1	41,5	23,1	7,8	4,1	33,5	18,7
Fe	0,9	4,2	259,0	46,0	0,8	3,4	209,2	37,2
Mg	6,3	2,1	10,4	2,0	5,1	1,7	8,4	1,6
Cr	0,3	0,3	0,5	0,0	0,2	0,2	0,4	0,0
Cu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mn	0,1	0,3	39,0	0,2	0,1	0,2	31,5	0,2
Ni	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0

ETA								
Alto do Céu								
experimento	9(dez02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	2,0	805,9	38,1	1,2	2,6	1236,5	47,4	1,7
Ca	3,7	9,0	4,6	2,5	4,9	10,2	5,9	3,5
Fe	1,7	1062,3	23,4	1,3	1,7	1397,9	30,3	1,8
Mg	1,5	2,6	2,9	1,4	1,9	3,1	3,6	2,0
Cr	0,0	0,5	0,6	0,0	0,0	0,5	0,8	0,1
Cu	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Mn	0,0	1,5	0,6	0,1	0,1	1,7	0,8	0,1
Ni	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Zn	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1
Botafogo								
experimento	9(dez02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1,7	1162,6	47,2	1,2	2,3	1706,4	53,4	1,6
Ca	2,6	11,2	8,1	3,0	3,8	13,3	10,6	4,4
Fe	2,6	656,4	49,4	0,1	3,8	530,8	55,6	0,1
Mg	0,7	5,8	4,5	1,6	1,1	5,2	6,1	2,3
Cr	0,2	0,5	0,3	0,3	0,2	0,6	0,3	0,4
Cu	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
Mn	0,1	16,6	1,1	0,1	0,2	19,9	1,3	0,2
Ni	0,0	1,2	0,0	0,0	0,1	1,3	0,0	0,1
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	0,1
Caixa d'Água								
experimento	9(dez02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	1,6	282,3	1,9	1,9	2,0	351,1	2,4	2,7
Ca	2,2	4,1	4,0	4,5	2,7	5,0	5,0	6,4
Fe	1,1	17,9	2,6	0,8	1,4	22,2	3,2	1,2
Mg	1,6	1,9	2,4	1,5	2,0	2,3	2,9	2,2
Cr	0,0	0,3	0,3	0,2	0,0	0,4	0,4	0,3
Cu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Mn	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1
Ni	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
Gurjuá								
experimento	9(dez02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	3,8	1272,2	48,5	0,5	4,8	1582,0	60,3	0,8
Ca	3,1	4,9	6,2	3,5	3,9	6,1	7,7	5,0
Fe	3,1	83,7	31,1	0,4	3,8	104,1	38,7	0,6
Mg	1,7	2,1	2,9	1,5	2,1	2,6	3,6	2,2
Cr	0,2	0,3	0,2	0,0	0,3	0,3	0,3	0,0
Cu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Mn	0,3	1,3	0,6	0,1	0,3	1,6	0,8	0,1
Ni	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
Suape								
experimento	9(dez02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	2,5	904,4	18,8	1,1	3,1	1124,7	23,4	1,6
Ca	3,9	11,6	6,4	2,4	4,9	14,5	8,0	3,4
Fe	3,3	395,4	54,0	0,7	4,1	491,7	67,1	1,0
Mg	1,6	4,4	2,7	1,4	2,0	5,5	3,5	2,0
Cr	0,2	0,9	0,3	0,0	0,3	1,1	0,4	0,0
Cu	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1
Mn	0,2	12,7	1,2	0,1	0,2	15,7	1,5	0,1
Ni	0,4	1,1	0,0	0,0	0,4	1,4	0,1	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Zn	0,0	1,0	0,1	0,0	0,1	1,2	0,1	0,0
Tapacurá								
experimento	9(dez02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
Al	2,9	1744,2	78,7	1,2	3,1	2404,6	97,8	1,7
Ca	3,9	31,9	17,8	7,5	4,9	39,7	22,1	10,7
Fe	3,3	199,2	35,4	0,7	4,1	247,8	44,0	1,0
Mg	1,6	8,0	1,5	4,8	2,0	10,0	1,9	6,9
Cr	0,2	0,4	0,0	0,2	0,3	0,5	0,0	0,3
Cu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Mn	0,2	30,0	0,1	0,1	0,2	37,3	0,2	0,1
Ni	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0
Pb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1

Alto do Céu								
experimento	11mar(2002)				21abr(2002)			
	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	26,4	25,7	26,8	25,4	27,4	27,8	26,5	27,4
pH	6,4	6,7	5,9	5,4	6,3	5,9	5,4	5,2
Condutividade Eléctrica (µS/cm)	59,5	67,8	65,3	74,2	12,9	190,2	64,4	19,6
STD (mg/L)	25,0	29,0	27,0	31,0	5,0	76,0	27,0	9,0
COR (uCl)	70,0	23000,0	850,0	5,0	40,0	20000,0	500,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	15,7	18000,0	290,5	0,9	16,1	14500,0	240,0	1,9
Bordado								
experimento	11mar(2002)				21abr(2002)			
	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	28,2	26,5	27,4	28,2	27,0	27,0	26,5	27,5
pH	7,2	6,9	6,8	7,2	6,6	6,0	5,9	6,5
Condutividade Eléctrica (µS/cm)	118,5	250,0	124,4	118,5	92,1	221,0	102,0	116,2
STD (mg/L)	50,0	105,0	52,0	50,0	43,0	109,0	49,0	55,0
COR (uCl)	250,0	20000,0	2000,0	2,5	300,0	24000,0	2000,0	2,5
TURBIDEZ (uT)	73,9	3880,0	323,2	0,6	41,8	7620,0	344,0	0,4
Cacha d'água								
experimento	11mar(2002)				21abr(2002)			
	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	28,0	28,1	27,7	27,9	25,1	25,2	24,8	25,0
pH	6,7	6,6	6,4	5,5	5,7	5,3	6,0	5,9
Condutividade Eléctrica (µS/cm)	61,1	62,9	63,5	76,7	83,4	86,9	87,3	83,5
STD (mg/L)	26,0	26,0	27,0	32,0	35,0	37,0	37,0	35,0
COR (uCl)	28,0	1200,0	350,0	5,0	15,0	800,0	600,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	22,3	9220,0	577,0	1,2	18,1	4810,0	439,0	2,3
Cajati								
experimento	11mar(2002)				21abr(2002)			
	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	30,3	30,5	30,5	30,5	27,5	26,3	22,4	25,9
pH	5,8	5,4	5,2	4,2	6,4	6,2	5,6	5,7
Condutividade Eléctrica (µS/cm)	64,9	63,4	76,7	86,6	74,3	78,6	79,7	92,5
STD (mg/L)	34,0	164,8	60,0	37,0	32,0	33,0	34,0	38,0
COR (uCl)	50,0	10205,0	560,0	5,0	70,0	40000,0	750,0	0,0
TURBIDEZ (uT)	72,9	78033,0	559,0	1,2	15,9	6710,0	199,0	2,4
Suape								
experimento	11mar(2002)				21abr(2002)			
	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	25,2	25,2	25,4	25,3	24,5	24,5	24,3	24,2
pH	7,0	6,8	6,6	6,1	6,6	6,7	6,7	6,5
Condutividade Eléctrica (µS/cm)	38,2	284,3	58,4	50,2	57,0	73,0	65,6	50,3
STD (mg/L)	27,0	30,6	27,1	24,0	31,0	28,0	27,0	21,0
COR (uCl)	50,0	10800,0	600,0	7,5	60,0	20000,0	1000,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	7,2	20100,0	215,6	0,2	5,1	29000,0	389,0	1,6
Tupacati								
experimento	11mar(2002)				21abr(2002)			
	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	28,0	28,4	28,5	28,0	25,6	24,9	25,3	25,5
pH	6,6	6,4	6,7	6,2	6,9	6,9	6,6	6,4
Condutividade Eléctrica (µS/cm)	404,0	432,0	397,0	405,0	322,0	342,0	324,0	321,0
STD (mg/L)	169,0	181,0	168,0	170,0	153,0	162,0	162,0	152,0
COR (uCl)	190,0	35000,0	500,0	5,0	70,0	15000,0	1000,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	40,0	63700,0	2909,0	0,9	11,9	31900,0	2650,0	0,6

Alto do Céu								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	25,3	25,0	25,2	25,1	26,7	26,5	26,5	26,2
pH	5,4	5,8	5,1	4,3	5,9	6,2	5,1	5,0
Condutividade Elétrica (µS/cm)	52,9	116,6	66,2	133,6	60,9	368,0	121,0	61,4
STD (mg/L)	22,0	49,0	28,0	56,0	26,0	154,0	57,0	26,0
COR (uC)	100,0	24000,0	1200,0	5,0	50,0	8000,0	700,0	10,0
TURBIDEZ (uT)	39,9	208000,0	359,0	2,2	109,0	7000,0	402,0	3,0
Bordado								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	25,6	25,5	25,7	25,5	26,5	26,7	25,8	27,3
pH	6,2	6,8	6,7	6,5	6,0	5,3	5,7	4,3
Condutividade Elétrica (µS/cm)	72,1	112,6	146,0	97,4	129,6	107,6	119,6	126,0
STD (mg/L)	31,0	294,0	97,0	61,0	41,0	57,0	45,0	50,0
COR (uC)	200,0	20000,0	1100,0	5,0	20,0	5500,0	3000,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	31,9	53500,0	504,0	0,9	57,7	1190,0	445,0	0,2
Cafes d'água								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	25,2	25,4	25,4	25,3	26,7	26,5	26,6	26,5
pH	6,2	5,3	5,5	5,4	5,7	5,6	5,3	5,4
Condutividade Elétrica (µS/cm)	65,5	196,0	76,7	80,7	65,2	67,0	69,0	71,0
STD (mg/L)	28,0	82,0	32,0	34,0	27,0	28,0	29,0	30,0
COR (uC)	60,0	7200,0	400,0	10,0	10,0	600,0	100,0	1,0
TURBIDEZ (uT)	27,9	16700,0	760,0	0,9	15,9	6570,0	533,0	5,5
Garjati								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	25,8	25,7	25,5	25,0	21,0	20,0	20,5	21,0
pH	6,2	5,4	3,8	4,1	6,2	6,6	4,6	4,0
Condutividade Elétrica (µS/cm)	68,6	424,0	87,1	126,0	51,7	47,4	90,0	165,0
STD (mg/L)	29,0	180,0	37,0	56,0	32,0	20,0	38,0	70,0
COR (uC)	300,0	30000,0	750,0	5,0	40,0	10000,0	2000,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	90,0	11560,0	247,0	1,7	149,0	51400,0	1230,0	1,5
Saque								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	25,6	19,8	21,8	22,2	25,0	24,7	24,2	24,0
pH	7,0	5,6	5,3	5,9	5,2	5,6	5,6	5,2
Condutividade Elétrica (µS/cm)	50,6	280,0	57,3	42,2	45,6	500,0	52,5	57,9
STD (mg/L)	21,0	138,0	21,0	18,0	19,0	210,0	22,0	20,0
COR (uC)	40,0	5000,0	200,0	10,0	160,0	20000,0	600,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	16,6	12200,0	70,9	1,0	42,8	19100,0	187,0	0,8
Tamborá								
experimento	3,0				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	25,7	25,6	25,7	25,8	27,2	27,2	27,3	27,1
pH	7,0	6,7	7,1	6,7	7,2	6,1	6,8	6,2
Condutividade Elétrica (µS/cm)	480,0	480,0	500,0	500,0	342,0	340,0	350,0	274,0
STD (mg/L)	201,0	201,0	209,0	210,0	144,0	143,0	146,0	117,0
COR (uC)	300,0	30000,0	400,0	5,0	200,0	40000,0	100,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	56,0	56000,0	3033,0	0,9	53,2	73200,0	3044,0	1,1

ETA								
Alto do Céu								
experimento	Stage#02				60oct#02			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	26,4	26,2	26,0	26,0	26,5	26,4	26,3	26,4
pH	5,9	6,0	5,8	4,8	5,7	5,5	5,6	5,2
Condutividade Elétrica (µS/cm)	46,5	185,7	79,2	72,2	66,7	71,8	92,3	175,0
STD (mg/L)	19,5	61,0	27,8	24,4	24,4	61,5	41,7	36,6
COR (uC)	65,0	23000,0	800,0	6,0	80,0	24000,0	1000,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	61,2	201300,0	433,0	2,7	48,9	161000,0	146,0	1,8
Baldape								
experimento	Stage#02				60oct#02			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	27,3	26,6	26,6	27,7	26,9	26,5	26,4	27,2
pH	6,7	6,6	6,5	6,1	7,0	6,2	6,5	5,2
Condutividade Elétrica (µS/cm)	129,1	179,0	122,0	122,5	110,2	176,2	123,0	116,0
STD (mg/L)	41,2	141,0	61,0	54,0	64,0	121,0	76,0	67,0
COR (uC)	240,0	23000,0	800,0	5,0	130,0	25000,0	900,0	2,5
TURBIDEZ (uT)	38,0	15700,0	570,0	0,6	29,5	35000,0	1225,0	0,6
Cava d'água								
experimento	Stage#02				60oct#02			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	26,2	26,6	26,3	25,9	25,8	26,0	25,3	26,0
pH	6,1	6,1	6,2	5,5	5,8	5,7	6,0	5,4
Condutividade Elétrica (µS/cm)	68,8	74,9	75,4	75,8	65,5	115,0	75,8	76,0
STD (mg/L)	29,0	31,5	32,0	32,0	27,0	48,0	33,0	32,0
COR (uC)	30,0	1000,0	475,0	7,5	25,0	18000,0	450,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	37,1	7015,0	508,0	1,2	24,2	10250,0	592,0	1,1
Gardão								
experimento	Stage#02				60oct#02			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	25,0	24,8	23,9	24,2	23,9	24,2	23,9	26,0
pH	5,2	6,4	5,4	4,7	5,6	6,7	6,7	6,7
Condutividade Elétrica (µS/cm)	61,9	1011,0	71,0	80,7	63,8	167,6	79,5	75,7
STD (mg/L)	26,0	425,0	30,0	34,0	27,0	60,0	31,2	29,0
COR (uC)	175,0	40000,0	1000,0	7,5	55,0	80000,0	600,0	2,5
TURBIDEZ (uT)	40,3	48750,0	735,0	4,4	7,2	3480,0	146,5	0,5
Saque								
experimento	Stage#02				60oct#02			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	25,3	24,7	24,0	24,2	25,0	25,0	24,9	25,0
pH	6,1	5,6	5,6	5,1	6,3	5,5	5,6	5,0
Condutividade Elétrica (µS/cm)	48,1	458,0	55,0	57,4	49,1	630,0	55,3	58,0
STD (mg/L)	20,0	188,6	22,0	28,0	22,0	305,0	30,0	30,0
COR (uC)	100,0	26000,0	500,0	10,0	130,0	28000,0	460,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	40,1	19562,0	162,0	0,9	42,0	19350,0	174,0	1,0
Tancará								
experimento	Stage#02				60oct#02			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	26,6	26,4	26,9	26,7	26,9	26,5	25,7	25,9
pH	7,1	6,4	6,6	5,3	7,1	6,2	6,8	6,7
Condutividade Elétrica (µS/cm)	411,0	410,0	380,5	361,0	376,5	375,0	411,0	388,0
STD (mg/L)	172,0	172,0	165,0	161,0	158,0	157,0	181,5	169,0
COR (uC)	250,0	35000,0	750,0	5,0	225,0	37500,0	37,5	5166,7
TURBIDEZ (uT)	54,5	64600,0	2780,0	0,8	53,0	68900,0	6,4	10669,7

ETA								
Alto do Céu								
experimento	T0001(02)				S0001(02)			
	amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro
temperatura (°C)	27,8	27,3	27,1	26,6	26,8	26,3	26,1	26,5
pH	5,7	5,5	5,6	4,5	5,7	5,6	5,5	5,2
Condutividade Elétrica (µS/cm)	56,6	128,7	85,7	123,6	61,6	100,2	89,0	149,3
STD (mg/L)	28,0	65,7	28,7	28,7	24,0	73,0	36,1	20,2
COR (uCl)	80,0	14000,0	840,0	5,0	50,0	19000,0	750,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	21,4	151000,0	298,0	1,0	20,0	166000,0	299,0	0,9
Baldape								
experimento	T0001(02)				S0001(02)			
	amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro
temperatura (°C)	27,6	27,0	26,9	25,9	27,2	26,4	26,7	27,0
pH	6,6	6,4	6,3	5,6	6,3	6,6	6,4	5,2
Condutividade Elétrica (µS/cm)	70,5	187,7	105,0	108,7	113,7	134,0	129,2	115,0
STD (mg/L)	60,0	97,0	86,0	57,0	83,0	129,0	69,0	75,0
COR (uCl)	36,0	40000,0	900,0	2,5	54,0	35000,0	800,0	2,5
TURBIDEZ (uT)	17,9	49000,0	735,0	1,1	19,3	34000,0	612,0	0,5
Cava d'água								
experimento	T0001(02)				S0001(02)			
	amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro
temperatura (°C)	26,0	26,1	26,1	26,0	26,1	26,3	25,9	27,0
pH	5,9	5,1	5,8	5,4	6,3	5,3	6,0	5,5
Condutividade Elétrica (µS/cm)	67,1	13,0	74,1	76,0	68,5	97,0	75,1	73,0
STD (mg/L)	28,0	43,0	31,2	32,0	28,0	41,0	32,0	30,0
COR (uCl)	15,0	1450,0	362,0	5,0	25,0	1400,0	429,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	20,4	9500,0	487,0	1,1	23,7	8922,0	529,0	1,0
Gardão								
experimento	T0001(02)				S0001(02)			
	amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro
temperatura (°C)	24,7	25,5	25,5	25,2	24,9	25,3	25,2	25,0
pH	6,3	6,7	5,2	5,8	6,3	6,2	5,4	5,0
Condutividade Elétrica (µS/cm)	62,5	11,5	345,0	76,1	11,2	71,7	121,0	80,2
STD (mg/L)	30,0	146,0	32,0	32,0	30,0	51,0	34,0	33,0
COR (uCl)	60,0	81000,0	1200,0	5,0	250,0	121800,0	1015,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	10,0	9100,0	140,0	0,4	55,1	29861,9	370,3	1,6
Saque								
experimento	T0001(02)				S0001(02)			
	amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro
temperatura (°C)	26,1	26,1	26,2	25,9	25,5	25,7	25,5	25,4
pH	6,4	5,7	5,6	5,3	6,1	6,1	5,5	5,1
Condutividade Elétrica (µS/cm)	48,1	318,0	57,0	53,5	48,5	220,0	60,0	55,0
STD (mg/L)	23,7	125,0	24,0	23,0	22,5	215,0	25,0	26,0
COR (uCl)	90,0	20100,0	550,0	7,5	100,0	25000,0	505,0	5,0
TURBIDEZ (uT)	25,8	19800,0	200,0	0,9	24,0	20000,0	187,0	1,0
Tangará								
experimento	T0001(02)				S0001(02)			
	amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro
temperatura (°C)	27,7	27,9	27,7	27,7	28,0	28,0	28,0	27,5
pH	7,1	6,7	7,1	6,8	6,9	6,5	6,6	6,3
Condutividade Elétrica (µS/cm)	701,0	421,0	395,0	396,0	383,0	595,0	375,0	388,0
STD (mg/L)	165,0	177,0	166,0	166,0	161,0	248,0	158,0	163,0
COR (uCl)	150,0	34000,0	3476,3	14285,0	180,0	53750,0	2585,8	225,0
TURBIDEZ (uT)	36,0	67000,0	8002,5	26391,5	44,5	98500,0	5335,3	53,0

ETA								
Alto do Céu								
experimento	9/des/02				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	26,3	26,1	26,1	26,0	26,6	26,4	26,2	26,3
pH	5,5	6,0	5,7	4,9	5,5	5,8	5,6	5,4
Condutividade Elétrica (µS/cm)	61,3	121,6	86,5	130,0	93,8	166,7	124,6	84,5
STD (mg/L)	21,6	51,2	30,4	35,5	39,9	38,9	45,5	41,8
COR (uC)	55,0	17000,0	400,0	5,0	4613,8	4843,9	4131,9	6085,0
TURBIDEZ (uT)	30,7	168375,0	320,2	1,1	40,6	168400,0	333,0	1,8
Bordado								
experimento	9/des/02				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	26,5	26,3	26,1	26,0	26,7	26,8	26,4	26,9
pH	6,2	5,6	5,3	3,7	6,5	6,3	6,2	5,4
Condutividade Elétrica (µS/cm)	100,6	165,1	114,9	170,2	105,3	171,5	120,8	121,1
STD (mg/L)	42,0	69,0	48,0	72,0	50,6	125,0	65,0	69,1
COR (uC)	136,0	34000,0	600,0	2,5	178,0	36000,0	1400,0	3,6
TURBIDEZ (uT)	16,7	52000,0	857,0	0,8	36,3	54843,3	627,0	0,7
Caba d'água								
experimento	9/des/02				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	26,4	27,0	26,8	26,5	25,9	26,0	26,0	26,0
pH	5,6	6,2	6,2	5,1	5,6	5,8	5,7	5,8
Condutividade Elétrica (µS/cm)	76,0	79,9	69,3	69,0	71,5	74,8	87,9	78,0
STD (mg/L)	32,0	33,5	29,5	31,0	35,0	31,6	36,8	32,8
COR (uC)	25,0	1300,0	389,5	5,0	478,8	371,7	606,8	418,8
TURBIDEZ (uT)	23,7	9071,0	551,0	1,1	2445,8	1867,9	3680,7	2325,7
Cajupá								
experimento	9/des/02				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	27,2	27,4	27,3	27,3	24,9	25,2	24,3	24,9
pH	6,5	4,8	6,0	5,2	5,8	5,7	5,7	5,6
Condutividade Elétrica (µS/cm)	71,0	79,9	320,2	120,7	83,8	112,6	144,2	205,3
STD (mg/L)	31,2	30,4	50,3	59,5	56,2	36,4	50,3	89,7
COR (uC)	164,5	6132,1	18712,9	29211,4	2580,6	6432,1	18712,9	64033,9
TURBIDEZ (uT)	5694,6	1066,3	9029,8	1,2	5094,6	1066,3	9029,8	6722,0
Saque								
experimento	9/des/02				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	27,5	27,3	27,2	27,3	24,9	25,4	24,7	24,9
pH	6,3	6,0	6,1	4,6	5,9	5,8	5,9	5,7
Condutividade Elétrica (µS/cm)	61,7	91,2	68,5	72,6	108,6	61,6	139,9	177,2
STD (mg/L)	27,0	38,0	29,0	30,0	41,0	26,6	38,8	79,1
COR (uC)	500,0	22100,0	527,0	5,0	5829,4	5421,3	4596,2	6050,0
TURBIDEZ (uT)	30,1	19900,0	192,5	0,9	3021,6	6168,7	3995,8	4904,0
Tamaritá								
experimento	9/des/02				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
temperatura (°C)	27,7	27,0	27,6	28,0	26,8	26,6	26,8	26,9
pH	7,0	6,5	6,6	5,9	6,7	6,7	6,7	6,6
Condutividade Elétrica (µS/cm)	283,0	702,0	381,0	595,0	395,8	384,6	387,3	415,6
STD (mg/L)	162,0	164,0	161,5	161,0	176,7	165,6	166,2	165,4
COR (uC)	195,0	45000,0	7260,0	180,0	11351,6	9016,7	11656,9	9189,4
TURBIDEZ (uT)	41,0	83000,0	1322,3	44,5	21043,0	17439,7	21453,0	17462,8

Experimento 1

HORA	AMOSTRA	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO
09:00	1	17,5	15,6	6,0	17,5	15,2	6,0	20,0	15,1	6,0	18,3	15,3	6,0
09:30	2	17,5	15,4	6,0	17,5	14,8	5,5	20,0	14,8	5,6	18,3	15,0	5,7
10:00	3	17,5	15,4	5,8	17,5	13,9	5,0	20,0	14,3	5,5	18,3	14,5	5,4
10:30	4	17,5	15,1	5,3	17,5	13,2	4,9	20,0	13,5	5,0	18,3	13,9	5,1
11:00	5	17,5	15,0	4,9	17,5	12,6	4,5	20,0	12,2	4,9	18,3	13,3	4,8
11:30	6	17,5	14,3	4,5	17,5	11,8	4,2	20,0	11,9	4,5	18,3	12,7	4,4
12:00	7	17,5	13,4	4,5	17,5	11,5	4,0	20,0	11,3	4,5	18,3	12,1	4,3
12:30	8	17,5	12,9	4,0	17,5	11,0	4,0	20,0	11,0	4,2	18,3	11,6	4,1

Experimento 2

HORA	AMOSTRA	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO
09:00	1	2,5	4,9	3,0	2,5	3,8	3,0	2,5	1,6	3,0	2,5	3,4	3,0
09:30	2	2,5	4,5	3,0	2,5	3,5	3,0	2,5	1,8	3,0	2,5	3,3	3,0
10:00	3	2,5	4,6	3,0	2,5	3,5	2,0	2,5	1,9	3,0	2,5	3,3	2,7
10:30	4	2,5	3,7	2,5	2,5	3,2	2,0	2,5	1,6	2,0	2,5	2,8	2,2
11:00	5	2,5	2,9	1,0	2,5	2,7	1,9	2,5	1,5	2,0	2,5	2,4	1,6
11:30	6	2,5	2,9	1,0	2,5	2,2	1,5	2,5	1,5	2,0	2,5	2,2	1,5
12:00	7	2,5	2,5	1,0	2,5	1,9	1,0	2,5	1,4	2,0	2,5	1,9	1,3
12:30	8	2,5	2,1	0,8	2,5	1,7	1,0	2,5	1,4	2,0	2,5	1,7	1,3
13:00	9	2,5	1,5	0,4	2,5	1,7	0,8	2,5	1,4	1,0	2,5	1,5	0,7

Experimento 3

HORA	AMOSTRA	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO
09:00	1	0,0	1,6	3,6	0,0	1,8	3,6	0,0	1,4	3,6	0,0	1,6	3,6
09:30	2	0,0	1,9	1,8	0,0	2,4	1,8	0,0	2,1	1,8	0,0	2,1	1,8
10:00	3	0,0	1,9	1,2	0,0	1,6	1,8	0,0	1,3	1,8	0,0	1,6	1,6
10:30	4	0,0	1,9	1,2	0,0	1,6	1,8	0,0	1,3	1,8	0,0	1,6	1,6
11:00	5	0,0	1,5	1,2	0,0	1,5	1,8	0,0	1,3	1,8	0,0	1,4	1,6
11:30	7	0,0	1,3	1,2	0,0	1,5	1,8	0,0	1,3	1,8	0,0	1,4	1,6
12:00	8	0,0	1,3	1,2	0,0	1,5	1,8	0,0	1,3	1,5	0,0	1,4	1,5
12:30	9	0,0	1,3	1,1	0,0	1,5	1,5	0,0	1,3	1,5	0,0	1,4	1,4
13:00	10	0,0	1,3	1,1	0,0	1,5	1,2	0,0	1,3	1,4	0,0	1,4	1,2

Experimento 4

HORA	AMOSTRA	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO	COR	TURBIDEZ	CLORO
09:00	1	0,0	1,6	3,6	0,0	1,8	3,6	0,0	1,4	3,6	0,0	1,6	3,6
09:30	2	0,0	1,9	1,8	0,0	2,4	1,8	0,0	2,1	1,8	0,0	2,1	1,8
10:00	3	0,0	1,9	1,2	0,0	1,6	1,8	0,0	1,3	1,8	0,0	1,6	1,6
10:30	4	0,0	1,9	1,2	0,0	1,6	1,8	0,0	1,3	1,8	0,0	1,6	1,6
11:00	5	0,0	1,5	1,2	0,0	1,5	1,8	0,0	1,3	1,8	0,0	1,4	1,6
11:30	7	0,0	1,3	1,2	0,0	1,5	1,8	0,0	1,3	1,8	0,0	1,4	1,6
12:00	8	0,0	1,3	1,2	0,0	1,5	1,8	0,0	1,3	1,5	0,0	1,4	1,5
12:30	9	0,0	1,3	1,1	0,0	1,5	1,5	0,0	1,3	1,5	0,0	1,4	1,4
13:00	10	0,0	1,3	1,1	0,0	1,5	1,2	0,0	1,3	1,4	0,0	1,4	1,2

pH

	coleta 1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5	coleta 6	coleta 7	coleta 8	coleta 9	média
P1	6,0	7,7	6,5	6,6	4,1	5,3	6,2	5,3	6,8	6,1
P2	5,3	6,0	4,8	5,9	4,1	5,8	5,2	5,8	5,7	5,4
P3	5,4	6,5	4,9	5,8	4,1	5,8	5,0	5,8	5,6	5,4
P4	7,9	5,7	4,6	5,9	4,1	5,6	5,8	5,6	6,1	5,3
P5	5,5	6,3	5,0	5,6	4,1	5,2	4,5	5,6	5,6	5,3
P6	5,4	5,1	4,0	5,2	4,0	5,6	4,5	5,2	5,4	4,9
P7	5,4	5,9	4,4	5,2	3,8	5,6	4,0	5,6	5,1	4,9
P8	5,2	5,6	4,2	4,9	3,8	5,0	4,0	5,0	5,1	4,8

Cor

	coleta 1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5	coleta 6	coleta 7	coleta 8	coleta 9	média
P1	40,0	50,0	60,0	150,0	5,0	40,0	100,0	30,0	40,0	57,2
P2	5,0	0,0	5,0	5,0	5,0	0,0	5,0	10,0	0,0	3,9
P3	5,0	2,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,7
P4	5,0	2,5	10,0	10,0	5,0	5,0	10,0	10,0	5,0	6,9
P5	5,0	2,5	10,0	10,0	5,0	10,0	10,0	10,0	5,0	7,5
P6	30,0	10,0	15,0	10,0	70,0	20,0	20,0	10,0	10,0	21,7
P7	30,0	25,0	7,5	15,0	30,0	5,0	20,0	10,0	20,0	18,1
P8	30,0	5,0	5,0	5,0	10,0	5,0	25,0	5,0	5,0	10,6

turbidez

	coleta 1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5	coleta 6	coleta 7	coleta 8	coleta 9	média
P1	5,1	10,0	9,4	31,8	3,1	5,3	19,8	10,5	5,3	11,1
P2	0,7	0,0	0,6	2,4	2,7	0,3	2,9	4,0	0,3	1,5
P3	0,8	0,0	0,7	1,5	1,6	0,5	1,1	1,2	0,5	0,9
P4	0,9	0,0	1,1	4,4	3,0	0,7	1,8	2,9	0,7	1,7
P5	1,5	0,0	1,5	2,6	3,0	1,7	2,2	3,8	0,9	1,9
P6	3,8	0,5	1,9	3,9	17,0	1,7	3,6	2,1	1,7	4,0
P7	4,6	7,7	2,2	2,1	13,5	1,7	4,2	2,0	1,9	4,4
P8	2,8	0,6	0,9	0,6	3,9	1,8	3,8	1,8	1,7	2,0

condutividade

	coleta 1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5	coleta 6	coleta 7	coleta 8	coleta 9	média
P1	83,5	70,0	69,7	78,8	82,4	75,6	75,8	68,5	78,9	75,9
P2	78,7	82,7	82,1	80,6	90,3	79,8	90,2	75,5	80,4	82,3
P3	79,0	77,5	82,5	81,2	89,7	82,3	90,8	74,6	82,4	82,2
P4	121,3	75,9	76,1	102,4	134,0	98,9	104,3	110,7	97,8	102,4
P5	77,9	77,5	75,5	87,7	85,9	95,7	101,4	106,7	89,7	88,7
P6	79,1	87,7	77,4	82,6	81,5	95,2	79,8	98,9	85,7	85,3
P7	79,3	78,7	73,4	84,6	79,8	92,6	85,4	96,7	85,5	84,0
P8	79,6	84,7	73,8	79,8	82,7	95,4	80,3	97,8	84,1	84,2

cloro

	coleta 1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5	coleta 6	coleta 7	coleta 8	coleta 9	média
P1	20,0	15,0	15,0	30,0	20,0	20,0	20,0	20,0	25,0	20,6
P2	35,0	17,5	15,0	30,0	24,4	25,0	24,5	25,0	25,0	24,6
P3	20,0	12,5	20,0	30,0	20,6	25,0	21,4	25,0	30,0	22,7
P4	15,0	20,0	15,0	25,0	18,8	25,0	19,8	25,0	30,0	21,5
P5	15,0	12,5	15,0	25,0	16,9	25,0	18,2	25,0	30,0	20,3
P6	20,0	15,0	15,0	30,0	20,0	30,0	21,7	25,0	30,0	23,0
P7	25,0	15,0	17,5	35,0	23,1	30,0	24,3	30,0	40,0	26,7
P8	25,0	20,0	17,5	35,0	24,4	30,0	25,3	30,0	40,0	27,5

DQO

	coleta 1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5	coleta 6	coleta 7	coleta 8	coleta 9	média
P1	202,0	1171,6	213,8	529,1	365,6	496,4	692,7	524,4	363,2	506,5
P2	0,0	448,1	69,4	172,5	86,3	155,3	258,8	170,0	85,0	160,6
P3	0,0	504,3	70,3	329,7	164,9	213,8	437,5	245,8	122,9	232,1
P4	213,5	536,4	79,4	276,4	245,0	270,1	307,9	275,5	244,5	272,1
P5	217,2	501,1	87,7	268,7	242,9	263,5	294,4	267,9	242,6	265,1
P6	202,0	553,7	97,8	284,5	243,3	276,3	325,8	283,3	252,0	279,8
P7	196,6	657,4	319,6	391,2	293,9	371,7	488,5	388,4	292,5	377,8
P8	174,1	954,8	320,4	483,1	328,6	382,0	587,0	412,7	293,4	437,3

sólidos totais

	coleta 1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5	coleta 6	coleta 7	coleta 8	coleta 9	média
P1	152,5	123,5	62	71,5	102,4	112,7	89,8	138	113,9	107,4
P2	78	104	74	136,5	98,1	85,3	103,2	91	97,1	96,4
P3	98,5	137,5	80	84,5	100,1	105,3	100,5	118	109,3	103,8
P4	87,2	152,5	80	79,5	99,8	106,6	103	119,85	111,4	104,4
P5	146,5	103,5	75	124,5	112,4	108,3	103,8	125	114,4	112,6
P6	108,5	150,5	78	480,5	204,4	112,3	228,3	129,5	178,9	185,7
P7	20	115	79	80,5	73,6	71,3	87	67,5	77,3	74,6
P8	78	161	77	74	97,5	105,3	102,4	119,5	110,9	102,8

Ferro

	coleta 1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5	coleta 6	coleta 7	coleta 8	coleta 9	média
P1	2,9	0,5	1,7	3,5	2,1	2,2	2,2	0,8	2,2	2,0
P2	0,9	0,2	0,6	0,8	0,6	1,1	0,7	0,4	0,5	0,7
P3	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	1,2	1,0	0,6	0,6	0,9
P4	1,1	0,5	0,8	0,8	0,8	3,6	1,2	0,6	0,8	1,1
P5	1,4	2,2	1,8	1,5	1,7	4,8	2,2	1,0	1,3	2,0
P6	1,9	1,7	1,8	1,7	1,8	2,8	1,9	0,5	1,3	1,7
P7	2,5	2,9	2,7	2,2	2,6	7,7	3,4	1,4	2,4	3,1
P8	2,5	3,4	2,9	2,7	2,9	7,6	3,6	1,0	3,0	3,3

ETA		Alto do Céu						
experimento	1(mar/2002)			água tratada	2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	99,1	100,0	ND	ND	87,0	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	97,0	902,3	474,3	35,5	103,5	139069,0	792,3	83,5
sólidos totais fixos (mg/L)	43,5	665,7	286,0	19,5	82,0	106611,5	207,7	55,0
sólidos totais voláteis (mg/L)	53,5	236,7	188,3	16,0	21,5	32457,5	584,0	28,5
sólidos suspensos (mg/L)	3,7	857,9	303,0	3,3	61,3	8000,0	204,0	8,7
sólidos suspensos fixos (mg/L)	1,3	651,0	210,0	1,7	22,0	4177,8	117,3	3,3
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	2,3	206,9	93,0	1,7	39,3	3822,2	86,7	5,3
ETA		Botafogo						
experimento	1(mar/2002)			água tratada	2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	98,6	99,7	ND	ND	96,7	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	502,3	14710,3	910,7	134,3	197,7	37827,0	780,5	146,7
sólidos totais fixos (mg/L)	122,0	9879,0	608,0	42,3	137,0	28781,5	564,5	95,5
sólidos totais voláteis (mg/L)	380,0	4831,3	302,7	92,0	60,7	9045,5	216,0	51,0
sólidos suspensos (mg/L)	14,3	14188,3	581,0	12,0	114,7	28866,7	980,0	82,2
sólidos suspensos fixos (mg/L)	8,0	9867,3	346,0	5,3	66,7	22800,0	593,3	29,3
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	6,3	4321,0	235,0	6,7	48,0	6066,7	386,7	52,9
ETA		Caixa d'água						
experimento	1(mar/2003)			água tratada	2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	92,7	99,9	ND	ND	99,9	99,6	ND
sólidos totais (mg/L)	94,5	57631,0	593,0	124,0	60,5	6740,0	344,5	124,0
sólidos totais fixos (mg/L)	30,3	44675,5	371,0	80,0	32,3	5893,0	274,4	80,0
sólidos totais voláteis (mg/L)	64,5	1295,5	222,3	53,0	14,5	847,0	70,1	44,0
sólidos suspensos (mg/L)	8,0	17000,0	924,6	3,0	176,0	10933,3	1133,3	90,6
sólidos suspensos fixos (mg/L)	8,0	10670,0	721,7	1,0	32,0	8966,6	1063,3	41,3
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	0,0	6330,0	202,9	2,0	144,0	1966,7	70,0	49,3

ETA		Gurjá						
experimento	1(mar/2002)			água tratada	2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro		água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	99,8	99,9	ND	ND	84,9	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	121,0	201430,0	306,7	78,0	264,0	153310,7	659,7	56,0
sólidos totais fixos (mg/L)	82,0	136400,0	181,0	51,0	245,3	131094,3	516,7	31,5
sólidos totais voláteis (mg/L)	39,0	65030,0	125,7	27,0	18,7	22216,4	143,0	24,5
sólidos suspensos (mg/L)	64,0	1470,0	231,3	46,3	70,7	4366,7	1643,3	40,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	47,7	867,3	180,0	36,3	18,7	3926,7	1266,7	13,3
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	16,3	602,7	51,3	10,0	52,0	440,0	376,6	26,7

ETA		Suape						
experimento	1(mar/2002)			água tratada	2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro		água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	99,5	99,9	ND	ND	98,8	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	128,7	26338,7	567,3	99,0	132,5	34160,0	642,0	61,0
sólidos totais fixos (mg/L)	73,3	19192,0	366,3	75,3	47,5	26410,0	449,0	42,5
sólidos totais voláteis (mg/L)	55,3	7146,3	201,0	23,7	85,0	7750,0	193,0	18,5
sólidos suspensos (mg/L)	13,3	23263,7	540,7	23,7	48,0	1926,7	770,0	18,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	9,7	20235,3	333,3	16,7	10,7	1233,3	550,0	12,0
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	3,6	3028,4	207,4	7,0	37,3	693,4	220,0	6,0

ETA		Tapacurá						
experimento	1(mar/2002)			água tratada	2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro		água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	99,5	99,9	ND	ND	99,2	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	269,7	47177,0	737,0	218,0	242,3	75490,0	703,0	205,5
sólidos totais fixos (mg/L)	191,0	29477,0	467,7	144,3	181,0	45283,0	488,3	176,0
sólidos totais voláteis (mg/L)	78,7	17700,0	269,3	73,7	61,3	30207,0	214,7	29,5
sólidos suspensos (mg/L)	19,3	4658,3	479,3	9,7	12,0	3266,7	490,0	22,7
sólidos suspensos fixos (mg/L)	8,3	2821,3	297,7	5,0	6,0	2200,0	320,0	8,0
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	11,0	1837,0	181,6	4,7	6,0	1066,7	170,0	14,7

ETA		Alto do Céu						
experimento	3(mai/2002)			água tratada	4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	99,9	100,0	ND	ND	87,0	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	130,3	3268,7	576,0	103,7	76,0	186267,0	684,2	77,0
sólidos totais fixos (mg/L)	78,3	2511,0	250,7	64,0	22,0	151229,5	229,2	17,0
sólidos totais voláteis (mg/L)	52,0	757,7	325,3	39,7	54,0	35037,5	455,0	60,0
sólidos suspensos (mg/L)	16,7	56044,4	253,5	54,7	58,0	22022,2	228,7	12,7
sólidos suspensos fixos (mg/L)	8,7	27600,0	163,7	46,7	34,3	15888,9	140,5	6,0
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	8,0	8444,4	89,8	8,0	23,6	6133,3	88,2	6,7
ETA		Botafogo						
experimento	3(mai/2002)			água tratada	4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	92,4	99,9	ND	ND	99,4	99,8	ND
sólidos totais (mg/L)	117,7	81716,7	571,7	107,0	303,5	5942,0	769,0	92,0
sólidos totais fixos (mg/L)	93,5	62977,7	362,7	82,3	64,5	3775,0	572,3	32,0
sólidos totais voláteis (mg/L)	24,2	18739,9	209,0	25,3	239,0	2167,0	169,7	60,0
sólidos suspensos (mg/L)	58,7	60444,4	340,0	28,0	39,0	17573,3	219,0	21,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	29,3	48111,1	284,0	8,0	10,0	10480,0	127,3	4,0
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	29,4	12333,3	56,0	20,0	29,0	7093,3	91,7	17,0
ETA		Caixa d'água						
experimento	3(mai/2002)			água tratada	4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	93,2	99,9	ND	ND	99,5	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	237,5	71025,5	366,0	98,5	66,0	1300,0	345,0	72,5
sólidos totais fixos (mg/L)	203,0	56821,0	221,0	42,7	22,0	1140,0	222,5	43,5
sólidos totais voláteis (mg/L)	34,5	14204,5	145,0	55,8	44,0	160,0	122,5	29,0
sólidos suspensos (mg/L)	28,0	98488,9	588,0	30,7	61,0	4530,0	231,0	2,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	19,0	78133,3	480,0	10,7	24,0	26,7	148,9	0,0
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	9,0	20355,6	108,0	20,0	37,0	4503,3	82,1	2,0

ETA		Gurjá						
experimento	3(mai/2002)			água tratada	4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	59,8	99,9	ND	ND	73,5	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	260,0	208032,0	751,3	89,7	177,0	244277,0	607,5	123,0
sólidos totais fixos (mg/L)	92,0	167827,0	535,0	52,7	99,0	229279,0	416,0	72,0
sólidos totais voláteis (mg/L)	168,0	40205,0	216,3	37,0	78,0	14998,0	191,5	51,0
sólidos suspensos (mg/L)	36,0	16906,7	1493,3	26,7	27,0	199200,0	30,0	3,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	29,0	13182,2	1093,3	15,3	6,0	168933,3	19,9	0,0
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	7,0	3724,5	400,0	11,4	21,0	30266,7	10,1	3,0
ETA		Suape						
experimento	3(mai/2002)			água tratada	4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	91,3	99,9	ND	ND	98,9	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	123,0	71140,0	459,0	77,0	179,0	88990,0	490,5	172,5
sólidos totais fixos (mg/L)	27,5	64060,0	324,3	60,3	18,0	68243,5	409,0	164,0
sólidos totais voláteis (mg/L)	95,5	7080,0	134,7	16,7	161,0	20746,5	81,5	8,5
sólidos suspensos (mg/L)	27,0	42000,0	478,7	7,0	29,0	10433,3	682,1	8,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	20,0	28666,7	286,7	2,0	16,0	7466,6	56,0	8,0
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	7,0	13333,3	192,0	5,0	13,0	2966,7	626,1	0,0
ETA		Tapacurá						
experimento	3(mai/2002)			água tratada	4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	98,7	99,1	ND	ND	98,7	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	437,3	13336,0	1414,7	371,0	296,0	12863,7	979,0	239,3
sólidos totais fixos (mg/L)	270,3	9731,0	729,3	170,3	250,5	9338,7	631,3	214,7
sólidos totais voláteis (mg/L)	167,0	3605,0	685,4	200,7	45,5	3525,0	347,7	24,6
sólidos suspensos (mg/L)	20,7	10377,8	854,7	15,3	11,0	11900,0	726,7	9,3
sólidos suspensos fixos (mg/L)	4,7	4897,0	621,3	10,0	6,0	7700,0	473,3	2,7
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	16,0	5480,8	233,4	5,3	5,0	4200,0	253,4	6,6

ETA		Alto do Céu						
experimento	5(jul/2002)			água tratada	6(set/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	93,5	98,9	ND	ND	90,2	99,4	ND
sólidos totais (mg/L)	110,3	47746,7	614,2	74,2	101,1	63479,3	578,2	72,1
sólidos totais fixos (mg/L)	67,9	36596,1	248,1	46,2	47,9	51468,7	255,3	33,5
sólidos totais voláteis (mg/L)	42,3	11150,6	365,9	28,1	53,2	12010,6	322,9	38,6
sólidos suspensos (mg/L)	27,2	14967,4	253,5	22,2	26,1	19641,5	261,7	23,6
sólidos suspensos fixos (mg/L)	10,7	10809,6	163,7	17,2	14,8	14713,3	171,4	18,1
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	16,5	4157,8	89,8	5,0	11,3	4928,2	90,3	5,5
ETA		Botafogo						
experimento	5(jul/2002)			água tratada	6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	96,2	98,7	ND	ND	97,8	99,3	ND
sólidos totais (mg/L)	272,6	44751,3	754,3	129,3	307,8	34123,0	750,5	111,1
sólidos totais fixos (mg/L)	117,5	33879,4	511,7	73,4	93,3	25543,9	514,3	52,2
sólidos totais voláteis (mg/L)	155,0	10872,2	242,6	56,1	214,4	8579,4	227,1	59,1
sólidos suspensos (mg/L)	62,6	34499,8	633,7	40,7	37,3	30735,3	380,0	20,3
sólidos suspensos fixos (mg/L)	34,7	26926,1	407,8	14,2	15,8	22819,5	252,4	5,8
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	27,9	7573,7	225,9	26,5	21,6	7915,9	127,6	14,6
ETA		Caixa d'água						
experimento	5(jul/2002)			água tratada	6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	96,6	98,9	ND	ND	98,0	99,4	ND
sólidos totais (mg/L)	130,8	45132,2	434,5	115,5	132,7	43318,8	434,7	98,3
sólidos totais fixos (mg/L)	88,5	35796,5	356,0	67,6	85,1	34212,2	271,5	55,4
sólidos totais voláteis (mg/L)	37,8	5449,0	78,5	50,9	47,7	5220,0	163,2	45,9
sólidos suspensos (mg/L)	70,7	42140,7	882,0	41,4	32,3	40006,3	581,2	11,9
sólidos suspensos fixos (mg/L)	19,7	32590,0	755,0	17,7	17,0	29610,0	450,2	3,9
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	51,0	9550,8	127,0	23,8	15,3	10396,3	131,0	8,0

ETA		Gurjá						
experimento	5(jul/2002)			água tratada	6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	79,9	99,8	ND	ND	76,7	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	215,0	187590,9	572,6	74,6	186,0	217913,0	555,2	96,9
sólidos totais fixos (mg/L)	139,8	145107,1	410,9	45,1	91,0	177835,3	377,3	58,6
sólidos totais voláteis (mg/L)	75,2	42483,8	161,7	29,5	95,0	40077,7	177,8	38,3
sólidos suspensos (mg/L)	56,9	7581,1	1122,6	37,7	42,3	72525,6	584,9	25,3
sólidos suspensos fixos (mg/L)	31,8	5992,1	846,7	21,6	27,6	60994,3	431,1	17,2
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	25,1	1589,1	276,0	16,0	14,8	11531,3	153,8	8,1
ETA		Suape						
experimento	5(jul/2002)			água tratada	6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	95,6	99,8	ND	ND	97,3	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	128,1	43879,6	556,1	79,0	143,6	62156,2	505,6	116,2
sólidos totais fixos (mg/L)	49,4	36554,0	379,9	59,4	39,6	50498,5	366,5	99,9
sólidos totais voláteis (mg/L)	78,6	7325,4	176,2	19,6	103,9	11657,6	139,1	16,3
sólidos suspensos (mg/L)	29,4	22396,8	596,5	16,2	23,1	25232,3	567,2	12,9
sólidos suspensos fixos (mg/L)	13,5	16711,8	390,0	10,2	15,2	18789,5	225,3	8,9
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	16,0	5685,0	206,5	6,0	7,9	6442,8	341,8	4,0
ETA		Tapacurá						
experimento	5(jul/2002)			água tratada	6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	98,9	99,8	ND	ND	98,8	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	316,4	45334,3	951,6	264,8	334,3	24458,9	1043,6	276,1
sólidos totais fixos (mg/L)	214,1	28163,7	561,8	163,5	237,3	16182,2	609,4	176,4
sólidos totais voláteis (mg/L)	102,3	17170,7	389,8	101,3	97,1	8276,7	434,1	99,7
sólidos suspensos (mg/L)	17,3	6100,9	608,0	15,9	17,0	8978,7	686,9	11,4
sólidos suspensos fixos (mg/L)	6,3	3306,1	413,0	7,7	6,3	5139,4	464,1	5,9
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	11,0	2794,8	195,0	8,2	10,7	3839,3	222,8	5,5

ETA		Alto do Céu						
experimento	7(out/02)			água tratada	8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	92,8	99,7	ND	ND	91,5	99,6	ND
sólidos totais (mg/L)	99,1	32190,8	526,2	53,8	89,8	162668,0	738,3	80,3
sólidos totais fixos (mg/L)	45,7	26067,2	270,7	26,5	52,0	128920,5	218,5	36,0
sólidos totais voláteis (mg/L)	53,3	6123,7	255,6	27,3	37,8	33747,5	519,5	44,3
sólidos suspensos (mg/L)	14,9	10249,7	282,4	13,5	59,7	15011,1	216,4	10,7
sólidos suspensos fixos (mg/L)	8,1	7682,1	190,7	9,9	28,2	10033,4	128,9	4,7
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	6,8	2567,6	91,7	3,6	31,5	4977,8	87,5	6,0
ETA		Botafogo						
experimento	7(out/02)			água tratada	8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	96,8	99,5	ND	ND	97,3	99,4	ND
sólidos totais (mg/L)	405,1	24416,7	830,6	122,7	250,6	21884,5	774,8	119,4
sólidos totais fixos (mg/L)	107,7	17711,5	561,2	47,3	100,8	16278,3	568,4	63,8
sólidos totais voláteis (mg/L)	297,2	6705,4	264,9	75,6	149,9	5606,3	192,9	55,5
sólidos suspensos (mg/L)	25,8	22461,8	480,5	16,2	76,9	23220,0	599,5	51,6
sólidos suspensos fixos (mg/L)	11,9	16343,4	299,2	5,5	38,4	16640,0	360,3	16,7
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	13,9	6118,4	181,3	10,6	38,5	6580,0	239,2	35,0
ETA		Caixa d'água						
experimento	7(out/02)			água tratada	8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	96,6	99,6	ND	ND	97,3	99,5	ND
sólidos totais (mg/L)	113,6	50474,9	513,8	111,2	63,3	40200,0	344,8	98,3
sólidos totais fixos (mg/L)	57,7	39443,8	321,3	67,7	27,2	3516,5	248,5	61,8
sólidos totais voláteis (mg/L)	56,1	3257,8	192,5	49,5	29,3	503,5	96,3	36,5
sólidos suspensos (mg/L)	20,2	28503,2	752,9	7,5	118,5	7731,7	682,2	46,3
sólidos suspensos fixos (mg/L)	12,5	20140,0	586,0	2,5	28,0	4496,7	606,1	20,7
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	7,7	8363,2	167,0	5,0	90,5	3235,0	76,1	25,7

ETA		Gurjá						
experimento	7(out/02)			água tratada	8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	78,3	99,8	ND	ND	77,5	99,8	ND
sólidos totais (mg/L)	153,5	209671,5	430,9	87,5	220,5	198793,9	633,6	89,5
sólidos totais fixos (mg/L)	86,5	157117,7	279,2	54,8	172,2	180186,7	466,4	51,8
sólidos totais voláteis (mg/L)	67,0	52553,8	151,8	32,7	48,4	18607,2	167,3	37,8
sólidos suspensos (mg/L)	53,2	36997,8	408,1	35,8	48,9	101783,4	836,7	21,5
sólidos suspensos fixos (mg/L)	37,6	30930,8	305,5	26,8	12,4	86430,0	643,3	6,7
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	15,5	6067,0	102,6	9,1	36,5	15353,4	193,4	14,9
ETA		Tapacurá						
experimento	7(out/02)			água tratada	8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	96,4	99,8	ND	ND	96,8	99,8	ND
sólidos totais (mg/L)	136,1	44247,5	536,5	107,6	155,8	61575,0	566,3	116,8
sólidos totais fixos (mg/L)	86,5	34845,3	366,4	87,6	32,8	47326,8	429,0	103,3
sólidos totais voláteis (mg/L)	79,6	9402,0	170,0	20,0	123,0	14248,3	137,3	13,5
sólidos suspensos (mg/L)	18,2	24248,0	553,9	18,3	38,5	6180,0	726,1	13,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	12,5	19512,4	279,3	12,8	13,4	4350,0	303,0	10,0
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	5,7	4735,6	274,6	5,5	25,2	1830,1	423,1	3,0
ETA		Tapacurá						
experimento	7(out/02)			água tratada	8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	98,9	99,8	ND	ND	98,8	99,8	ND
sólidos totais (mg/L)	302,0	35818,0	890,3	247,1	269,2	44176,9	841,0	222,4
sólidos totais fixos (mg/L)	214,1	22829,6	538,6	160,4	215,8	27310,9	559,8	195,4
sólidos totais voláteis (mg/L)	87,9	12988,3	351,7	86,7	53,4	16866,0	281,2	27,1
sólidos suspensos (mg/L)	18,2	6818,5	583,1	10,6	11,5	7583,4	608,4	16,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	7,3	3980,4	380,9	5,5	6,0	4950,0	396,7	5,4
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	10,8	2838,1	202,2	5,1	5,5	2633,4	211,7	10,7

ETA		Alto do Céu						
experimento	9(dez)02			média				
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	91,5	96,9	ND	ND	92,5	99,4	ND
sólidos totais (mg/L)	100,2	58910,4	592,8	61,2	100,8	77166,9	619,6	71,2
sólidos totais fixos (mg/L)	54,8	46203,3	254,9	33,6	54,9	61141,5	246,8	36,8
sólidos totais voláteis (mg/L)	45,4	12707,1	337,7	27,6	45,9	16025,4	372,7	34,4
sólidos suspensos (mg/L)	26,5	9687,3	262,8	12,3	32,7	15164,6	251,8	18,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	11,5	6806,0	172,4	8,2	15,5	10929,1	162,1	12,9
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	14,9	2881,2	90,4	4,0	17,1	4235,5	89,7	5,1
ETA		Botafogo						
experimento	9(dez)02			média				
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	97,3	98,7	ND	ND	96,9	99,4	ND
sólidos totais (mg/L)	353,2	27769,2	818,1	128,7	301,2	32571,2	773,3	121,2
sólidos totais fixos (mg/L)	115,0	20479,0	562,0	59,3	105,7	24367,2	536,1	60,9
sólidos totais voláteis (mg/L)	238,1	7290,4	252,7	69,4	195,4	8204,1	230,8	60,4
sólidos suspensos (mg/L)	48,0	24063,0	605,4	32,7	53,0	28450,3	535,4	33,9
sólidos suspensos fixos (mg/L)	25,6	17957,5	372,7	11,5	26,7	21327,2	338,1	11,1
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	22,5	6105,5	232,6	21,2	26,3	7123,1	197,3	22,7
ETA		Caixa d'água						
experimento	9(dez)02			média				
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	97,3	98,8	ND	ND	96,8	99,5	ND
sólidos totais (mg/L)	100,3	39541,2	471,5	114,4	111,0	31932,1	414,5	96,3
sólidos totais fixos (mg/L)	51,4	31056,1	309,5	70,8	66,4	23126,2	360,8	55,9
sólidos totais voláteis (mg/L)	45,7	2655,1	162,0	48,1	41,6	5134,5	53,7	35,2
sólidos suspensos (mg/L)	59,1	24110,7	848,0	28,2	63,8	30382,7	735,9	29,1
sólidos suspensos fixos (mg/L)	17,4	17346,7	705,3	12,2	19,7	22442,2	612,9	12,2
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	41,8	6764,0	142,7	16,1	44,0	7940,5	123,0	16,9

ETA		Gurjá						
experimento	9(dez)02			média				
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	77,9	99,8	ND	ND	78,7	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	181,1	195581,3	488,1	79,6	197,6	201844,5	556,2	86,1
sólidos totais fixos (mg/L)	126,2	150611,8	338,6	49,0	126,0	165818,8	391,2	51,8
sólidos totais voláteis (mg/L)	54,9	44969,5	149,6	30,6	71,6	37046,6	165,0	34,3
sólidos suspensos (mg/L)	57,6	28840,0	716,9	36,9	50,7	52185,7	785,2	30,4
sólidos suspensos fixos (mg/L)	32,9	24179,8	545,8	23,4	27,1	43937,4	592,5	17,8
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	24,7	4660,3	171,1	13,5	23,7	8248,3	192,7	12,5
ETA		Suape						
experimento	9(dez)02			média				
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	96,6	99,8	ND	ND	96,8	99,9	ND
sólidos totais (mg/L)	135,2	41725,6	562,8	95,9	140,2	52690,3	542,9	102,8
sólidos totais fixos (mg/L)	54,2	32736,4	387,1	76,3	44,3	42207,4	386,4	85,4
sólidos totais voláteis (mg/L)	81,0	8989,0	175,8	19,6	95,9	10482,8	156,5	17,4
sólidos suspensos (mg/L)	25,7	18667,7	608,0	18,2	28,0	19372,1	613,7	15,0
sólidos suspensos fixos (mg/L)	12,0	14942,6	347,0	12,6	13,7	14656,5	307,8	10,4
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	13,6	3725,1	261,0	5,6	14,4	4715,6	305,8	4,7
ETA		Tapacurá						
experimento	9(dez)02			média				
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
unidade (%)	ND	98,8	99,8	ND	ND	98,9	99,8	ND
sólidos totais (mg/L)	287,1	45736,0	843,5	236,7	306,0	38265,6	933,7	253,4
sólidos totais fixos (mg/L)	205,9	28443,0	526,0	164,3	220,0	24084,3	568,0	173,9
sólidos totais voláteis (mg/L)	81,2	17293,0	317,5	72,4	86,0	14181,3	365,7	79,5
sólidos suspensos (mg/L)	16,6	5930,6	559,8	13,6	16,0	7290,5	621,9	13,8
sólidos suspensos fixos (mg/L)	7,0	3535,3	365,7	6,1	6,4	4281,1	414,7	6,2
sólidos suspensos voláteis (mg/L)	9,6	2395,3	194,2	7,5	9,5	3009,5	207,1	7,6

ETA		Alto do Céu						
experimento		1(mar/2002)			2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	23,7	220,0	150,0	27,5	103,4	3828,0	117,2	72,2
DBO (mg/L)	ND	126,0	42,0	ND	ND	1120,0	28,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,7	677,5	0,8	0,5	0,9	145,0	0,1	0,0
Sulfato (mg/L)	35,7	183,6	35,8	8,9	21,1	1900,0	48,0	8,5
Cloreto (mg/L)	12,5	18,5	14,5	25,0	20,0	200,0	75,5	22,5
ETA		Botafogo						
experimento		1(mar/2002)			2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	15,5	5339,0	273,2	14,7	56,0	7915,0	287,0	49,0
DBO (mg/L)	ND	1960,0	84,0	ND	ND	3060,0	140,0	ND
Fósforo (mg/L)	1,4	1470,0	9,9	0,1	0,8	2710,0	0,7	0,4
Sulfato (mg/L)	3,3	1800,0	32,9	17,6	3,9	4000,0	20,2	6,0
Cloreto (mg/L)	230,0	532,8	250,0	240,0	16,0	99,6	25,0	22,0
ETA		Caixa d'água						
experimento		1(mar/2003)			2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	36,8	2752,0	190,7	30,6	201,5	9560,0	161,1	59,5
DBO (mg/L)	ND	1300,0	126,0	ND	ND	1400,0	140,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,4	110,0	1,3	0,1	0,6	2,7	6,1	0,4
Sulfato (mg/L)	11,8	687,0	33,9	5,4	5,6	757,0	8,2	6,5
Cloreto (mg/L)	25,0	35,0	30,0	27,0	17,5	19,5	17,5	21,0

ETA								
Gurjaú								
experimento	1(mar/2002)				2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	282,0	59470,0	663,0	28,0	56,0	36550,0	170,3	75,0
DBO (mg/L)	ND	210,0	28,0	ND	ND	560,0	210,0	ND
Fósforo (mg/L)	10,4	292,6	16,0	0,3	0,5	411,5	1,3	0,8
Sulfato (mg/L)	0,6	1491,0	15,8	12,4	2,2	763,0	50,9	12,3
Cloreto (mg/L)	30,0	330,0	220,0	20,0	12,5	149,0	21,0	25,0
ETA								
Suape								
experimento	1(mar/2002)				2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	74,0	49670,0	155,5	15,8	76,8	66770,0	188,8	0,0
DBO (mg/L)	ND	3000,0	70,0	ND	ND	2800,0	126,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,6	544,0	9,8	0,1	0,5	131,0	1,1	0,5
Sulfato (mg/L)	5,5	216,0	33,0	5,9	5,2	1001,0	57,3	8,5
Cloreto (mg/L)	40,0	45,0	35,0	24,0	16,0	25,0	13,0	13,5
ETA								
Tapacurá								
experimento	1(mar/2002)				2(abr/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	50,2	10840,0	146,8	72,2	95,3	50170,0	334,3	137,9
DBO (mg/L)	ND	6521,0	70,0	ND	ND	4573,4	70,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,9	30,8	9,1	0,1	0,8	127,2	1,0	0,5
Sulfato (mg/L)	3,9	3557,0	43,0	25,4	6,5	1939,0	60,8	8,2
Cloreto (mg/L)	30,0	80,0	50,0	40,0	100,0	111,5	107,5	77,5

ETA		Alto do Céu						
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	161,0	10920,0	191,0	66,4	133,0	34616,0	137,0	0,0
DBO (mg/L)	ND	5040,0	42,0	ND	ND	3080,0	28,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,8	411,3	0,5	0,3	0,8	411,3	0,5	0,3
Sulfato (mg/L)	28,4	1041,8	41,9	8,7	28,4	1041,8	41,9	8,7
Cloreto (mg/L)	16,5	73,0	45,0	23,5	29,0	143,0	67,0	24,0
ETA		Botafogo						
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	554,0	33128,0	899,0	148,0	68,9	7917,0	182,4	0,0
DBO (mg/L)	ND	4000,0	49,0	ND	ND	2500,0	35,0	ND
Fósforo (mg/L)	1,9	3296,0	0,9	0,4	1,1	2090,0	5,3	0,3
Sulfato (mg/L)	3,6	2900,0	26,6	11,8	3,6	2900,0	26,6	11,8
Cloreto (mg/L)	17,5	399,0	27,5	26,5	25,0	100,0	25,0	32,5
ETA		Caixa d'água						
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	75,0	11555,0	206,0	28,2	82,0	3892,0	160,0	39,0
DBO (mg/L)	ND	630,0	28,0	ND	ND	2000,0	126,0	ND
Fósforo (mg/L)	2,0	367,0	1,9	1,7	0,5	56,4	3,7	0,3
Sulfato (mg/L)	8,7	722,0	21,1	6,0	8,7	722,0	21,1	6,0
Cloreto (mg/L)	21,5	27,5	24,0	24,0	20,0	27,5	20,0	20,0

ETA								
Gurjaú								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	143,7	91015,0	774,3	76,8	54,9	34210,0	241,0	29,4
DBO (mg/L)	ND	2250,0	210,0	ND	ND	2800,0	42,0	ND
Fósforo (mg/L)	1,1	307,0	2,1	0,8	5,5	352,1	8,6	0,5
Sulfato (mg/L)	1,4	1127,0	33,4	12,4	1,8	164,0	2,7	0,5
Cloreto (mg/L)	16,0	249,0	17,5	18,5	17,5	249,0	19,5	21,2
ETA								
Suape								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	128,7	16256,0	158,7	9,8	37,5	41970,0	532,9	98,7
DBO (mg/L)	ND	1400,0	70,0	ND	ND	2500,0	98,0	ND
Fósforo (mg/L)	1,1	307,0	2,1	0,8	0,6	337,5	5,5	0,3
Sulfato (mg/L)	5,4	608,5	45,2	7,2	5,9	800,0	57,0	6,3
Cloreto (mg/L)	28,0	35,0	25,0	20,0	32,0	47,0	37,0	28,0
ETA								
Tapacurá								
experimento	3(mai/2002)				4(jun/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	86,0	97860,0	572,1	55,8	74,5	31470,0	141,4	45,3
DBO (mg/L)	ND	14528,9	112,0	ND	ND	16660,0	105,0	ND
Fósforo (mg/L)	2,3	270,1	1,4	0,5	0,9	79,0	5,1	0,3
Sulfato (mg/L)	5,2	2748,0	51,9	16,8	5,6	2800,0	71,0	2,7
Cloreto (mg/L)	72,0	179,0	75,0	80,0	60,0	800,0	200,0	90,0

ETA		Alto do Céu						
experimento	5(ago/02)				6(set/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	92,4	5570,0	170,5	47,0	118,2	19222,0	127,1	36,1
DBO (mg/L)	ND	2100,0	35,0	ND	ND	2800,0	42,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,8	411,3	0,5	0,3	0,8	500,0	0,6	0,3
Sulfato (mg/L)	28,4	1041,8	41,9	8,7	30,8	755,7	39,9	8,8
Cloreto (mg/L)	24,5	171,5	71,0	23,0	17,8	87,7	43,5	23,8
ETA		Botafogo						
experimento	5(jul/2002)				6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	160,0	6555,0	382,5	53,7	62,5	7916,0	234,7	24,5
DBO (mg/L)	ND	3500,0	80,0	ND	ND	3000,0	70,0	ND
Fósforo (mg/L)	1,3	2391,5	4,2	0,3	1,5	2385,8	5,0	0,3
Sulfato (mg/L)	3,6	2900,0	26,6	11,8	3,5	2533,3	28,7	13,7
Cloreto (mg/L)	21,5	250,0	26,5	30,0	89,7	393,9	101,3	98,8
ETA		Caixa d'água						
experimento	5(jul/2002)				6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	78,5	7723,5	183,0	33,6	141,8	6726,0	160,6	49,3
DBO (mg/L)	ND	2400,0	84,0	ND	ND	1100,0	98,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,9	134,0	3,3	0,6	1,1	203,7	2,2	0,8
Sulfato (mg/L)	8,7	722,0	21,1	6,0	9,7	710,3	25,3	5,8
Cloreto (mg/L)	21,5	22,5	23,5	24,5	22,7	28,3	25,8	25,2

ETA		Gurjaú						
experimento		5(jul/2002)			6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	134,0	33707,0	165,0	46,0	55,5	35380,0	205,7	52,2
DBO (mg/L)	ND	9800,0	41,0	ND	ND	7000,0	41,0	B
Fósforo (mg/L)	0,5	550,0	15,1	1,0	4,0	383,2	11,1	0,7
Sulfato (mg/L)	0,6	304,0	6,0	0,3	0,9	974,0	18,4	8,4
Cloreto (mg/L)	22,2	70,0	37,5	28,7	25,0	82,0	42,0	27,5
ETA		Suape						
experimento		5(jul/2002)			6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	63,6	80242,0	259,7	31,5	57,2	54370,0	360,9	49,4
DBO (mg/L)	ND	3500,0	84,0	ND	ND	3000,0	67,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,7	329,9	4,6	0,4	0,8	393,6	5,5	0,5
Sulfato (mg/L)	5,5	656,4	48,1	7,0	5,4	493,6	42,1	6,7
Cloreto (mg/L)	34,0	40,0	30,0	22,0	24,0	36,0	25,0	20,8
ETA		Tapacurá						
experimento		5(jul/2002)			6(ago/2002)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	72,5	47000,0	300,0	75,0	84,9	40820,0	237,9	91,6
DBO (mg/L)	ND	8541,3	84,0	ND	ND	12558,0	98,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,1	119,0	18,4	2,0	1,1	140,0	9,6	0,9
Sulfato (mg/L)	4,6	3152,5	47,5	21,1	5,9	2343,5	56,4	12,5
Cloreto (mg/L)	95,0	108,0	85,0	89,0	77,5	454,0	142,5	89,5

ETA		Alto do Céu						
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	96,0	4989,3	152,7	55,4	109,9	16099,3	146,8	34,6
DBO (mg/L)	ND	1400,0	42,0	ND	ND	2100,0	28,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,8	352,1	0,4	0,2	0,8	463,0	0,5	0,3
Sulfato (mg/L)	26,8	1232,5	43,3	8,7	29,8	874,9	40,7	8,7
Cloreto (mg/L)	22,3	143,6	62,0	23,4	20,1	115,6	52,8	23,6
ETA		Botafogo						
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	208,5	15460,7	486,4	70,6	125,0	9462,2	321,5	37,2
DBO (mg/L)	ND	3200,0	84,0	ND	ND	3300,0	54,0	ND
Fósforo (mg/L)	1,1	2395,3	3,7	0,3	1,4	2388,2	4,7	0,3
Sulfato (mg/L)	3,7	3144,4	25,1	10,5	3,5	2686,1	27,8	12,9
Cloreto (mg/L)	43,6	197,8	50,4	51,1	66,6	295,9	75,9	75,0
ETA		Caixa d'água						
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	104,4	7955,7	185,9	39,4	101,7	6574,3	172,4	40,3
DBO (mg/L)	ND	1800,0	120,0	ND	ND	1800,0	110,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,7	87,6	4,0	0,5	1,0	174,7	2,6	0,7
Sulfato (mg/L)	8,0	729,8	18,2	6,1	9,3	715,2	23,5	5,8
Cloreto (mg/L)	20,1	25,1	21,1	22,1	21,4	26,7	23,5	23,6

ETA								
Gurjaú								
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	160,6	62345,0	535,9	59,9	101,2	41410,5	286,9	46,9
DBO (mg/L)	ND	4200,0	56,0	ND	ND	14000,0	210,0	ND
Fósforo (mg/L)	3,3	382,3	7,0	0,7	3,8	383,0	10,0	0,7
Sulfato (mg/L)	1,6	633,7	24,0	7,1	1,1	888,9	19,8	8,0
Cloreto (mg/L)	23,5	76,0	40,0	28,5	24,3	79,0	41,0	28,0
ETA								
Suape								
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	93,2	44232,0	167,7	8,5	81,0	55203,5	330,3	47,0
DBO (mg/L)	ND	2700,0	87,0	ND	ND	8400,0	98,0	ND
Fósforo (mg/L)	0,6	287,4	4,0	0,4	0,8	367,1	5,1	0,5
Sulfato (mg/L)	5,5	764,9	52,1	7,2	5,5	561,4	44,6	6,8
Cloreto (mg/L)	29,0	38,0	27,5	21,4	33,9	32,8	29,0	25,2
ETA								
Tapacurá								
experimento	7(out/02)				8(nov/02)			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	77,2	52956,7	351,1	88,6	85,3	59833,3	349,3	79,7
DBO (mg/L)	ND	9548,0	84,0	ND	ND	10612,0	84,0	ND
Fósforo (mg/L)	1,6	174,5	3,2	0,4	0,7	112,6	11,0	1,1
Sulfato (mg/L)	5,4	2774,0	61,5	9,8	5,3	2765,3	58,3	12,1
Cloreto (mg/L)	65,5	292,6	108,1	71,9	79,5	104,0	73,4	75,4

ETA		Alto do Céu						
experimento	9(dez/02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	103,5	12890,7	152,5	53,0	104,6	12039,5	149,4	43,6
DBO (mg/L)	ND	1400,0	48,0	ND	ND	2129,6	37,2	ND
Fósforo (mg/L)	0,7	570,3	0,7	0,4	0,8	438,0	0,5	0,3
Sulfato (mg/L)	32,8	529,3	38,3	8,8	29,1	955,7	41,3	8,7
Cloreto (mg/L)	19,5	108,6	50,5	23,8	20,2	117,9	53,5	23,6
ETA		Botafogo						
experimento	9(dez/02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	132,0	10946,3	347,5	44,1	153,6	11626,6	379,4	49,1
DBO (mg/L)	ND	2400,0	90,0	ND	ND	2991,1	76,2	ND
Fósforo (mg/L)	1,4	1929,1	7,3	0,2	1,3	2339,5	4,6	0,3
Sulfato (mg/L)	3,4	2243,1	30,3	15,3	3,6	2789,7	27,2	12,4
Cloreto (mg/L)	72,1	282,9	81,9	80,3	64,7	283,5	73,7	72,9
ETA		Caixa d'água						
experimento	9(dez/02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	116,0	7085,3	173,0	43,0	104,2	7091,5	177,0	40,3
DBO (mg/L)	ND	1500,0	52,0	ND	ND	1547,8	98,2	ND
Fósforo (mg/L)	0,7	142,3	2,0	0,4	0,9	142,0	3,0	0,6
Sulfato (mg/L)	10,6	701,1	28,7	5,6	9,0	718,5	22,3	5,9
Cloreto (mg/L)	21,0	27,4	22,9	23,0	21,2	26,6	23,1	23,4

ETA								
Gurjaú								
experimento	9(dez/02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	105,7	46378,5	342,8	53,0	121,5	48940,7	376,1	51,9
DBO (mg/L)	ND	4000,0	112,0	ND	ND	4980,0	105,6	ND
Fósforo (mg/L)	7,1	337,8	13,0	0,5	4,0	377,7	9,4	0,7
Sulfato (mg/L)	0,8	1190,0	17,8	10,2	1,2	837,3	21,0	7,9
Cloreto (mg/L)	19,0	244,3	69,5	21,2	21,1	169,8	56,4	24,3
ETA								
Suape								
experimento	9(dez/02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	77,1	51268,5	286,3	35,0	76,6	51109,1	271,2	32,9
DBO (mg/L)	ND	2100,0	84,0	ND	ND	3266,7	87,1	ND
Fósforo (mg/L)	0,7	455,5	7,5	0,3	0,7	350,3	5,0	0,4
Sulfato (mg/L)	5,5	388,7	38,8	6,4	5,5	610,1	46,5	6,9
Cloreto (mg/L)	31,3	42,3	32,3	25,3	29,8	37,9	28,2	22,2
ETA								
Suape								
experimento	9(dez/02)				média			
amostra	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada	água bruta	descarga do decantador	água de lavagem do filtro	água tratada
DQO (mg/L)	82,4	51203,3	312,7	86,6	78,7	49128,1	305,1	81,4
DBO (mg/L)	ND	8260,0	84,0	ND	ND	10200,3	87,9	ND
Fósforo (mg/L)	0,8	71,7	10,1	0,6	1,0	125,0	7,6	0,7
Sulfato (mg/L)	4,6	3161,2	50,6	18,8	5,2	2804,5	55,7	14,1
Cloreto (mg/L)	67,3	490,8	138,8	86,3	71,9	291,1	108,9	77,7

***Portaria nº 1469/GM em 29 de dezembro de 2000.**

“Aprova a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, que dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano, e dá outras providências.”

O Ministro de Estado da Saúde, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 2º do Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977, resolve:

Art. 1º Aprovar a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, na forma do Anexo desta Portaria, de uso obrigatório em todo território nacional.

Art. 2º Fica estabelecido o prazo máximo de 24 meses, contados a partir da publicação desta Portaria, para que as instituições ou órgãos aos quais esta Norma se aplica, promovam as adequações necessárias a seu cumprimento.

§ 1º No caso de tratamento por filtração de água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização e da obrigação do monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas, este prazo fica aumentado para até 36 meses.

§ 2º No período de transição deverão ser observadas as normas estabelecidas na Portaria n.º 36/GM, de 19 de janeiro de 1990.

Art. 3º É de responsabilidade da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios a adoção das medidas necessárias para o fiel cumprimento desta Portaria.

Art. 4º O Ministério da Saúde promoverá a revisão da Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano estabelecida nesta Portaria no prazo de 5 anos ou a qualquer tempo mediante solicitação devidamente justificada, de órgãos governamentais ou não governamentais de reconhecida capacidade técnica nos Setores objeto desta regulamentação.

Art. 5º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

JOSÉ SERRA

* Republicada por ter saído com incorreção do original no DO nº 1-E, de 02.01.2001, Seção 1, página 19.

NORMA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

CAPÍTULO I

Das Disposições Preliminares

Art. 1º A presente Norma dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano e dá outras providências.

Art. 2º Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água.

Art. 3º Esta Norma não se aplica às águas envasadas e a outras, cujos usos e padrões de qualidade são estabelecidos em legislação específica.

CAPÍTULO II

Das Definições

Art. 4º Para os fins a que se destina esta Norma, são adotadas as seguintes definições:

I. Água potável – Água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde;

II. Sistema de abastecimento de água para consumo humano – Instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão;

III. Solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano – Toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical;

IV. Controle da qualidade da água para consumo humano – Conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição;

V. Vigilância da qualidade da água para consumo humano – Conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende à presente Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana;

VI. Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme): bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros Escherichia, Citrobacter, Klebsiella e Enterobacter, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;

VII. Coliformes termotolerantes: subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas; tendo como principal representante a Escherichia coli, de origem exclusivamente fecal;

VIII. Escherichia Coli: bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos;

IX. Contagem de bactérias heterotróficas: determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriado, sob condições pré-estabelecidas de incubação: $35,0, \pm 0,5$ °C por 48 horas;

X. Cianobactérias: microrganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis), capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde;

XI. Cianotoxinas: toxinas produzidas por cianobactérias que apresentam efeitos adversos à saúde por ingestão oral, incluindo:

a) Microcistinas: Hepatotoxinas heptapeptídicas cíclicas produzidas por cianobactérias, com

efeito, potente de inibição de proteínas fosfatases dos tipos 1 e 2A e promotoras de tumores;

b) Cilindrospermopsina: Alcalóide guanidínico cíclico produzido por cianobactérias, inibidor de síntese protéica, predominantemente hepatotóxico, apresentando também efeitos citotóxicos nos rins, baço, coração e outros órgãos; e

c) Saxitoxinas: Grupo de alcalóides carbamatos neurotóxicos produzido por cianobactérias, não sulfatados (saxitoxinas) ou sulfatados (goniautoxinas e C-toxinas) e derivados decarbamil, apresentando efeitos de inibição da condução nervosa por bloqueio dos canais de sódio.

CAPÍTULO III

Dos Deveres e das Responsabilidades

Art. 5º Cabe ao Ministério da Saúde e às autoridades de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, representadas pelas respectivas Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes, fazer observar o fiel cumprimento desta Norma, nos termos da legislação que regulamenta o Sistema Único de Saúde – SUS.

Art. 6º Cabe ao(s) responsável (is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água exercer o controle da qualidade da água.

§ 1º Em caso de administração, em regime de concessão ou permissão, do sistema de abastecimento de água, é a concessionária ou a permissionária a responsável pelo controle da qualidade da água.

§ 2º Incumbe à autoridade de saúde pública definir responsabilidade pelo controle da qualidade da água de solução alternativa na ausência da definição desse responsável.

Art. 7º Cabe às autoridades de saúde pública da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios exercer a vigilância da qualidade da água, de forma harmônica entre si e com os responsáveis pelo controle da qualidade da água, nos termos da legislação que regulamenta o SUS.

Art. 8º Nos termos do Código de Defesa do Consumidor, é direito do consumidor o acesso a todas as informações relativas à qualidade e potabilidade da água, à apresentação de queixas referentes às suas características e à obtenção de informações sobre as respectivas providências tomadas.

Art. 9º Ao(s) responsável(is) pela operação de sistema de abastecimento de água incumbe:

I. operar e manter sistema de abastecimento de água potável para a população consumidora que esteja em conformidade com as normas técnicas aplicáveis publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas e com outras normas e legislações pertinentes;

II. Manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de:

a) controle operacional das unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição;

b) exigência do controle de qualidade, por parte dos fabricantes de produtos químicos utilizados no tratamento da água e de materiais empregados na produção e distribuição que tenham contato com a água;

c) capacitação e atualização técnica dos profissionais encarregados da operação do sistema e do controle da qualidade da água; e

d) análises laboratoriais da água, em amostras provenientes das diversas partes que compõem o sistema de abastecimento, nos termos deste Anexo.

III. Manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída;

IV. Encaminhar à autoridade de saúde pública, para fins de comprovação do atendimento a esta Norma, relatórios mensais com informações sobre o controle da qualidade da água, segundo modelo estabelecido pela referida autoridade;

V. Promover, em conjunto com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, as ações cabíveis para a proteção do manancial de abastecimento e de sua bacia contribuinte, assim como efetuar controle das características das suas águas, nos termos do artigo 20 deste Anexo, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;

VI. Fornecer informações a todos os consumidores sobre a qualidade da água distribuída, mediante envio de relatório, dentre outros mecanismos, com periodicidade mínima anual e contendo, pelo menos as seguintes informações:

a) descrição dos mananciais de abastecimento, incluindo informações sobre sua proteção, disponibilidade e qualidade da água;

b) estatística descritiva dos valores de parâmetros de qualidade detectados na água, seu significado, origem e efeitos sobre a saúde; e

c) ocorrência de não conformidades com o padrão de potabilidade e as medidas corretivas providenciadas.

VII. Manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível aos consumidores e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VIII. Comunicar, imediatamente, à autoridade de saúde pública e informar, adequadamente, à população a detecção de qualquer anomalia operacional no sistema ou não conformidade na qualidade da água tratada, identificada como de risco à saúde, adotando-se as medidas previstas no artigo 27 deste Anexo; e

IX. Manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes.

Art. 10. Ao responsável por solução alternativa de abastecimento de água, nos termos do parágrafo § 2 do Artigo 6º deste Anexo, incumbe:

I. Requerer, junto à autoridade de saúde pública, autorização para o fornecimento de água apresentando laudo sobre a análise da água a ser fornecida, incluindo os parâmetros de qualidade previstos nesta Portaria, definidos por critério da referida autoridade;

II. Operar e manter solução alternativa que forneça água potável e que esteja em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, e com outras normas e legislações pertinentes;

III. Manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de análises laboratoriais, nos termos desta Portaria e, a critério da autoridade de saúde pública, de outras medidas conforme inciso II do artigo anterior;

IV. Encaminhar à autoridade de saúde pública, para fins de comprovação, relatórios com informações sobre o controle da qualidade da água, segundo modelo e periodicidade estabelecidos pela referida autoridade, sendo no mínimo trimestral;

V. efetuar controle das características da água da fonte de abastecimento, nos termos do artigo 20 deste Anexo, notificando, imediatamente, à autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;

VI. Manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível aos consumidores e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VII. Comunicar, imediatamente, à autoridade de saúde pública competente e informar, adequadamente, à população a detecção de qualquer anomalia identificada como de risco à saúde, adotando-se as medidas previstas no artigo 27; e

VIII. Manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para

a adoção das providências pertinentes.

Art. 11. São deveres e obrigações da autoridade de saúde pública responsável pela vigilância da qualidade da água:

I. em relação às características da água nos mananciais, sistematizar e interpretar os dados gerados pelo responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, assim como, pelos órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, sob a perspectiva da vulnerabilidade do abastecimento de água quanto aos riscos à saúde da população;

II. Efetuar, sistemática e permanentemente, avaliação de risco à saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa, por meio de informações sobre:

- a) a ocupação da bacia contribuinte ao manancial e o histórico das características de suas águas;
- b) as características físicas dos sistemas, práticas operacionais e de controle da qualidade da água;
- c) o histórico da qualidade da água produzida e distribuída; e
- d) a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade do sistema.

III estabelecer mecanismos de apoio e referência laboratorial, por meio de uma rede de laboratórios, para dar suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano;

IV auditar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas;

V. garantir à população informações sobre a qualidade da água e riscos à saúde associados, nos termos do artigo 8 deste Anexo;

VI. Manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível à população e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VII. Manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes;

VIII. Informar ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano sobre anomalias e não conformidades detectadas, exigindo as providências para as correções que se fizerem necessárias.

CAPÍTULO IV

Do Padrão de Potabilidade

Art.12. A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme Tabela I, a seguir:

Tabela I

Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês;

	Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml
--	---

NOTAS: (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.

§ 1º No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que as novas amostras revelem resultado satisfatório. Nos sistemas de distribuição, a coleta deve incluir, no mínimo, três amostras simultâneas, sendo uma no mesmo ponto e duas outras localizadas a montante e a jusante.

§ 2º Amostras com resultados positivos para coliformes totais devem ser analisadas para *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, devendo, neste caso, ser efetuada a verificação e confirmação dos resultados positivos.

§ 3º O percentual de amostras com resultado positivo de coliformes totais em relação ao total de amostras coletadas nos sistemas de distribuição deve ser calculado mensalmente, excluindo as amostras extras (coleta).

§ 4º O resultado negativo para coliformes totais das amostras extras (recoletas) não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.

§ 5º Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para coliformes totais no sistema de distribuição, expressa na Tabela 1, não são tolerados resultados positivos que ocorram em coleta, nos termos do § 1º deste artigo.

§ 6º Em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e, uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por ml, devem ser providenciadas imediata coleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis.

§ 7º Em complementação, recomenda-se a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp*.

§ 8º Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

Art. 13. Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez expresso na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2

Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

TRATAMENTO DA ÁGUA	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
-----------------	---

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade de turbidez.

§ 1º Dentre os 5% dos valores permitidos de turbidez superiores aos VMP estabelecidos na Tabela 2, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UT, assegurado, simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 UT em qualquer ponto da rede no sistema de distribuição.

§ 2º Com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp., recomenda-se, enfaticamente, que, para a filtração rápida, se estabeleça como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5 UT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0 UT.

§ 3º O atendimento ao percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso na Tabela 2, deve ser verificado, mensalmente, com base em amostras no mínimo diárias para desinfecção ou filtração lenta e a cada quatro horas para filtração rápida, preferivelmente, em qualquer caso, no efluente individual de cada unidade de filtração.

Art. 14. Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

§ 1º Admite-se a utilização de outro agente desinfetante ou outra condição de operação do processo de desinfecção, desde que fique demonstrado pelo responsável pelo sistema de tratamento uma eficiência de inativação microbiológica equivalente à obtida com a condição definida no artigo 14 deste Anexo.

Art.15. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde expresso na tabela 3, a seguir:

Tabela 3

Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
INORGÂNICAS		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto ⁽²⁾	mg/L	1,5
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01
ORGÂNICAS		
Acrilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7

Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloro de Carbono	µg/L	2
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	70
AGROTÓXICOS		
Alaclor	µg/L	20,0
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato	µg/L	500
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (γ-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6
Pendimetalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Permetrina	µg/L	20
Propanil	µg/L	20
Simazina	µg/L	2
Trifluralina	µg/L	20
CIANOTOXINAS		
Microcistinas ⁽³⁾	µg/L	1,0
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO		
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre	mg/L	5
Monocloramina	mg/L	3
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	mg/L	0,1

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Os valores recomendados para a concentração de íon fluoreto devem observar à legislação específica vigente relativa à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP desta Tabela.

(3) É aceitável a concentração de até 10 µg/L de microcistinas em até 3 (três) amostras, consecutivas ou não, nas análises realizadas nos últimos 12 (doze) meses.

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

§ 1º Recomenda-se que as análises para cianotoxinas incluam a determinação de cilindrospermopsina e saxitoxinas (STX), observando, respectivamente, os valores limites de 15,0 µg/L e 3,0 µg/L de equivalentes STX/L.

§ 2º Para avaliar a presença dos inseticidas organofosforados e carbamatos na água, recomenda-se a determinação da atividade da enzima acetilcolinesterase, observando os limites máximos de 15% ou 20% de inibição enzimática, quando a enzima utilizada for proveniente de insetos ou mamíferos, respectivamente.

Art. 16. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de radioatividade expresso na Tabela 4, a seguir:

Tabela 4

Padrão de radioatividade para água potável

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Radioatividade alfa global	Bq/L	0,1 ⁽²⁾
Radioatividade beta global	Bq/L	1,0 ⁽²⁾

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Se os valores encontrados forem superiores aos VMP, deverá ser feita a identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas. Nesses casos, deverão ser aplicados, para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela legislação pertinente da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, para se concluir sobre a potabilidade da água.

Art. 17. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5

Padrão de aceitação para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	Mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	Mg/L	1.000
Sulfato	Mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	Mg/L	0,05
Surfactantes	Mg/L	0,5
Tolueno	Mg/L	0,17

Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	Mg/L	5
Xileno	Mg/L	0,3

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mg Pt–Co/L).

(3) critério de referência

(4) Unidade de turbidez.

§ 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§ 2º Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L.

§ 3º Recomenda-se a realização de testes para detecção de odor e gosto em amostras de água coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição de acordo com o plano mínimo de amostragem estabelecido para cor e turbidez nas tabelas 6 e 7.

Art. 18. As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da publicação Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISO (International Standartization Organization).

§ 1º Para análise de cianobactérias e cianotoxinas e comprovação de toxicidade por bioensaios em camundongos, até o estabelecimento de especificações em normas nacionais ou internacionais que disciplinem a matéria, devem ser adotadas as metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em sua publicação Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management.

§ 2º Metodologias não contempladas nas referências citadas no § 1º e “caput” deste artigo, aplicáveis aos parâmetros estabelecidos nesta Norma, devem, para ter validade, receber aprovação e registro do órgão responsável pela vigilância da qualidade da água para consumo humano do Ministério da Saúde.

§ 3º As análises laboratoriais para o controle e a vigilância da qualidade da água podem ser realizadas em laboratório próprio ou não que, em qualquer caso, deve manter programa de controle de qualidade interna ou externa ou ainda ser acreditado ou certificado por órgãos competentes para esse fim.

CAPÍTULO V

Dos Planos de Amostragem

Art. 19. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água devem elaborar e aprovar, junto à autoridade de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema, respeitando os planos mínimos de amostragem expressos nas Tabelas 6, 7, 8 e 9.

Tabela 6

Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

PARÂMETRO	TIPO DE MANANCIAL	SAÍDA DO TRATAMENTO (NÚMERO DE AMOSTRAS POR UNIDADE DE TRATAMENTO)	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE)		
			População abastecida		
			<<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Cor	Superficial	1	10	1 para cada 5.000 hab.	40 + (1 para cada 25.000 hab.)
Turbidez					
pH	Subterrâneo	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
CRL ⁽¹⁾	Superficial	1	(Conforme § 3º do artigo 19).		
	Subterrâneo	1			
Fluoreto	Superficial ou Subterrâneo	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
Cianotoxinas	Superficial	1 (Conforme § 5º do artigo 19)	-	-	-
Trihalometanos	Superficial	1	1 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾
	Subterrâneo	-	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
Demais Parâmetros ⁽³⁾	Superficial ou Subterrâneo	1	1 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁴⁾

NOTAS: (1) Cloro residual livre.

(2) As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição.

(3) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(4) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Tabela 7

Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

PARÂMETRO	TIPO DE MANANCIAL	SAÍDA DO TRATAMENTO (FREQUÊNCIA POR UNIDADE DE TRATAMENTO)	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE)		
			População abastecida		
			<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Cor	Superficial	A cada 2 horas	Mensal	Mensal	Mensal
Turbidez	Subterrâneo	Diária			
pH					
Fluoreto					
CRL ⁽¹⁾	Superficial	A cada 2 horas	(Conforme § 3º do artigo 19).		
	Subterrâneo	Diária			
Cianotoxinas	Superficial	Semanal (Conforme § 5º do artigo 19)	-	-	-
	Superficial	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Trihalometanos	Subterrâneo	-	Anual	Semestral	Semestral
Demais parâmetros ⁽²⁾	Superficial ou Subterrâneo	Semestral	Semestral ⁽³⁾	Semestral ⁽³⁾	Semestral ⁽³⁾

NOTAS: (1) Cloro residual livre.

(2) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(3) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Tabela 8

Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida.

PARÂMETRO	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE)			
	População abastecida			
	< 5.000 hab.	5.000 a 20.000 hab.	20.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Coliformes totais	10	1 para cada 500 hab.	30 + (1 para cada 2.000 hab.)	105 + (1 para cada 5.000 hab.) Máximo de 1.000

NOTA: na saída de cada unidade de tratamento devem ser coletadas, no mínimo, 2 (duas) amostra semanais, recomendando-se a coleta de, pelo menos, 4 (quatro) amostras semanais.

Tabela 9

Número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa, para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem.

PARÂMETRO	TIPO DE MANANCIAL	SAÍDA DO TRATAMENTO (para água canalizada)	NÚMERO DE AMOSTRAS RETIRADAS NO PONTO DE CONSUMO ⁽¹⁾ (para cada 500 hab.)	FREQÜÊNCIA DE AMOSTRAGEM
Cor, turbidez, pH e coliformes totais ⁽²⁾	Superficial	1	1	Semanal
	Subterrâneo	1	1	Mensal
CRL ⁽²⁾⁽³⁾	Superficial ou Subterrâneo	1	1	Diário

NOTAS: (1) Devem ser retiradas amostras em, no mínimo, 3 pontos de consumo de água.

(2) Para veículos transportadores de água para consumo humano, deve ser realizada 1 (uma) análise de CRL em cada carga e 1 (uma) análise, na fonte de fornecimento, de cor, turbidez, PH e coliformes totais com frequência mensal, ou outra amostragem determinada pela autoridade de saúde pública.

(3) Cloro residual livre.

§ 1º A amostragem deve obedecer aos seguintes requisitos:

I. distribuição uniforme das coletas ao longo do período; e

II. representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios e rede), combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, entendidos como aqueles próximos a grande circulação de pessoas (terminais rodoviários, terminais ferroviários, etc.) ou edifícios que alberguem grupos populacionais de risco (hospitais, creches, asilos, etc.), aqueles localizados em trechos vulneráveis do sistema de distribuição (pontas de rede, pontos de queda de pressão, locais afetados por manobras, sujeitos à intermitência de abastecimento, reservatórios, etc.) e locais com sistemáticas notificações de agravos à saúde tendo como possíveis causas agentes de veiculação hídrica.

§ 2º No número mínimo de amostras coletadas na rede de distribuição, previsto na Tabela 8, não se incluem as amostras extras (recoletas).

§ 3º Em todas as amostras coletadas para análises microbiológicas deve ser efetuada, no momento da coleta, medição de cloro residual livre ou de outro composto residual ativo, caso o agente desinfetante utilizado não seja o cloro.

§ 4º Para uma melhor avaliação da qualidade da água distribuída, recomenda-se que, em todas as amostras referidas no § 3º do artigo 19 deste Anexo, seja efetuada a determinação de turbidez.

§ 5º Sempre que o número de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, exceder 20.000 células/ml (2mm³/L de biovolume), durante o monitoramento que trata o § 3º do artigo 20, será exigida a análise semanal de cianotoxinas na água na saída do tratamento e nas entradas (hidrômetros) das clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis, sendo que esta análise pode ser dispensada quando não houver comprovação de toxicidade na água bruta por meio da realização semanal de bioensaios em camundongos.

Art. 20. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas e de soluções alternativas de abastecimento supridos por manancial superficial devem coletar amostras semestrais da água bruta, junto do ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos na legislação vigente de classificação e enquadramento de águas superficiais, avaliando a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente.

§ 1º O monitoramento de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, deve

obedecer freqüência mensal, quando o número de cianobactérias não exceder 10.000 células/ml (ou 1mm³/L de biovolume), e semanal, quando o número de cianobactérias exceder este valor.

§ 2º É vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de cianobactérias ou qualquer intervenção no manancial que provoque a lise das células desses microrganismos, quando a densidade das cianobactérias exceder 20.000 células/ml (ou 2mm³/L de biovolume), sob pena de comprometimento da avaliação de riscos à saúde associados às cianotoxinas.

Art. 21. A autoridade de saúde pública, no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água, deve implementar um plano próprio de amostragem, consoante diretrizes específicas elaboradas no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS.

CAPÍTULO VI

Das Exigências Aplicáveis aos Sistemas e Soluções Alternativas de Abastecimento de Água

Art. 22. O sistema de abastecimento de água deve contar com responsável técnico, profissionalmente habilitado.

Art. 23 Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico desta Norma.

Art. 24. Toda água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização deve incluir tratamento por filtração.

Art. 25. Em todos os momentos e em toda sua extensão, a rede de distribuição de água deve ser operada com pressão superior à atmosférica.

§ 1º Caso esta situação não seja observada, fica o responsável pela operação do serviço de abastecimento de água obrigado a notificar a autoridade de saúde pública e informar à população, identificando períodos e locais de ocorrência de pressão inferior à atmosférica.

§ 2º Excepcionalmente, caso o serviço de abastecimento de água necessite realizar programa de manobras na rede de distribuição, que possa submeter trechos a pressão inferior à atmosférica, o referido programa deve ser previamente comunicado à autoridade de saúde pública.

Art. 26. O responsável por fornecimento de água por meio de veículos deve:

- I. Garantir o uso exclusivo do veículo para este fim;
- II. Manter registro com dados atualizados sobre o fornecedor e, ou, sobre a fonte de água;
- III. Manter registro atualizado das análises de controle da qualidade da água.

§ 1º A água fornecida para consumo humano por meio de veículos deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L.

§ 2º O veículo utilizado para fornecimento de água deve conter, de forma visível, em sua carroceria, a inscrição: “ÁGUA POTÁVEL”.

CAPÍTULO VII

Das Disposições Gerais e Transitórias

Art. 27. Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem estabelecer entendimentos para a elaboração de um plano de ação e tomada das medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade.

Art. 28. O responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água pode solicitar à autoridade de saúde pública a alteração na freqüência mínima de amostragem de determinados parâmetros estabelecidos nesta Norma.

Parágrafo único. Após avaliação criteriosa, fundamentada em inspeções sanitárias e, ou, em histórico mínimo de dois anos do controle e da vigilância da qualidade da água, a autoridade de saúde pública decidirá quanto ao deferimento da solicitação, mediante emissão de documento específico.

Art. 29. Em função de características não conformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco, a autoridade de saúde pública competente, com fundamento em relatório técnico, determinará ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água que amplie o número mínimo de amostras, aumente a frequência de amostragem ou realize análises laboratoriais de parâmetros adicionais ao estabelecido na presente Norma.

Art. 30. O descumprimento das determinações desta Norma são consideradas infrações de natureza sanitária e sujeita o responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água às sanções cabíveis, na forma da lei.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986.

Publicado no D.O.U. de 30/07/86

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 7º, inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que os custos do controle de poluição podem ser melhor adequados quando os níveis de qualidade exigidos, para um determinado corpo d'água ou seus diferentes trechos, estão de acordo com os usos que se pretende dar aos mesmos;

Considerando que o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados como consequência da deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos permanentes;

Considerando a necessidade de reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos, contemplar as águas salinas e salobras e melhor especificar os parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento ;

RESOLVE estabelecer a seguinte classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional:

Art. 1º - São classificadas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional:

ÁGUAS DOCES

1 - Classe Especial - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção.
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) 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 criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas á alimentação humana.

III - Classe 2 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à dessedentação de animais.

V - Classe 4 - águas destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística;
- c) aos usos menos exigentes.

ÁGUAS SALINAS

VI - Classe 5 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

VII - Classe 6 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário.

ÁGUAS SALOBRAS

VIII - Classe 7 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IX - Classe 8 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário

Art. 2º - Para efeito desta resolução são adotadas as seguintes definições.

- a) **CLASSIFICAÇÃO**: qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade).
- b) **ENQUADRAMENTO**: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.
- c) **CONDIÇÃO**: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.

d) EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO: conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe.

e) ÁGUAS DOCES: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50 ‰.

f) ÁGUAS SALOBRAS: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ e 30 ‰.

g) ÁGUAS SALINAS: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

Art. 3º - Para as águas de Classe Especial, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

COLIFORMES: para o uso de abastecimento sem prévia desinfecção os coliformes totais deverão estar ausentes em qualquer amostra.

Art. 4º - Para as águas de classe 1, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;

e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. As águas utilizadas para a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao Solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 1.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

g) DBO₅ dias a 20°C até 3 mg/l O₂;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/lO₂;

i) Turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

j) cor: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/l

l) pH: 6,0 a 9,0;

m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):

Alumínio:	0,1 mg/l Al
Amônia não ionizável:	0,02 mg/l NH ₃ .
Arsênio:	0,05 mg/l As
Bário:	1,0 mg/l Ba.
Berílio:	0,1 mg/l Be
Boro:	0,75 mg/l B
Benzeno :	0,01 mg/l
Benzo-a-pireno:	0,00001 mg/l
Cádmio:	0,001 mg/l Cd
Cianetos:	0,01 mg/l CN
Chumbo:	0,03 mg/l Pb
Cloretos:	250 mg/l Cl
Cloro Residual:	0,01 mg/l Cl
Cobalto:	0,2 mg/l Co
Cobre:	0,02 mg/l Cu
Cromo Trivalente:	0,5 mg/l Cr
Cromo Hexavalente:	0,05 mg/l Cr
1,1 dicloroetano :	0,0003 mg/l
1,2 dicloroetano:	0,01 mg/l
Estanho;	2,0 mg/l Sn
Índice de Fenóis:	0,001 mg/l C ₆ H ₅ OH
Ferro solúvel:	0,3 mg/l Fe
Fluoretos:	1,4 mg/l F
Fosfato total:	0,025 mg/l P
Lítio:	2,5 mg/l Li
Manganês:	0,1 mg/l Mn
Mercúrio:	0,0002 mg/l Hg
Níquel:	0,025 mg/l Ni
Nitrato:	10 mg/l N
Nitrito:	1,0 mg/l N
Prata:	0,01mg/l Ag
Pentaclorofenol:	0,01 mg/l
Selênio:	0,01mg/l Se
Sólidos dissolvidos totais:	500 mg/l
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno :	0,5 mg/l LAS
Sulfatos:	250 mg/l SO ₄
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado):	0,002 mg/l S
Tetracloroetano:	0,01 mg/l
Tricloroetano:	0,03 mg/l
Tetracloro de carbono:	0,003 mg/l

2, 4, 6 triclorofenol:	0,01 mg/l
Urânio total:	0,02 mg/l U
Vanádio:	0,1 mg/l V
Zinco:	0,18 mg/l Zn
Aldrin:	0,01 mg/l
Clordano:	0,04 µg/l
DDT;	0,002 µg/l
Dieldrin:	0,005 µg/l
Endrin:	0,004 µg/l
Endossulfan:	0,056 µg/l
Epóxido de Heptacloro:	0,01 µg/l
Heptacloro:	0,01 µg/l
Lindano (gama.BHC)	0,02 µg/l
Metoxicloro:	0,03 µg/l
Dodecacloro + Nonacloro:	0,001 µg/l
Bifenilas Policloradas (PCB'S):	0,001 µg/l
Toxafeno:	0,01 µg/l
Demeton:	0,1 µg/l
Gution:	0,005 µg/l
Malation:	0,1 µg/l
Paration:	0,04 µg/l
Carbaril:	0,02 µg/l
Compostos organofosforados e carbamatos totais:	10,0 µg/l em Paration
2,4 - D:	4,0 µg/l
2,4,5 - TP:	10,0 µg/l
2,4,5 - T:	2,0 µg/l

Art. 5º - Para as águas de Classe 2, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da Classe 1, à exceção dos seguintes:

a) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

b) Coliformes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para os demais usos, não deverá ser excedido uma limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

c) Cor: até 75 mg Pt/l

d) Turbidez: até 100 UNT;

e) DBO₅ dias a 20°C até 5 mg/l O₂;

f) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l O₂.

Art. 6º - Para as águas de Classe 3 são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

d) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) número de coliformes fecais até 4.000 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) DBO₅ dias a 20°C até 10 mg/l O₂;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l O₂

l) Turbidez: até 100 UNT;

j) Cor: até 75 mg Pt/l;

l) pH: 6,0 a 9,0

m) Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

Alumínio:	0,1 mg/l Al
Arsênio:	0,05 mg/l As
Bário:	1,0 mg/l Ba
Berílio:	0,1 mg/l Be
Boro:	0,75 mg/l B
Benzeno:	0,01 mg/l
Benzo-a-pireno:	0,00001 mg/l
Cádmio:	0,01 mg/l Cd
Cianetos:	0,2 mg/l CN
Chumbo:	0,05 mg/l Pb
Cloretos:	250 mg/l Cl

Cobalto:	0,2 mg/l Co
Cobre:	0,5 mg/l Cu
Cromo Trivalente:	0,5 mg/l Cr
Cromo Hexavalente:	0,05 mg/l Cr
1,1 dicloroetano:	0,0003 mg/l
1.2 dicloroetano:	0,01 mg/l
Estanho:	2,0 mg/l Sn
Índice de Fenóis:	0,3 mg/l C ₆ H ₅ OH
Ferro solúvel:	5,0 mg/l Fe
Fluoretos:	1,4 mg/l F
Fosfato total:	0,025 mg/l P
Lítio:	2,5 mg/l Li
Manganês:	0,5 mg/l Mn
Mercúrio:	0,002 mg/l Hg
Níquel:	0,025 mg/l Ni
Nitrato:	10 mg/l N
Nitrito:	1,0 mg/l N
Nitrogênio amoniacal:	1,0 mg/l N
Prata:	0,05 mg/l Ag
Pentaclorofenol:	0,01 mg/l
Selênio:	0,01mg/l Se
Sólidos dissolvidos totais:	500 mg/l
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno:	0,5 mg/l LAS
Sulfatos:	250 mg/l SO ₄
Sulfatos (como H ₂ S não dissociado):	0,3 mg/l S
Tetracloroetano:	0,01 mg/l
Tricloroetano:	0,03 mg/l
Tetracloro de Carbono:	0,003 mg/l
2, 4, 6 triclorofenol:	0,01 mg/l
Urânio total:	0,02 mg/l U
Vanádio:	0,1 mg/l V
Zinco:	5,0 mg/l Zn
Aldrin:	0,03 µg/l
Clordano:	0,3 µg/l
DDT:	1,0 µg/l
Dieldrin:	0,03 µg/l
Endrin:	0,2 µg/l
Endossulfan:	150 µg/l
Epóxido de Heptacloro:	0,1 µg/l
Heptacloro:	0,1 µg/l
Lindano (gama-BHC):	3,0 µg/l
Metoxicloro:	30,0 µg/l
Dodecacloro + Nonacloro:	0,001 µg/l
Bifenilas Policloradas (PCB'S):	0,001 µg/l

Toxafeno:	5,0 µg/l
Demeton:	14,0 µg/l
Gution:	0,005 µg/l
Malation:	100,0 µg/l
Paration:	35,0 µg/l
Carbaril:	70,0 µg/l
Compostos organofosforados e carbamatos totais em Paration:	100,0 µg/l
2,4 - D:	20,0 µg/l
2,4,5 - TP:	10,0 µg/l
2,4,5 - T:	2,0 µg/l

Art. 7º - Para as águas de Classe 4, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- b) odor e aspecto: não objetáveis;
- c) óleos e graxas: toleram-se iridicências;
- d) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- e) índice de fenóis até 1,0 mg/l C₆H₅OH ;
- f) OD superior a 2,0 mg/l O₂, em qualquer amostra;
- g) pH: 6 a 9.

ÁGUAS SALINAS

Art. 8º - Para as águas de Classe 5, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para o uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedida uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros, com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1,000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) DBO₅ dias a 20°C até 5 mg/l O₂ ;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/l O₂ ;

i) pH: 6,5 à 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade;

j) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):

Alumínio:	1,5 mg/l Al
Amônia não ionizável:	0,4 mg/l NH ₃
Arsênio:	0,05 mg/l As
Bário:	1,0 mg/l Ba
Berílio:	1,5 mg/l Be
Boro:	5,0 mg/l B
Cádmio:	0,005 mg/l Cd
Chumbo:	0,01 mg/l Pb
Cianetos:	0,005 mg/l CN
Cloro residual:	0,01 mg/l Cl
Cobre:	0,05 mg/l Cu
Cromo hexavalente:	0,05 mg/l Cr
Estanho:	2,0 mg/l Sn
Índice de fenóis:	0,001 mg/l C ₆ H ₅ OH
Ferro:	0,3 mg/l Fe
Fluoretos:	1,4 mg/l F
Manganês:	0,1 mg/l Mn
Mercúrio:	0,0001 mg/l Hg
Níquel:	0,1 mg/l Ni
Nitrato:	10,0 mg/l N
Nitrito:	1,0 mg/ N
Prata:	0,005 m/l Ag
Selênio:	0,01 mg/l Se
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno:	0,5 mg/l - LAS
Sulfetos com H ₂ S:	0,002 mg/l S
Tálio:	0,1 mg/l Tl
Urânio Total:	0,5 mg/l U

Zinco:	0,17 mg/l Zn
Aldrin:	0,003 µg/l
Clordano:	0,004 µg/l
DDT:	0,001 µg/l
Demeton:	0,1 µg/l
Dieldrin:	0,003 µg/l
Endossulfan:	0,034 µg/l
Endrin:	0,004 µg/l
Epóxido de Heptacloro:	0,001 µg/l
Heptacloro:	0,001 µg/l
Metoxicloro:	0,03 µg/l
Lindano (gama - BHC):	0,004 µg/l
Dodecacloro + Nonadoloro:	0,001 µg/l
Gution:	0,01 µg/l
Malation:	0,1 µg/l
Paration:	0,04 µg/l
Toxafeno:	0,005 µg/l
Compostos organofosforados e carbamatos totais:	10,0 µg/l em Paration
2,4 .- D:	10,0 µg/l
2, 4, 5 - TP:	10,0 µg/l
2, 4, 5 - T	10,0 µg/l

Art. 9º - Para as águas de Classe 6, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) materiais flutuantes; virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: toleram-se iridicências;
- c) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) coliformes: não deverá ser excedido um limite de 4,000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meio disponível para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;
- g) DBO₅ dias a 20°C até 10 mg/l O₂
- h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l O₂;

i) pH: 6,5, a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades;

ÁGUAS SALOBRAS

Art. 10 - Para as águas de Classe 7, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) DBO₅ dias a 20°C até 5 mg/l O₂;

b) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l O₂;

c) pH: 6,5 a 8,5

d) óleos e graxas: virtualmente ausentes:

e) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

f) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

g) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

h) coliformes; para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução, Para o uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedido uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês;

i) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos);

Amônia:	0,4 mg/l NH ₃
Arsênio:	0,05 mg/l As
Cádmio:	0,005 mg/l Cd
Cianetos:	0,005 mg/l CN
Chumbo:	0,01 mg/l Pb
Cobre:	0,05 mg/l Cu
Cromo hexavalente:	0,05 mg/l Cr
Índice de fenóis:	0,001 mg/l C ₆ H ₅ OH
Fluoretos:	1,4 mg/l F
Mercúrio:	0,0001 mg/l Hg
Níquel:	0,1 mg/l Ni
Sulfetos como H ₂ S:	0,002 mg/l S

Zinco:	0,17 mg/l Zn
Aldrin:	0,003 µg/l
Clordano:	0,004 µg/l
DDT:	0,001 µg/l
Demeton:	0,1 µg/l
Dieldrin:	0,003 µg/l
Endrin:	0,004 µg/l
Endossulfan:	0,034 µg/l
Epóxido de heptacloro:	0,001 µg/l
Gution:	0,01 µg/l
Heptacloro:	0,001 µg/l
Lindano (gama . BHC):	0,004 µg/l
Malation:	0,1 µg/l
Metoxicloro:	0,03 µg/l
Dodecacloro + Nonacloro:	0,001 µg/l
Paration:	0,04 µg/l
Toxafeno:	0,005 µg/l
Compostos organofosforados e carbamatos totais:	10,0 µg/l em Paration
2,4 - D:	10,0 µg/l
2, 4, 5 - T:	10,0 µg/l
2, 4, 5 - TP:	10,0 µg/l

Art.11 - Para as águas de Classe 8, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

- a) pH: 5 a 9
- b) OD, em qualquer amostra, não inferior a 3,0 mg/l O₂;
- c) óleos e graxas: toleram-se iridicências;
- d) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- f) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- g) coliformes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes recais, o índice será de 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

Art. 12 - Os padrões de qualidade das águas estabelecidos nesta Resolução constituem-se em limites individuais para cada substância. Considerando eventuais ações sinérgicas

entre as mesmas estas ou outras não especificadas, não poderão conferir às águas características capazes de causarem efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida.

§ 1º - As substâncias potencialmente prejudiciais a que se refere esta Resolução, deverão ser investigadas sempre que houver suspeita de sua presença,

§ 2º - Considerando as limitações de ordem técnica para a quantificação dos níveis dessas substâncias, os laboratórios dos organismos competentes deverão estruturar-se para atenderem às condições propostas. Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática deverão ser investigados quanto a presença eventual dessas substâncias.

Art. 13 - Os limites de DBO, estabelecidos para as Classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que os teores mínimos de OD, previstos, não serão desobedecidos em nenhum ponto do mesmo, nas condições críticas de vazão ($Q_{crit.} = Q_{7,10}$, onde $Q_{7,10}$, é a média das mínimas de 7 (sete) dias consecutivos em 10 (dez) anos de recorrência de cada seção do corpo receptor).

Art. 14 - Para os efeitos desta Resolução, consideram-se entes, cabendo aos órgãos de controle ambiental, quando necessário, quantificá-los para cada caso.

Art. 15 - Os órgãos de controle ambiental poderão acrescentar outros parâmetros ou tornar mais restritivos os estabelecidos nesta Resolução, tendo em vista as condições locais.

Art. 16 - Não há impedimento no aproveitamento de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não prejudiquem a qualidade estabelecida para essas águas.

Art. 17 - Não será permitido o lançamento de poluentes nos mananciais sub-superficiais.

Art. 18 - Nas águas de Classe Especial não serão tolerados lançamentos de águas residuárias, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos, substâncias potencialmente tóxicas, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos e outros poluentes, mesmo tratados. Caso sejam utilizadas para o abastecimento doméstico deverão ser submetidas a uma inspeção sanitária preliminar.

Art. 19 - Nas águas das Classes 1 a 8 serão tolerados lançamentos de desejos, desde que, além de atenderem ao disposto no Art. 21 desta Resolução, não venham a fazer com que os limites estabelecidos para as respectivas classes sejam ultrapassados.

Art. 20 - Tendo em vista os usos fixados para as Classes, os órgãos competentes enquadrarão as águas e estabelecerão programas de controle de poluição para a efetivação dos respectivos enquadramentos, obedecendo ao seguinte:

- a) o corpo de água que, na data de enquadramento, apresentar condição em desacordo com a sua classe (qualidade inferior à estabelecida), será objeto de providências com prazo determinado visando a sua recuperação, excetuados os parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais;
- b) o enquadramento das águas federais na classificação será procedido pela SEMA, ouvidos o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográfica; - CEEIBH e outras entidades públicas ou privadas interessadas;
- c) o enquadramento das águas estaduais será efetuado pelo órgão estadual competente, ouvidas outras entidades públicas ou privadas interessadas;
- d) os órgãos competentes definirão as condições específicas de qualidade dos corpos de água intermitentes;
- e) os corpos de água já enquadrados na legislação anterior, na data da publicação desta Resolução, serão objetos de reestudo a fim de a ela se adaptarem;
- f) enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas Classe 5 e as salobras Classe 7, porém, aquelas enquadradas na legislação anterior permanecerão na mesma classe até o reenquadramento;
- g) os programas de acompanhamento da condição dos corpos de água seguirão normas e procedimentos a serem estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

Art. 21 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às seguintes condições:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura : inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 ml/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;
- e) óleos e graxas:
 - óleos minerais até 20 mg/l
 - óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/l;

f) ausência de materiais flutuantes;

g) valores máximos admissíveis das seguintes substâncias:

Amônia:	5,0 mg/l N
Arsênio total:	0,5 mg/l As
Bário:	5,0 mg/ Ba
Boro:	5,0 mg/l B
Cádmio:	0,2 mg/l Cd
Cianetos:	0,2 mg/l CN
Chumbo:	0,5 mg/l Pb
Cobre:	1,0 mg/l Cu
Cromo hexavalente:	0,5 mg/l Cr
Cromo trivalente:	2,0 mg/l Cr
Estanho:	4,0 mg/l Sn
Índice de fenóis:	0,5 mg/l C ₆ H ₅ OH
Ferro solúvel:	15,0 mg/l Fe
Fluoretos:	10,0 mg/l F
Manganês solúvel:	1,0 mg/l Mn
Mercúrio:	0,01 mg/l Hg
Níquel:	2,0 mg/l Ni
Prata:	0,1 mg/l Ag
Selênio:	0,05 mg/l Se
Sulfetos:	1,0 mg/l S
Sulfito:	1,0 mg/l SO ₃
Zinco:	5,0 mg/l Zn
Compostos organofosforados e carbonatos totais:	1,0 mg/l em Paration
Sulfeto de carbono:	1,0 mg/l
Tricloroetano:	1,0 mg/l
Clorofórmio :	1,0 mg/l
Tetracloroeto de Carbono:	1,0 mg/l
Dicloroetano:	1,0 mg/l
Compostos organoclorados não listados acima (pesticidas, solventes, etc):	0,05 mg/l

outras substâncias em concentrações que poderiam ser prejudiciais: de acordo com limites a serem fixados pelo CONAMA.

h) tratamento especial, se provierem de hospitais e outros estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos.

Art. 22 - Não será permitida a diluição de efluentes industriais com águas não poluídas, tais como água de abastecimento, água de mar e água de refrigeração.

Parágrafo Único - Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos ou emissões individualizadas, os limites constantes desta regulamentação aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão competente.

Art. 23 - Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento nos termos desta Resolução.

Parágrafo Único - Resguardados os padrões de qualidade do corpo receptor, demonstrado por estudo de impacto ambiental realizado pela entidade responsável pela emissão, o competente poderá autorizar lançamentos acima dos limites estabelecidos no Art. 21, fixando o tipo de tratamento e as condições para esse lançamento.

Art. 24 - Os métodos de coleta e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial - INMETRO ou, na ausência delas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição, ressalvado o disposto no Art. 12. O índice de fenóis deverá ser determinado conforme o método 510 B do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16ª edição, de 1985.

Art. 25 - As indústrias que, na data da publicação desta Resolução, possuem instalações ou projetos de tratamento de seus despejos, aprovados por órgão integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, que atendam à legislação anteriormente em vigor, terão prazo de três (3) anos, prorrogáveis até cinco (5) anos, a critério do Estadual Local, para se enquadrarem nas exigências desta Resolução. No entanto, as citadas instalações de tratamento deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.

BALNEABILIDADE

Art. 26 - As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) serão enquadradas e terão sua condição avaliada nas categorias EXCELENTE, MUITO BOA, SATISFATÓRIA e IMPRÓPRIA, da seguinte forma:

a) EXCELENTE (3 estrelas) : Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais por 1,00 mililitros ou 1.250 coliformes totais por 100 mililitros;

b) MUITO BOAS (2 estrelas): Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais por 100 mililitros ou 2.500 coliformes totais por 100 mililitros;

c) SATISFATÓRIAS (1 estrela): Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no

máximo 1.000 coliformes reais por 100 mililitros ou 5.000 coliformes totais por 100 mililitros;

d) IMPRÓPRIAS: Quando ocorrer, no trecho considerado, qualquer uma das seguintes circunstâncias:

1. não enquadramento em nenhuma das categorias anteriores, por terem ultrapassado os índices bacteriológicos nelas admitidos;
2. ocorrência, na região, de incidência relativamente elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica, a critério das autoridades sanitárias;
3. sinais de poluição por esgotos, perceptíveis pelo olfato ou visão;
4. recebimento regular, intermitente ou esporádico, de esgotos por intermédio de valas, corpos d'água ou canalizações, inclusive galerias de águas pluviais, mesmo que seja de forma diluída;
5. presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
6. pH menor que 5 ou maior que 8,5 ;
7. presença, na água, de parasitas que afetem o homem ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados;
8. presença, nas águas doces, de moluscos transmissores potenciais de esquistossomo, caso em que os avisos de interdição ou alerta deverão mencionar especificamente esse risco sanitário;
9. outros fatores que contra-indiquem, temporariamente ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Art. 27 - No acompanhamento da condição das praias ou balneários as categorias EXCELENTE, MUITO BOA e SATISFATÓRIA poderão ser reunidas numa única categoria denominada PRÓPRIA.

Art. 28 - Se a deterioração da qualidade das praias ou balneários ficar caracterizada como decorrência da lavagem de vias públicas pelas águas da chuva, ou como consequência de outra causa qualquer, essa circunstância deverá ser mencionada no Boletim de condição das praias e balneários.

Art. 29 - A coleta de amostras será feita, preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários.

Art. 30 - Os resultados dos exames poderão, também, se referir a períodos menores que 5 semanas, desde que cada um desses períodos seja especificado e tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, 5 amostras durante o tempo mencionado.

Art. 31 - Os exames de colimetria, previstos nesta Resolução, sempre que possível, serão feitos para a identificação e contagem de coliformes fecais, sendo permitida a utilização de índices expressos em coliformes totais, se a identificação e contagem forem difíceis ou impossíveis.

Art. 32 - À beira mar, a coleta de amostra para a determinação do número de coliformes fecais ou totais deve ser, de preferência, realizada nas condições de maré que apresentem, costumeiramente, no local, contagens bacteriológicas mais elevadas.

Art. 33 - As praias e outros balneários deverão ser interditados se o órgão de controle ambiental, em qualquer dos seus níveis (Municipal, Estadual ou Federal), constatar que a má qualidade das águas de recreação primária justifica a medida.

Art. 34 - Sem prejuízo do disposto no artigo anterior, sempre que houver uma afluência ou extravasamento de esgotos capaz de oferecer sério perigo em praias ou outros balneários, o trecho afetado deverá ser sinalizado, pela entidade responsável, com bandeiras vermelhas constando a palavra POLUÍDA em cor negra.

DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 35 - Aos órgãos de controle ambiental compete a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a fiscalização para o cumprimento da legislação, bem como a aplicação das penalidades previstas, inclusive a interdição de atividades industriais poluidoras.

Art. 36 - Na inexistência de entidade estadual encarregada do controle ambiental ou se, existindo, apresentar falhas, omissões ou prejuízo sensíveis aos usos estabelecidos para as águas, a Secretaria Especial do Meio Ambiente poderá agir diretamente, em caráter supletivo.

Art. 37 - Os estaduais de controle ambiental manterão a Secretaria Especial do Meio Ambiente informada sobre os enquadramentos dos corpos de água que efetuarem, bem como das normas e padrões complementares que estabelecerem.

Art. 38 - Os estabelecimentos industriais, que causam ou possam causar poluição das águas, devem informar ao órgão de controle ambiental, o volume e o tipo de seus efluentes, os equipamentos e dispositivos antipoluidores existentes, bem como seus planos de ação de emergência, sob pena das sanções cabíveis, ficando o referido órgão obrigado a enviar cópia dessas informações ao IBAMA, à STI (MIC), ao IBGE (SEPLAN) e ao DNAEE (MME).

Art. 39 - Os Estados, Territórios e o Distrito Federal, através dos respectivos órgãos de controle ambiental, deverão exercer sua atividade orientadora, fiscalizadora e punitiva das

atividades potencialmente poluidoras instaladas em seu território, ainda que os corpos de água prejudicados não sejam de seu domínio ou jurisdição.

Art. 40 - O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e sua regulamentação pelo Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983.

Art. 41 - Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Deni Lineu Schwartz
Presidente