

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE CAMPOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO PROFISSIONAL  
EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**GERENCIAMENTO HÍDRICO AMBIENTAL EM USINAS  
TERMOELÉTRICAS – ESTUDO DE CASO DOS EFLUENTES DA UTE  
MÁRIO LAGO ASSOCIADO À QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO  
MACAÉ**

**Adriana Sant’Ana Tenório de Matos**

**Orientador: Paulo Rogério Nogueira de Souza, D.Sc**

**Co-orientador: Maria Inês Paes Ferreira, D.Sc**

**MACAÉ**

**2008**

**ADRIANA SANT'ANA TENORIO DE MATOS**

**GERENCIAMENTO HÍDRICO AMBIENTAL EM USINAS  
TERMOELÉTRICAS – ESTUDO DE CASO DOS EFLUENTES DA UTE  
MÁRIO LAGO ASSOCIADO À QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO  
MACAÉ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos como requisito para a obtenção de título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Gestão Ambiental Participativa.

**Orientador: Paulo Rogério Nogueira de Souza, D.Sc.**

**Co-orientadora: Maria Inês Paes Ferreira, D.Sc.**

**MACAÉ**

**2008**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Matos, Adriana Sant'Ana Tenório de  
Gerenciamento Hídrico Ambiental em Usinas Termoelétricas – Estudo  
de Caso dos Efluentes da UTE Mário Lago Associado à Qualidade da  
Água no Rio Macaé – Macaé, 2008  
230 p.  
Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de  
Campos. 2008  
Orientador: Paulo Rogério Nogueira de Souza.  
Co-orientadora: Maria Inês Paes Ferreira.  
1. Gerenciamento Hídrico – 2. Monitoramento de Efluentes – 3. Gestão  
Ambiental – 4. Tratamento de Efluentes – 5. Usina Termelétrica.

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**AUTOR:**

**ADRIANA SANT'ANA TENORIO DE MATOS**

**GERENCIAMENTO HÍDRICO AMBIENTAL EM USINAS  
TERMOELÉTRICAS – ESTUDO DE CASO DOS EFLUENTES DA UTE  
MARIO LAGO ASSOCIADO À QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO  
MACAÉ.**

Aprovada ( )

Não Aprovada ( )

Em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Prof. Dr. Paulo Rogério Nogueira de Souza  
Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Jader Lugon Júnior  
Doutor pelo Instituto Politécnico da Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Pedro Paulo Gomes Watts Rodrigues  
Doutor pela University of Newcastle Upon Tyne

Assinatura: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Abelardo e Regina,

Ele por ter me ensinado desde cedo a prosseguir em meus estudos, demonstrando seu orgulho e amor, me incentivando a galgar mais um degrau. Ela por ser uma mãe e mulher virtuosa e que sempre se orgulhou de mim, mostrando em todo o tempo seu amor de mãe e sempre me incentivando e procurando cuidar de mim.

Aos meus irmãos Binho (*in memoriam*) e Dani

Ele, apesar de não estar mais entre nós, me deixa um misto de saudade pela lembrança, mas também uma sensação de vitória por ele ter entendido o plano de Deus em sua vida. À Ana Carolina, semente deixada como nossa herança. À Dani, por ser também minha irmã querida que sempre me apoiou, confiou em mim e por acreditar que também seguirá meus passos na trilha profissional da gestão ambiental. Extensivo a minha sobrinha Júlia e também a mais uma irmã, a Alice, vocês são lindas.

À minha querida família

Como gratidão por me trazer o aconchego do lar, frente ao dia-a-dia entre trabalho na usina e o curso de mestrado, e por me fazer desfrutar dos momentos de alegria, prazer e realização sendo meu apoio ao desenvolvimento profissional ao mesmo tempo que exerço o papel de esposa e mãe. Pelo meu esposo Eduardo ser essa pessoa super responsável que é, por todo seu orgulho de mim, apoio e incentivo. Pelas nossas lindas filhas Amanda e Isabella, que fazem tanto sucesso por serem gêmeas idênticas agora aos 5 anos, e pela nossa filha mais novinha, a Emanuelle, que nasceu quase em sala de aula, e já é aluna do mestrado desde o ventre. Todas as três são lindas, amáveis, sempre sorridentes e abençoadas. São um presente de Deus para completar ainda mais nossa linda família. Minhas bênçãos! Amo vocês!

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela sua bondade e fidelidade. Por ser o meu maior prazer e incentivo em todos os momentos. Por ter me concedido a oportunidade de chegar a reta final deste curso de mestrado. A Ele toda a honra e toda a glória.

Aos meus pais, que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade. Pela educação e formação profissional que foram capazes de me proporcionar.

Ao meu esposo, por sempre ter sido compreensivo, e por ter me apoiado para que eu continuasse me desenvolvendo profissionalmente ao mesmo tempo em que exercia o papel de esposa e mãe.

Aos colegas e amigos do Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental, pelos momentos de companheirismo em sala de aula.

Aos professores e mestres, por toda experiência compartilhada e pelos ensinamentos que me incentivaram, e muito, a prosseguir.

A todos os meus amigos e irmãos do CEI de Barra de São João, por sermos uma grande família.

A EL PASO, A PETROBRÁS S.A., e especialmente a UTE Mario Lago, por ter sido responsável pelos últimos 7 anos de minha experiência profissional. Meu reconhecimento sincero ao Hudson pelo companheirismo, especialmente pelos anos de 2006 e primeiro semestre de 2007, quando gerenciamos os setores de O&M e SMS da usina, frente ao desafio histórico no setor termoeletrico brasileiro, e na UTE Mário Lago, ocasionado pela mudança de regime jurídico de uma empresa de iniciativa privada para uma empresa de economia mista estatal.

## **RESUMO**

Esta pesquisa teve como objetivo final a avaliar o gerenciamento hídrico ambiental em usinas termoelétricas, e em especial realizar um estudo de caso dos efluentes na Usina Termoelétrica Mário Lago, localizada na cidade de Macaé. Foram abordados nesta dissertação a conscientização versus acidentes ambientais, a legislação ambiental brasileira e os requisitos legais aplicáveis a gestão de recursos hídricos, tendências de normas nacionais e internacionais, balanço hídrico e o detalhamento de sistemas de monitoramento de efluentes e qualidade de água implementados na UTE Mario Lago e sua aplicabilidade a outros empreendimentos, usinas termoelétricas, indústrias brasileiras e internacionais. Foram avaliados dados do monitoramento hídrico ambiental da UTE Mário Lago, um grande empreendimento no seguimento termoelétrico entre os anos de 2002 e 2008, tendo sido avaliado o sistema de gestão ambiental com foco em monitoramento de efluentes e qualidade da água do corpo hídrico receptor para um empreendimento industrial, e comentadas as ferramentas essenciais para se promover a melhoria contínua.

Palavras-chave: gerenciamento hídrico, monitoramento de efluentes, gestão ambiental, tratamento de efluentes, usina termelétrica.

## **ABSTRACT**

This research was aimed at assessing the environmental water management in thermoelectric plants, and in particular a study of the case of Mário Lago Power Plant, located in the city of Macaé. Environmental accidents, Brazilian environmental legislation and requirements for the management of water resources were discussed in this dissertation, trends in national and international standards, water balance and systems implemented in Mário Lago Power Plant for monitoring the water quality of effluents, applicability to other thermoelectric plants and industries either in Brazilian or international concepts. Effluent and River Water environmental Monitoring data from Mário Lago Power Plant between the years 2002 and 2008 were evaluated as well as the environmental management system focusing on effluent monitoring and river water quality in order to and comment on the essential tools to promote continuous improvement.

Key words: water management, effluent monitoring, environmental management, effluent treatment, power plant.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Distribuição da Água no Planeta .....	5
Ilustração 2 - Tela do CMC mostrando as Usinas do Parque Gerador Termelétrico .....	27
Ilustração 3 - Localização Regional e Foto Aérea da Usina em Fase de Construção .....	28
Ilustração 4 - Usina Termoelétrica Mário Lago .....	30
Ilustração 5 - Geração de Energia Elétrica a partir do Gás Natural, em Ciclo Simples .....	31
Ilustração 6 - Vista Geral da Estação de Tratamento de Água da Usina, Sistemas de Clarificação, Desmineralização, Tratamento de Efluentes e Canaleta de Drenagem Pluvial. .	35
Ilustração 7 - Fluxograma Simplificado das Principais Correntes de Efluentes e da Drenagem Pluvial .....	36
Ilustração 8 - Registro Fotográfico de Campo Apresentando o Sistema de Tratamento de Esgoto e o Tanque de Saída Geral dos Efluentes da UTE Mário Lago.....	39
Ilustração 9 - Registro Fotográfico do Separador de Água e Óleo da ETA .....	41
Ilustração 10 - Desenho Esquemático de um Separador de Água e Óleo .....	42
Ilustração 11- Tela de Consulta de Aspectos e Impactos no Sistema SMSnet.....	49
Ilustração 12 - Tela de Acesso aos Requisitos Legais Aplicáveis a UTE Mario Lago antes da aquisição da usina pela Petrobrás. ....	50
Ilustração 13 - Tela de Acesso aos Requisitos Legais Aplicáveis a UTE Mario Lago após aquisição da usina pela Petrobrás S.A. ....	52
Ilustração 14 - Tela do Sistema Data Hidro .....	60
Ilustração 15 - Pontos de Monitoramento no Rio Macaé .....	65
Ilustração 16 - Fluxograma Simplificado de Tratamento de Efluentes Líquidos por Processo de Lodos Ativados .....	74
Ilustração 17 - Sistema Típico de Tratamento de Efluentes em Refinarias.....	75
Ilustração 18 - Caracterização dos processos de separação por membranas. ....	76
Ilustração 19 - Membrana (corte e parede porosa da fibra).....	78
Ilustração 20- Sistemas de Membranas da empresa Efluentes Ind e Come de Equip Ltda.....	79
Ilustração 21 - Fluxograma de Tratamento Preliminar de Efluentes Industriais .....	85
Ilustração 22 - Fluxograma de Tratamento Secundário e Terciário de Efluentes Industriais ..	86
Ilustração 23 - Fluxograma de Tratamento de Lodo Gerado em Processos de Tratamento de Efluentes Industriais .....	87
Ilustração 24 - Análise Gráfica de Medições Via Sistema – Etapa Metodológica de Migração de Banco de Dados de Planilha Excel para Software.....	105
Ilustração 25 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro pH na ETE. ....	107
Ilustração 26 - Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro OG na ETE .....	108
Ilustração 27 - Análise Gráfica para o parâmetro RNFT na ETE entre os anos de 2002 e 2006 e ajustes operacionais realizados em 2004 .....	109
Ilustração 28 - Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro RNFT na Estação de Tratamento de Esgoto.....	110
Ilustração 29 - Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro DBO na Estação de Tratamento de Esgoto. ....	111
Ilustração 30 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Materiais Sedimentáveis na Estação de Tratamento de Esgoto. ....	113
Ilustração 31 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Óleos e Graxas Minerais nos Separadores Água e Óleo. ....	115

Ilustração 32 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento de Vazão por meio de operação em batelada.....	117
Ilustração 33 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Óleos e Graxas Minerais no T212 - Efluente Final.....	119
Ilustração 34 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Zinco na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2004 e 2005.....	121
Ilustração 35– Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Materiais sedimentáveis na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.....	123
Ilustração 36 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Alumínio na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2004 e 2005.....	124
Ilustração 37 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro pH na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.....	126
Ilustração 38 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro RNFT na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.....	127
Ilustração 39 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Temperatura na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005... ..	129
Ilustração 40 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Cloro Residual Total na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.....	130
Ilustração 41 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Ortofosfato na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.....	131
Ilustração 42 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Fósforo total na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005... ..	133
Ilustração 43 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Toxicidade na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.....	135
Ilustração 44 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Cobre na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.....	136
Ilustração 45– Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para os Parâmetros Ferro Total e Ferro Solúvel na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.....	138
Ilustração 46 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Coliforme Feca na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.....	139
Ilustração 47 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro DBO na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.....	140
Ilustração 48 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro DQO na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.....	142
Ilustração 49 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro pH.....	143
Ilustração 50 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Temperatura.....	145
Ilustração 51 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Turbidez.....	146
Ilustração 52 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro RNFT.....	148
Ilustração 53 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro RFT entre os anos de 2002 e 2006.....	149
Ilustração 54 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro OG.....	151

Ilustração 55 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro OD .....	153
Ilustração 56 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Alumínio Dissolvido .....	155
Ilustração 57 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Ferro Solúvel .....	156
Ilustração 58 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Ferro Total .....	158
Ilustração 59 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Fósforo Total .....	159
Ilustração 60 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Cloro Residual Total .....	161
Ilustração 61 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Coliformes Fecais.....	163
Ilustração 62 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Condutividade .....	165
Ilustração 63 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro DBO.....	166
Ilustração 64 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro DBO.....	168
Ilustração 65 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro nitrogênio amoniacal .....	169
Ilustração 66 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro nitrato.....	171
Ilustração 67 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro nitrogênio total .....	172
Ilustração 68 - Fotografia aérea da UTE GLB (Termorio).....	207
Ilustração 69 - Fotografia aérea da UTE BLS .....	207
Ilustração 70 – Detalhes do Lançamento de Efluentes da UTE BLS no corpo hídrico receptor Rio Guandu.....	208
Ilustração 71 - UTE Aureliano Chaves - Usina de geração termelétrica à gás natural, ciclo combinado. ....	208
Ilustração 72 - UTE-ST - Usina Termelétrica Sepé Tiaraju, geração termelétrica com turbina a gás de ciclo simples, localizada em Canoas, Rio Grande do Sul .....	209
Ilustração 73 - UTE CF – Usina Termoelétrica Celso Furtado - Usina de geração termelétrica a gás natural, ciclo combinado e co-geração de vapor. ....	209
Ilustração 74 - Complexo Termelétrico Piratininga (UTE-FEG e UTE-Piratininga) UTE - FEG – Usina Termelétrica Fernando Gasparian Usina Termelétrica a Gás Natural em Ciclo Combinado .....	210
Ilustração 75 - Fotografia aérea da UTE-LCP UTE - LCP – Usina Termelétrica Luís Carlos Prestes Usina Termelétrica a Gás Natural em Ciclo Simples , Três Lagoas – MS - Brasil ..	210
Ilustração 76 - Registro Fotográfico de Visita Técnica de Campo e Fluxograma Esquemático da ETE de Cabiúnas .....	211
Ilustração 77 - Estação de Tratamento de Efluentes com Tecnologia de Tratamento Físico Químico e Biológico pela Envirochemie .....	212
Ilustração 78 - Detalhe do Tratamento Biológico implantado pela Envirochemie .....	212
Ilustração 79 - Detalhe do Tratamento Físico-Químico implantado pela Envirochemie .....	213
Ilustração 80 - Tecnologia de Tratamento Aeróbio implantado na Altana-Pharma em Jaguariúna, São Paulo.....	213

Ilustração 81 - Tecnologia de Tratamento Aeróbio implantado na Beiersdorf/Nívea – Itatiba, São Paulo .....	214
Ilustração 82 - Tecnologia de Tratamento Aeróbio implantado na Michelin, Rio de Janeiro	215
Ilustração 83 - Tecnologia de Tratamento de Neutralização, Tratamento aeróbio e Filtração implantado na Eurofarma - Itapevi, São Paulo .....	216
Ilustração 84 - Tecnologia Para Tratamento de Pequenos Volumes implantado na Envirochemie, Rio de Janeiro .....	217

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Eficiência de Remoção de Tratamento de Esgotos Sanitários de Atividades Industriais com Cozinha .....	25
Tabela 2 - Principais Impactos Hídricos e Medidas de Gerenciamento da Usina.....	33
Tabela 3 - Resumo do Programa de Monitoramento na Saída Geral de Efluentes da Usina ...	51
Tabela 4 - Monitoramento de efluentes dos Separadores de Água e Óleo da Usina.....	53
Tabela 5 - Monitoramento de Efluentes Sanitários da Usina .....	54
Tabela 6 - Monitoramento da Saída Geral de Efluentes da Usina .....	55
Tabela 7 - Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé.....	56
Tabela 8 - Monitoramento de Qualidade da Água em 2008 .....	57
Tabela 9 - Principais Indicadores e Metas de Efluentes Líquidos.....	59
Tabela 10 - Principais indicadores e metas de Qualidade do Rio Macaé.....	59
Tabela 11 - Principais Tipos de Efluentes Gerados em Usina Termoelétricas: UTE GLB.....	91
Tabela 12 - Principais Efluentes gerados na UTE FEG .....	96

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Atmos - Módulo de gerenciamento de dados meteorológicos, de qualidade do ar e de emissões;

CEMS - Sistema de Monitoramento Contínuo de Emissões;

CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CFR – *Code of Federal Regulations*

CMC - Centro de Monitoramento e Controle

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DATA HIDRO - Sistema Corporativo de Dados sobre Recursos Hídricos e Efluentes

DBO - Demanda Bio-química de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

DZ – Diretriz d FEEMA

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPA – *Environmental Protection Agency* EMS – *Environmental Management System*

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente;

GCL – Gerenciamento da Conformidade Legal

GPM – Galões por Minuto

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

ISO – *International Organization for Standardization*

LO – Licença de Operação

NBR – Norma Brasileira Registrada

NO<sub>x</sub> – Óxidos de Nitrogênio

NTU – Unidade de Turbidez Nefelométrica

NR – Não Regulado

ONG – Organização não-governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

PBA – Plano Básico Ambiental

PERH – Plano estadual de recursos Hídricos

PH – Potencial Hidrogeniônico

PROAUDI – Sistema de Programação de Auditoria

PROCON ÁGUA - Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos

ERA – Relatório de Acompanhamento de Efluentes

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

RNFT – Resíduo Não Filtrável Total

SiSGIU – Sistema Simplificado de Gerenciamento de Informações da Usina;

SAO – Sistema Separador Água e Óleo

SCR - Sistema Corporativo de Resíduos

SERLA – Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas

SIGA – Sistema Integrado de Gestão de Anomalias

SIGEA - Sistema de Inventário e Gerenciamento de Emissões Atmosféricas

SIGER – Sistema de Gestão por Resultados

SIGLA – Sistema de Gestão de Licenças Ambientais

SIGRH - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SINPEP - Sistema Integrado de Padronização Eletrônica da Petrobrás

SiSGIU – Sistema Simplificado de Gerenciamento de Informações da Usina

SISLEG - Sistema de Gerenciamento, Legislação, Normas e Procedimentos

SLAP – Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SMS – Saúde, Meio Ambiente e Segurança

SMS Net - Sistema Corporativo Informatizado de Apoio ao Levantamento, Avaliação e Gerenciamento dos Aspectos e Impactos Ambientais, Perigos e Riscos de Segurança e Saúde Ocupacional e Gerenciamento de Requisitos Legais e Outros Requisitos.

SST – Sólidos Suspensos Totais

USEPA – *United States Environmental Protection Agency*

UTE – Usina Termelétrica



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	4
1.1	Problema.....	7
1.2	Justificativa.....	7
1.3	Objetivo .....	7
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	9
2.1	Conscientização Ambiental versus Acidentes Ambientais .....	9
2.2	Legislação Ambiental Brasileira e Requisitos Legais Aplicáveis à Gestão de Recursos Hídricos e Efluentes .....	11
2.2.1	Comitês de Bacias Hidrográficas .....	18
2.2.2	Classificação dos Corpos Hídricos e Padrões de Lançamento de Efluentes .....	20
2.2.3	Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos.....	22
2.2.4	CrITÉrios e Padrões para Lançamento de Efluentes Líquidos.....	23
2.2.5	Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos de Origem Industrial.....	23
2.2.6	Controle de Carga Orgânica em Efluentes Sanitários .....	24
2.2.7	Lei Orgânica Municipal de Macaé no Contexto do Lançamento de Efluentes .....	25
2.2.8	Diretrizes Ambientais Internacionais no Contexto do Lançamento de Efluentes .....	26
2.3	Estudo de Caso UTE Mario Lago .....	26
2.3.1	Características do Empreendimento .....	26
2.3.2	Estudo de Impacto Ambiental no Licenciamento .....	31
2.3.3	Balanço Hídrico e Sistemas de Efluentes da UTE Mário Lago .....	33
2.3.4	Requisitos do Sistema de Gestão.....	43
2.3.5	Política.....	47
2.3.6	Planejamento .....	47
2.3.7	Verificação .....	62
2.4	Estudo de Novas Tecnologias de Tratamento de Efluentes .....	66
2.4.1	Processos Físicos .....	69
2.4.2	Adsorção em Carvão Ativado.....	69
2.4.3	Processos de Tratamento Físico-Químico empregando Flotação por Ar.....	71
2.4.4	Tratamento Biológico.....	71
2.4.5	Tratamento de Efluentes por Processos de Lodo Ativado.....	73
2.4.6	Sistema Típico de Efluentes Industriais .....	74

2.4.7	Sistemas Complementares de Tratamento de Água .....	75
2.4.8	Tecnologia Avançada Por Membranas.....	76
2.4.9	Sistemas Avançados de Tratamento de Água e Efluentes.....	84
2.4.10	Tratamentos Preliminar, Secundário e Terciário de Efluentes Industriais .....	84
2.4.11	Tratamento de Lodo em Processos de Efluentes Industriais .....	86
2.4.12	Tecnologia Por Processos Combinados.....	87
2.4.13	Estudos para Tratamento de Efluentes com Altos Níveis de Zinco .....	89
2.5	Uma Abordagem do Gerenciamento de Efluentes em Usinas Termoelétricas Brasileiras .....	91
2.5.1	Usina Termoelétrica Governador Leonel Brizola - UTE GLB .....	91
2.5.2	Usina Termoelétrica Barbosa Lima Sobrinho - UTE BLS.....	92
2.5.3	Usina Termoelétrica Aureliano Chaves - UTE ACH .....	93
2.5.4	Usina Termoelétrica Fernando Gasparian - UTE FEG .....	95
2.6	A Estação de Tratamento de Efluentes de Cabiúnas .....	97
2.7	Pesquisas no Âmbito da Petrobrás Realizadas pelo CENPES Sobre o Tema de Efluentes .....	97
2.7.1	Tecnologias Voltadas Para a Excelência Ambiental .....	98
3	METODOLOGIA.....	102
3.1	Seqüência Metodológica da Dissertação .....	103
3.2	Etapa Metodológica de Migração de Banco de Dados.....	104
3.3	Análise Gráfica de Medições de Parâmetros Frente a Regulamentações Aplicáveis. ....	106
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	107
4.1	Avaliação de Conformidade .....	107
4.1.1	Resultado de Avaliação de Conformidade dos Efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto na UTE Mário Lago.....	107
4.1.2	Resultado de Avaliação de Conformidade dos Efluentes Separadores Água e Óleo na UTE Mário Lago.....	114
4.1.3	Resultado de Avaliação de Conformidade da Saída Geral de Efluentes na UTE Mário Lago .....	116
4.1.4	Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé.....	143
5	CONCLUSÕES.....	175
5.1	Considerações Finais e Recomendações .....	175
5.1.1	Estação de Tratamento de Esgoto.....	177

5.1.2	Sistemas Separadores Água e Óleo .....	178
5.1.3	Tanque de Saída Geral dos Efluentes T212.....	179
5.1.4	Qualidade da Água no Rio Macaé.....	185
5.1.5	Monitoramento Biológico da Qualidade da Água no Rio Macaé .....	191
5.1.6	Oportunidades de Trabalhos Futuros.....	191
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	192
	APÊNDICE A – FLUXOGRAMAS DAS PRINCIPAIS CORRENTES DE EFLUENTES, BALANÇO HÍDRICO E HISTÓRICO DE GERAÇÃO E CONSUMO DE GÁS DA UTE MÁRIO LAGO.....	197
	APÊNDICE B – REGISTO FOTOGRÁFICO DE USINAS TERMOELÉTRICAS BRASILEIRAS .....	207
	APÊNDICE C – REGISTO FOTOGRÁFICO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIAS BRASILEIRAS.....	211

## 1 INTRODUÇÃO

Ingenuamente muitas pessoas ainda consideram a água como um recurso abundante. Outras poupam sua utilização para diminuir gastos mensais, mas estão longe de compreender sua real importância. De acordo com o Ph.D. holandês J. W. Maurits (1989), a água é o constituinte mais característico da terra, sendo ingrediente essencial à vida e talvez o recurso mais precioso que a terra fornece a humanidade, ele destaca ainda que o futuro da espécie humana e de muitas outras pode ser comprometido a menos que haja uma melhora significativa no gerenciamento dos recursos hídricos terrestre.

O volume total de água no planeta é constante e as reservas somam aproximadamente 1.386 milhões de km<sup>3</sup>. O volume de água doce representa cerca de 35 milhões de km<sup>3</sup>, ou 2,52% da quantidade total de água no planeta. Deste volume total, os rios representam 0,00009%, os Lagos 0,009% e a água contida na atmosfera 0,0009%. De acordo com GLEICK (1993) a distribuição de água no planeta não é uniforme, o que produz alterações continentais, regionais e locais no uso dos recursos hídricos, com profundas implicações econômicas e, apesar da água ser abundante na média global, nós freqüentemente não a obtemos quando e onde queremos, ou na forma que ela é desejada.

Em termos de disponibilidade ou escassez de recursos hídricos a distribuição da água no planeta se dá da seguinte forma: 97,5% de água salgada em oceanos e mares e 2,5% em água doce. Deste pequeno percentual de água doce, aproximadamente 68,9% encontram-se nas geleiras, 29,9 constituem as águas subterrâneas, 0,9% pântanos e umidade do solo e 0,3% rios e Lagos. Acredita-se que menos de 1% da água doce seja potável.

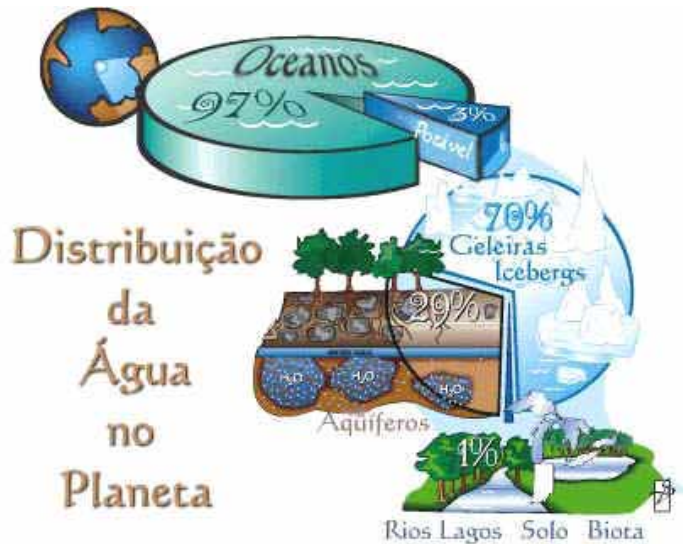
Por exemplo, a Ásia tem 60% da população mundial e somente 36% de recursos hídricos enquanto a América do Sul tem 6% da população e 26% das águas mundiais. A distribuição desigual também ocorre dentro de cada país. O planeta possui mais de 6 milhões de pessoas, os problemas atingem, de maneira cruel, os mais pobres dos países pobres, que sofrem as enfermidades relacionadas com a água, vivem em locais de risco e degradados com dificuldades para suprir as necessidades básicas de alimentação, o que inclui o acesso à água para sobrevivência.

De acordo com REBOUÇAS (1999) a baixa eficiência dos serviços de oferta d'água nas cidades, os grandes desperdícios e a degradação da sua qualidade em níveis nunca

imaginados, poderão colocar países ricos de água doce, como o Brasil, na vala comum dos pobres e muitos pobres de recursos hídricos.

Segundo o Relatório do Banco Mundial (1992), o consumo médio de água, por nível de renda na classe baixa é de 386 m<sup>3</sup>/hab, na classe média é de 453 m<sup>3</sup>/hab e na classe alta 1.167 m<sup>3</sup>/hab. A distribuição desigual da água tem causado sérias limitações para o desenvolvimento de várias regiões.

A Ilustração 1 apresenta a disponibilidade e escassez de recursos hídricos no planeta.



**Ilustração 1 - Distribuição da Água no Planeta**

Fonte: Site <[www.geocities.com](http://www.geocities.com)> acesso em 15/02/08

De acordo com informações disponibilizadas no *website* [www.eco.unicamp.com.br](http://www.eco.unicamp.com.br) o homem tem utilizado, em suas atividades, aproximadamente 2,5 vezes mais água do que a quantidade disponível em todos os rios do planeta, o que tem obrigado a crescente utilização da água existente nos Lagos e em lençóis subterrâneos.

Em termos de uso da água no mundo o setor agrícola conta com 70,1% para captação, enquanto que os setores industrial e abastecimento contam com 20,0 e 9,9%. Já em termos de consumo os percentuais são 93,4 para o setor agrícola, 3,8% para o industrial e 2,8% para abastecimento.

Segundo dados da ONU (1997) atualmente, há mais de 1 bilhão de pessoas sem suficiente disponibilidade de água para consumo doméstico. Estima-se que, para o século XXI, metade

da população mundial sofrerá com a falta de água ou disporá apenas de água insalubre, segundo estudos da Comissão Mundial da Água, como consequência da contaminação de rios e mares, do desperdício e da má administração de recursos naturais.

Dentro deste contexto diversas organizações industriais vêm reconhecendo a necessidade de reestruturar seu gerenciamento hídrico ambiental, em função da competitividade, sobrevivência e por pressão da opinião pública, que não vê na indústria o controle dos riscos e priorização das questões de proteção do meio ambiente. A percepção negativa do público pressiona os órgãos ambientais e os legisladores, o que acaba por gerar regulamentações ambientais cada vez mais restritivas e severas, exigindo das indústrias soluções cada vez mais complexas para atendimento dos requisitos legais.

O gerenciamento hídrico ambiental em usinas termelétricas abrange uma vasta gama de questões, com implicações estratégicas para sua competitividade, a saber: a legislação ambiental cada vez mais ampla, a opinião pública negativa, a ocorrência dos acidentes ambientais, a redução dos custos, a pressão política de ONGs entre outros.

Este trabalho se propõe a realizar um estudo dos efluentes da Usina Termelétrica Mário Lago associado a qualidade da água no rio Macaé e procurará mostrar, identificar e analisar de forma clara e objetiva elementos de suma importância para a gestão ambiental de empreendimentos industriais como por exemplo usinas termelétricas. A seguir será apresentada a delimitação do estudo, os objetivos a serem atingidos e os procedimentos metodológicos que darão suporte a pesquisa.

A pesquisa analisará a gestão ambiental da UTE Mario Lago considerando o monitoramento dos efluentes lançados pela usina no corpo hídrico receptor, no caso o rio Macaé, como também, mostrar os sistemas e equipamentos utilizados, os problemas apresentados, baseado na tecnologia adotada e nos dados analisados.

## **1.1 Problema**

Levando-se em conta a relevância da questão do gerenciamento dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável da atividade industrial em geral, até que ponto, o modelo adotado na UTE Mário Lago pode servir como base para o gerenciamento hídrico ambiental de usinas termoeletricas e da indústria brasileira?

A origem deste trabalho vem então da necessidade de avaliar o gerenciamento hídrico ambiental em usinas termoeletricas, e em especial, o caso dos efluentes da Usina Termoeletrica Mário Lago associado a qualidade da água no rio Macaé.

O modelo adotado na UTE Mário Lago poderia ser eficaz para o gerenciamento hídrico ambiental de usinas termoeletricas e da industria brasileira? Este modelo se aplica também a empreendimentos industriais no exterior?

## **1.2 Justificativa**

O estudo de caso dos efluentes em uma usina termoeletrica brasileira, como a UTE Mario Lago, traz muitos beneficios pois pode ser aplicada ao setor elétrico nacional ou internacional, trazendo melhoria contínua ao gerenciamento hídrico ambiental de um determinado empreendimento potencialmente poluidor.

Esta pesquisa é relevante por ser uma forma efetiva de analisar e conhecer os instrumentos existentes para o gerenciamento hídrico ambiental de um grande empreendimento como a UTE Mario Lago, verificando o impacto gerado na qualidade da água no rio Macaé, receptor dos efluentes lançados pela unidade.

## **1.3 Objetivo**

Realizar um estudo de caso da gestão ambiental de um grande empreendimento no setor elétrico brasileiro, com foco no estudo dos efluentes da UTE Mário Lago, associado à qualidade da água no rio Macaé; identificando e analisando os instrumentos de gestão existentes na UTE Mario Lago.

Para tanto este trabalho se propõe a atingir os seguintes objetivos específicos:

- Descrever o contexto histórico da preocupação com o meio ambiente incluindo os aspectos relevantes relacionados a questão do gerenciamento hídrico;
- Relacionar a ocorrência de acidentes à aspectos de conscientização ambiental;
- Identificar na Legislação Ambiental Brasileira os requisitos legais aplicáveis a recursos hídricos;
- Analisar o caso da UTE Mário Lago, suas características, impactos potenciais relacionados ao tema proposto, balanço hídrico;
- Descrever sistemas de efluentes, sistemas de gestão e monitoramento de existentes na UTE Mario Lago;
- Identificar os conceitos de operação;
- Apresentar requisitos do sistema de gestão integrada e suas principais ferramentas;
- Identificar os conceitos e requisitos legais aplicáveis;
- Analisar o lançamento de efluentes, avaliando dados de monitoramento e medição;
- Identificar parâmetros potencialmente passíveis de alterar a qualidade da água no rio Macaé;
- Realizar investigações necessárias para os parâmetros que se mostrarem em violação dentro dos padrões aplicáveis ao monitoramento de efluentes e qualidade da água;
- Propor oportunidades de melhorias às usinas termelétricas;
- Pesquisar as novas tecnologias de gestão e monitoramento de efluentes;
- Avaliar aplicabilidade do modelo adotado a outras termelétricas e empreendimentos industriais.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Conscientização Ambiental versus Acidentes Ambientais

O homem se relaciona com o meio ambiente desde que surgiu na face da terra pois da sua relação com o meio ambiente dependia sua sobrevivência: saber quais frutos eram comestíveis, como encontrar água durante a estação seca, como evitar animais perigosos, quais materiais melhor se adaptariam a construção de suas casas, como fazer bom fogo.

Com o tempo o homem passou a ter maior conhecimento do meio ambiente e a explorar mais seus recursos, causando cada vez mais impactos ao mesmo. Alguns exemplos de aspectos ambientais e respectivos impactos são: a geração de resíduos sólidos e contaminação do solo; a emissão de poluentes atmosféricos e alteração da qualidade do ar; e o lançamento de efluentes sanitários e industriais e conseqüentemente a alteração da qualidade de águas superficiais. Este último exemplo é o tema a ser explorado nesta pesquisa.

Vários eventos culminaram por despertar a opinião pública quanto a degradação ambiental, especialmente de recursos hídricos, entre eles o famoso acidente na Baía de Minamata, em 1956 no Japão, onde o mercúrio orgânico foi a causa da morte de 46 pessoas e da intoxicação de centenas de outras que haviam consumido peixe contaminado pelo metal lançado nos efluentes de uma fábrica de produtos químicos.

A revolução industrial propiciou a sociedade melhorias associadas a conforto, novas tecnologias e serviços, mas também trouxe consigo alguns impactos ao meio ambiente. Muitos acidentes tecnológicos, também chamados industriais, ocorreram a partir da Revolução Industrial.

Os grandes acidentes tecnológicos ocorridos nas décadas de 70 e 80 acabaram por desgastar a boa imagem das indústrias, entre eles:

- Sevezo, na Itália em 1976, um total de 220.000 feridos devido a um vazamento de tetraclorodibenzenodioxina;
- Bophal, na Índia em 1984, o maior acidente da indústria química, com um total de mais de 4000 mortos e 200.000 feridos devido vazamento de metil isocianato, e mais de 15000 mortos até hoje segundo dados não oficiais;

- Exxon Valdez, em 1989, vazamento de 44 milhões de óleo no golfo do Alasca, provanco encalhe do navio petroleiro em rocha submersa.

Na última década alguns cenários de grandes acidentes ambientais também culminaram por contaminar corpos hídricos receptores, a saber:

- No início do ano 2000, em 18 de janeiro, um vazamento de 1,29 milhões de litros de óleo na Baía de Guanabara, RJ;
- Minas Gerais, no Brasil em 2003 a barragem de um reservatório da Cataguazes Indústria de Papel se rompeu, liberando 1,2 bilhão de litros de resíduos tóxicos no córrego do Cágado e rio Pomba contaminando também o rio Paraíba do Sul.

De acordo com MARTINI & GUSMÃO (2003) a percepção negativa do público relativa a indústria é comprovada por pesquisas realizadas em diversos países com diferentes níveis de desenvolvimento econômico, localização geográfica e nível cultural.

A preocupação ambiental ganhou corpo a partir da década de 60 em um evento internacional do Clube de Roma, cujo objetivo era discutir a reconstrução dos países no pós-guerra e os negócios internacionais e, principalmente, a poluição dos rios europeus.

A Conferência de Estocolmo, primeira reunião sobre a questão ambiental realizada pela Organização das Nações Unidas - ONU, em 1972, é considerada um marco histórico para o despertar de uma consciência ambiental, contudo ela não produziu soluções ambientais, mas legitimou uma política mundial para o meio ambiente. A partir daí vários países deram início a programas de controle ambiental, criando legislações específicas.

Em 1975 foi criado o Programa do Meio Ambiente das Nações Unidas, trazendo um novo conceito de desenvolvimento, questionando consumismo exagerado e deterioração da natureza. Passa-se a pensar em temas como qualidade ambiental e a possibilidade de escassez dos recursos naturais, que poderiam vir a comprometer as gerações atuais e futuras, ou seja, a própria sobrevivência humana.

Em 1992 foi realizada a Conferência das Nações Unidas na cidade do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, tida não como marco zero da corrida pela preservação, mas sim como o início da conscientização de toda humanidade no sentido de se preservar a natureza.

O comportamento na evolução da gestão ambiental no mundo passou e vem passando por várias mudanças ao longo do tempo: até a década de 60 possuiu um caráter insatisfatório, sem tratamento algum; até a década de 70 possuiu um caráter reativo, ineficiente e custoso, se limitando a atendimento a regulamentos apenas após uma ocorrência; entre as décadas de 70 e 80 possuiu um caráter intermediário entre reativo e pró-ativo, através do acompanhamento de novas legislações, planejamento para minimizar o impacto das mesmas, implementação de controles; a partir de 1996 possuiu um caráter mais pró-ativo, através de iniciativas de planejar, executar e manter práticas ambientais responsáveis, mesmo quando não requeridas por legislação.

## **2.2 Legislação Ambiental Brasileira e Requisitos Legais Aplicáveis à Gestão de Recursos Hídricos e Efluentes**

O Direito Ambiental é um dos mais modernos ramos do direito, é multidisciplinar, se utilizando de institutos de direito penal, civil e administrativo para tornar efetivas suas normas.

Analisando-se a evolução do direito ambiental brasileiro, pode-se fazer algumas observações a respeito da questão ambiental, por exemplo:

- A Constituição Imperial de 1824 que não fazia nenhuma alusão ao Meio Ambiente;
- As primeiras Constituições Republicanas, em 1891 e 1934 abordaram o Meio Ambiente, as não devido essencialmente a preocupação com a sua conservação, e sim visando o seu caráter econômico;
- As Constituições de 1937, 1946 e 1967 passaram a observar o Meio Ambiente mais sobre o enfoque da preservação, no entanto, a questão econômica ainda era o foco principal destes Diplomas Legais;
- Até o início dos anos oitenta pode-se dizer que não havia uma legislação de proteção do meio ambiente, pois o objetivo era econômico e não ambiental;

Finalmente surge a Constituição Federal de 1988, quando a preocupação com a defesa e conservação do Meio Ambiente já fazia parte dos ordenamentos internacionais. Esta, ainda vigente dedicou um capítulo inteiro sobre o meio ambiente. O artigo 225 afirma que o Meio Ambiente é um direito de todos, atribuindo a responsabilidade para com a preservação

ambiental não só ao Poder Público, mas também a sociedade como um todo, o que incentivou ainda 30 mais a criação de novas normas que abordassem a questão ambiental e as atividades exercidas sobre o meio ambiente.

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (Constituição Federal, artigo 225)

Com o advento da Lei nº. 6.938/81, que criou a Política Nacional do Meio Ambiente, passou-se a ter a visão protecionista, instituindo as responsabilidades à pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que, direta ou indiretamente, causar degradação ambiental, o princípio do poluidor pagador, independentemente de culpa, adotando-se para o caso a teoria da responsabilidade objetiva.

Esta Lei introduziu na esfera da legislação ambiental brasileira a aplicação da Teoria da Responsabilidade Objetiva, mediante a qual se configura a responsabilidade civil do poluidor bastando que se estabeleça um nexo de causalidade entre sua conduta e o dano

ambiental havido, sem necessidade de qualquer investigação a respeito de sua intenção de causar o dano (dolo) ou mesmo - não havendo tal intenção - de ter ele agido com culpa

(negligência, imperícia ou imprudência).

Pelo Princípio da Responsabilidade Objetiva basta a existência do dano e o nexo com a fonte causadora da poluição ou degradação do Meio Ambiente.

“Sem prejuízo das penas administrativas previstas neste artigo, o poluidor é obrigado, independente de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiro, afetados por sua atividade” (Lei 6.938 de 31/08/1981: Art. 14, § 1º)

Caso Fortuito ou Força Maior não são considerados Excludentes de Punibilidade. A tendência da doutrina é no sentido de não aceitar as clássicas excludentes da responsabilidade.

“... *aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência, ou imprudência, violar direito, ou causar prejuízo a outro, fica obrigado a reparar o dano...*” (Art. 159 do Código Civil Brasileiro, 1981).

De acordo com Art. 927, § único do Código Civil haverá obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os

direitos de outrem. Pelo Código civil a apuração da responsabilidade está baseada na teoria clássica da culpa. Consagrar a responsabilidade baseada na subjetividade, ou seja, na culpa é a tendência do sistema jurídico brasileiro.

Entretanto, o tratamento dispensado ao meio ambiente é totalmente diferente pois é um direito difuso, e não individual, e na maioria das vezes, o dano ambiental atinge proporções, que o tornam irreparável.

Para fins de proteção ambiental provar algum tipo de poluição seria muito dispendioso, necessitando de coleta de material, análises laboratoriais, pareceres e perícias de profissionais especializados. Neste contexto entra a inversão do ônus da prova, onde havendo ou não o dano, a produção da prova é transferida para o acusado, que quase sempre são fortes grupos econômicos.

A evolução da lei foi no sentido de se abstrair a idéia de culpa, estabelecendo a obrigação de reparar o dano, desde que constatada sua autoria. Uma vez apurada a existência do fato danoso, caberá indenização por parte do ofensor ou de seu preponente.

Com o conhecimento e divulgação da legislação tornou-se mais concreta a prática de punir os poluidores do meio ambiente, deixando de lado, de uma vez por todas, a teoria subjetiva. É crescente o número de casos de aplicação da responsabilidade objetiva, tanto na doutrina como na jurisprudência, o que representa um grande avanço para a tutela ambiental.

A teoria subjetiva ou da culpa é considerada inadequada na esfera civil ambiental. Em hipótese alguma, admite-se sua aplicação, pois seria uma valorização exacerbada do direito individual em detrimento da coletividade. Indiscutivelmente a responsabilidade civil objetiva é a única compatível com a matéria ambiental.

Para o direito ambiental brasileiro, o que muda com a lei 6.938/81? A responsabilização na esfera civil; a imputabilidade na esfera civil; a atividade industrial ser responsável por algo que não era antes, na esfera civil; a responsabilização solidária, na esfera civil; a inversão do ônus da prova na apuração da responsabilidade civil.

A Lei nº. 6.938/81 garantiu expressamente a teoria da responsabilidade objetiva, na esfera civil ambiental. Não há excludente de responsabilidade na esfera ambiental civil, por exemplo, se um trem carregado de combustível cair duma ponte durante um terremoto ou se um Caminhão roubado tiver sua carga química lançada num rio que abastece cidades próximas.

A Lei da Política Nacional de Meio Ambiente criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente SISNAMA, que necessitaria de um órgão para executar e outro para deliberar essa política ambiental, a nível federal. Para isso foram criados, respectivamente, o IBAMA e o CONAMA. Esta lei impôs ao poluidor a obrigação de, independentemente de culpa, reparar ou indenizar os danos causados ao meio ambiente e/ou a terceiros afetados por sua atividade.

Para a efetivação dessa obrigação, conferiu a lei ao Ministério Público Federal e Estadual a competência para a propositura de Ação Civil para a reparação ou indenização do dano.

Apenas em 24 de julho de 1985 é que foi sanada tal omissão, quando foi promulgada a Lei nº. 7.347. Tal lei estabeleceu a Ação Civil Pública como instrumento processual adequado à defesa, em juízo, do meio ambiente. Esta lei também criou o Inquérito Civil, mecanismo por meio do qual o Ministério Público, diante de uma situação de potencial caracterização de dano ao meio ambiente ou a terceiros, pode buscar as informações necessárias à adequada formação de juízo quanto ao cabimento, viabilidade e necessidade de propositura da Ação Civil Pública.

Estabelecido o sistema legal constituído pela Lei nº. 6.938/81, e instrumentalizado este pela Lei nº. 7.347/85, veio a Constituição Federal, de 5 de outubro de 1988 dar o status constitucional a tal sistema. A Carta Magna, no artigo 225 fixou os princípios gerais em relação ao meio ambiente, estabelecendo no parágrafo terceiro que as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão aos infratores às sanções, independentemente da obrigação de reparar o dano causado. A grande novidade foi a responsabilidade penal para a pessoa jurídica.

“As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”. (Constituição Federal: Art. 225, § 3º)

Somente em 1998 veio a lei nº. 9.605, diploma legal constituído de 82 artigos distribuídos em 8 capítulos, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, que estabeleceu as sanções penais e administrativas, regulamentando a Constituição. A partir daí, com os poderes atribuídos ao Ministério Público, pela própria Constituição e depois pelo Código de Defesa do Consumidor, somado à atividade dos órgãos ambientais, começa a haver a efetividade desta lei, passando especialmente as empresas a correrem sérios riscos ao não observarem as regras ambientais, podendo sofrer severas e pesadas penas, tanto administrativas, civis e penais, que vão desde a interrupção das atividades, suspensão de direitos, tais como, não participar de licitações, não

receberem incentivos fiscais, ou financiamentos oficiais, ou ainda, trabalhos comunitários, a prisão de todos que colaboraram para o delito, dirigentes ou não, mais multa, independentemente do dever de reparar os danos. Esta lei teve como uma das primeiras vantagens, a consolidação em grande parte de diversos textos legais que se encontravam dispersos, contudo, não incluiu certas práticas relacionadas a cetáceos e manipulação genética, que poderiam ser consideradas por alguns como crimes ambientais.

A Lei de Crimes Ambientais trouxe ainda inovações para o Direito Penal Brasileiro, entre elas, pode-se citar como a mais importante a responsabilidade penal da pessoa jurídica, até então não tipificada em nenhum outro ordenamento e, a adoção de princípios do direito penal moderno, como a aplicação de penas alternativas e a ampliação da abrangência da lei 9.099/95 (Juizados Especiais).

“Poderá ser desconsiderada a pessoa jurídica sempre que sua personalidade for obstáculo ao ressarcimento de prejuízos causados à qualidade do meio ambiente”. (Art. 4º)

Esse princípio visa tornar sem efeito qualquer artifício societário que se idealize para criar obstáculos formais ao pleno ressarcimento dos danos.

Outras leis e normas importantes foram editadas no mesmo período, ressaltando-se a Lei das Águas, que cria os comitês de gerenciamento de bacias, a legislação de embalagens dos agrotóxicos, as Resoluções do CONAMA, editadas a partir de 1986.

A legislação ambiental iniciou em 1981, mas a efetividade das normas está ocorrendo a partir da regulamentação do artigo 225 da Constituição Federal, principalmente pela da lei 9.605/98, que estabelece as sanções penais e administrativas a quem descumprir a vastíssima legislação de proteção ao meio ambiente, tanto no âmbito federal, como estadual ou municipal, trazendo como novidade a responsabilidade penal da pessoa jurídica.

As sanções penais vão da reparação do dano causado, multas elevadas, suspensão ou interrupção da atividade do estabelecimento, proibição da participação de licitações, exclusão de benefícios tributários, não contratação de financiamentos oficiais, prestação de serviços comunitários, e outras sanções administrativas, não se excluindo a responsabilidade pessoal de todos que foram co-responsáveis pelo delito com a devida pena de prisão. A penalização adicional que é a do próprio mercado, que exige, cada vez mais, produtos ambientalmente corretos.

No que diz respeito ao gerenciamento de recursos hídricos e efluentes, no âmbito federal, o Decreto 24643, de 10/07/1934 regulamenta o Código das Águas, trazendo obrigação do uso do recurso hídrico pela organização ser devidamente outorgado.

Em 1987, o governo paulista criou, através do Decreto 27.576, o primeiro Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH - composto exclusivamente por órgãos e entidades do Estado, para propor a política relativa aos recursos hídricos e estruturar um Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SIGRH - com a elaboração do Plano Estadual.

Em 1989, a Constituição Estadual determinou a instituição por lei do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SIGRH - com participação de órgãos estaduais, municipais e da sociedade civil, com o objetivo de assegurar:

- uso racional da água e a prioridade para abastecimento público;
- a gestão descentralizada, participativa e integrada dos recursos naturais;
- aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos e o rateio de custos das obras.

Em 1990, o Estado produziu o Primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos, com base em um diagnóstico sobre o uso e o controle da água.

A Lei 7.663 de 1991 instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e os seus princípios, além de diretrizes para atualização periódica do Plano Estadual de Recursos. Esta lei paulista foi fruto de amplos debates e audiências públicas realizadas no Instituto de Engenharia e na Comissão de Meio Ambiente da Assembléia Legislativa. Assim, nasceu o primeiro modelo de Lei participativa para as águas.

A PERH determina:

- a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico territorial de planejamento;
- gerenciamento integrado, descentralizado e participativo;
- reconhecimento da água como um bem público de valor econômico;
- a compatibilização do gerenciamento dos recursos hídricos com a proteção do meio ambiente e desenvolvimento sustentável;
- a participação da sociedade nos processos decisórios, através da composição dos comitês de bacias.



A Lei Paulista das Águas representou uma verdadeira revolução conceitual e a esperança de que as ações e obras não sejam mais efetivadas de forma setorial e isoladas, sem mecanismos de controle, monitoramento e participação da sociedade.

A Declaração de Dublin evidencia que:

“a escassez e o desperdício da água doce representam sérias e crescentes ameaças ao desenvolvimento sustentável e a proteção ao meio ambiente, a saúde e o bem estar do homem, a garantia de alimentos, o desenvolvimento industrial e o equilíbrio dos ecossistemas estarão sob risco se a gestão da água e do solo não se tornarem realidade na presente década, de forma bem mais efetiva do que tem sido no passado”.

Nessa conferência foram estabelecidos os chamados “Princípios de Dublin” que norteiam a gestão e as políticas públicas para as águas em todo o mundo.

Durante a Eco 92, realizada no Rio de Janeiro, o Brasil foi signatário da Agenda 21 - documento assinado por 170 países, que representa o esforço conjunto desses governos e povos para identificar ações que aliem desenvolvimento a proteção ambiental. O capítulo 18 desse documento trata da água e o 23 destaca que a participação dos cidadãos é pré-requisito fundamental para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Em 1995 a União criou o Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e, no dia 08 de janeiro de 1997 foi sancionada a Lei 9433 que define a Política Nacional de Recursos Hídricos e instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Os objetivos da Política Nacional das Águas são apresentados a seguir:

Assegurar à atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

A prevenção e a defesa contra eventos críticos, de origem natural ou decorrente do uso integrado dos recursos hídricos.

A Lei Brasileira das Águas coloca o país entre as Nações de legislação mais avançadas do mundo. A Política Nacional de Recursos Hídricos prevê a gestão integrada e tem como instrumentos para viabilizar a sua implantação, os planos de bacias, o enquadramento dos corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes, a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água, a ANA - Agência Nacional de Águas e o sistema de informações.

A Política Nacional traz como fundamento o conceito da água como um bem de domínio público, dotado de valor econômico, tendo como usos prioritários o abastecimento humano, a dessedentação de animais e a gestão por bacia hidrográfica.

### **2.2.1 Comitês de Bacias Hidrográficas**

O Comitê de Bacias Hidrográficas é um órgão colegiado, inteiramente novo na realidade institucional brasileira, contando com a participação dos usuários, da sociedade civil organizada, de representantes de governos municipais, estaduais e federal. Esse ente é destinado a atuar como “parlamento das águas”, posto que é o fórum de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas têm, entre outras, as atribuições de:

- promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos da bacia;
- articular a atuação das entidades que trabalham com este tema; arbitrar, em primeira instância, os conflitos relacionados a recursos hídricos;
- aprovar e acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da Bacia;
- estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados;
- estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

A questão da redução da disponibilidade hídrica, que já ocorre em várias regiões do nosso país, justifica os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433), publicada em 1997, criando o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, com os seguintes objetivos:

- assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água;
- a utilização racional e integrada dos recursos hídricos;
- a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Logo, no primeiro artigo da Política Nacional de Recursos Hídricos, podem ser encontrados alguns conceitos muito importantes que fundamentam a criação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos:

I – água é um bem de domínio público;

II – a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos

VI – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Partindo desses conceitos, a Política Nacional de Recursos Hídricos trouxe novos paradigmas, como a gestão por bacia hidrográfica, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação popular. Para o planejamento e gestão das águas das bacias, a Política Nacional de Recursos Hídricos criou os seguintes fóruns de trabalho: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e os Comitês de Bacias Hidrográficas.

A Política Nacional de Recursos Hídricos criou novos instrumentos de gestão dos Recursos Hídricos como: os Planos Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos; os Planos de Bacias; a Outorga de direito de uso dos recursos hídricos; a Cobrança pelo uso da água; o Sistema de Informações; e o Enquadramento dos corpos d'água. Para consolidar o ciclo de gestão das águas, após a cobrança, está prevista a aplicação dos recursos arrecadados para a formulação e execução das ações contidas nos Planos de Bacia, que têm como objetivo a melhoria das condições das águas nas bacias hidrográficas.

A Resolução 16 de 08/05/2001, em esfera federal, Trata de outorgar o direito de uso de Recursos Hídricos que é o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado previamente ou mediante o direito de uso do Recurso Hídrico por prazo determinado. A organização deverá possuir outorga para a captação e o lançamento de efluentes no corpo receptor esta deverá estar dentro do prazo de validade.

A Resolução CNRH nº 65, de 07 de dezembro de 2006 estabelece diretrizes de articulação dos procedimentos para obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos com os procedimentos de licenciamento ambiental.

No âmbito estadual, a Portaria 339, de 06/04/2004 estabelece os procedimentos técnicos e administrativos para cadastro, visando à regularização dos usos de recursos hídricos, superficiais e subterrâneas, no âmbito do Estado do Rio de Janeiro.

A Lei Estadual 1803, de 25/03/1991 cria, no Rio de Janeiro, a Taxa de Utilização de Recursos Hídricos de Domínio Estadual – TRH.

A Lei 4247 de 16/12/2003 estabelece critérios gerais e procedimentos técnicos e administrativos para cadastro, requerimento e emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências.

A Portaria SERLA nº 567, de 07 de maio de 2007 estabelece os procedimentos técnicos e administrativos para fins de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, bem como a sua renovação, alteração, transferência, desistência, suspensão e renovação em corpos d'água sob domínio do Estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências. De acordo com esta Portaria todos os usuários de recursos hídricos, superficial e subterrâneo, de domínio do Estado do Rio de Janeiro deverão cadastrar-se no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - CNARH.

A lei nº5.234 de 05 de maio de 2008 altera a lei nº4.247, de 16 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a cobrança pela Utilização dos recursos Hídricos de Domínio do Estado do Rio De Janeiro e dá outras providências.

### **2.2.2 Classificação dos Corpos Hídricos e Padrões de Lançamento de Efluentes**

A Resolução CONAMA 357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento em todo território nacional, bem como determina os padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

De acordo com esta resolução as águas doces, salobras e salinas do território nacional são classificadas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. As águas doces são classificadas em: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3, classe 4; enquanto que as águas salinas e as águas salobras são classificadas apenas em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3.

As águas doces classificadas em classe especial são aquelas destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;

- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

As águas doces de classe 1 são aquelas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- 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
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

No caso específico deste estudo de caso o corpo hídrico receptor dos efluentes da UTE Mário Lago é o rio Macaé, que está enquadrado de acordo com esta resolução como águas doces de classe 2, que são:

Águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

Águas de classe 3 são aquelas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.

As águas de classe 4 são aquelas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Cabe destacar que os artigos 15 e 34 merecem destaque uma vez que tratam especificamente das águas doces de classe 2 e do lançamento de efluentes, objeto desta dissertação, definindo os limites aceitáveis.

Recentemente, a Resolução 397 de 03/04/2008 alterou parte do artigo 34 da Resolução CONAMA 357/05, no que diz respeito ao parâmetro temperatura em se tratando do lançamento de efluentes com o objetivo de não comprometer os usos previstos para o corpo d'água e revisa a tabela de padrões de lançamento de efluentes.

O artigo. 46 da CONAMA 357/05 exige apresentação ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, de declaração de carga poluidora, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica.

A declaração deve conter, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa de seus efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos, o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle da poluição. O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e formas para apresentação da declaração, inclusive, dispensando-a se for o caso para empreendimentos de menor potencial poluidor.

### **2.2.3 Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos**

Em esfera estadual, a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA a diretriz da FEEMA DZ 942.R7 estabelece as diretrizes do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos – PROCON ÁGUA., onde os responsáveis por atividades poluidoras informam regularmente a este órgão ambiental através do Relatório de Acompanhamento de Efluentes – RAE as características qualitativas e quantitativas de seus efluentes líquidos, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP.

A NT-213.R-4 estabelece os critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais no estado do Rio de Janeiro.

#### **2.2.4 Critérios e Padrões para Lançamento de Efluentes Líquidos**

A NT-202.R-10 estabelece os critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos no estado do Rio de Janeiro, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP. Esta Norma Técnica aplica-se aos lançamentos diretos ou indiretos de efluentes líquidos, provenientes de atividades poluidoras, em águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas do Estado do Rio de Janeiro, através de quaisquer meios de lançamento, inclusive da rede pública de esgotos. Os efluentes líquidos, além de obedecerem aos padrões gerais, não deverão conferir ao corpo receptor, características em desacordo com os critérios e padrões de qualidade de água adequados aos diversos usos benéficos previstos para o corpo d'água. Desta forma, além dos padrões de lançamento de efluentes, encontra-se também o conceito de não alterar a qualidade da água do corpo hídrico receptor do mesmo e no caso de existência ou previsão de tais alterações o órgão ambiental poderá estabelecer limites mais restritivos do que aqueles vigentes na lista de concentrações máximas desta Norma Técnica.

Os critérios para lançamento de carga orgânica expressa em demanda bio-química de oxigênio – DBO são estabelecidos pela FEEMA através de Diretrizes específicas.

#### **2.2.5 Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos de Origem Industrial**

A diretriz DZ 205-R.5, da FEEMA, dispõe sobre controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial no Estado do Rio de Janeiro. De acordo com esta diretriz, os efluentes orgânicos de origem industrial são classificados como: descartes líquidos, provenientes de unidade industrial, compreendendo efluentes de processos, águas pluviais contaminadas e outras águas contaminadas com matéria orgânica. Esta legislação estadual não trata especificamente de lançamento para a atividade das usinas termoeletricas, entretanto faz referência a indústrias químicas e petroquímicas, sendo como uma diretriz que poderá ser utilizada como referência.

### 2.2.6 Controle de Carga Orgânica em Efluentes Sanitários

A Diretriz DZ-215 revisada recentemente em 25/09/2007, estando em sua quarta revisão estabelece exigências de controle de poluição das águas que resultem na redução de carga orgânica biodegradável de origem sanitária, também como parte integrante do SLAP. Esta diretriz abrange esgotos sanitários gerados em indústrias com sistema de tratamento independente.

À luz da experiência obtida na FEEMA nos últimos anos, na área de efluentes líquidos de origem sanitária, com base nas recomendações da ABNT e também no controle já adotado por outros países, passa a ser adotado pela CECA e pela FEEMA, o enfoque de níveis mínimos de remoção de carga orgânica e sólidos em suspensão para dimensionamento de tratamento de efluentes sanitários, baseados em níveis da tecnologia existente, independentemente da capacidade assimilativa dos corpos receptores.

A respeito de sistemas sépticos e sistemas de tratamento de esgoto sanitário, as seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas são citadas nesta diretriz como documentos de referência:

- NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.
- NBR 12209 - Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário.
- NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.
- NBR 8160 - Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários - Projeto e Execução.

De acordo com esta diretriz a

“matéria orgânica biodegradável é a parcela de matéria orgânica de um efluente suscetível à decomposição por ação microbiana, nas condições ambientais”

sendo representada pela Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO e expressa em termos de concentração ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) ou de carga ( $\text{Kg O}_2/\text{dia}$ ).

A mesma diretriz define resíduos não filtráveis totais (RNFT) ou sólidos em suspensão totais (SST) como a quantidade de sólidos que fica retida no meio filtrante quando se submete um volume conhecido de amostra à filtração.

A contribuição por pessoa estipulada pela DZ 215 R4 é de 0,050 Kg DBO/dia e pelo número de funcionários atualmente após a aquisição da usina pela Petrobrás estar em torno de 150



peças entre funcionários e contratados novos, a carga orgânica bruta (C) é de aproximadamente 7,5. Assim, o limite para DBO de acordo com a supracitada diretriz deverá ser de 100 e a eficiência de remoção da ETE tanto em relação DBO quanto em relação a RNFT deverá ser de, no mínimo, 65%.

A Tabela 1 apresenta a eficiência de remoção para dimensionamento de unidade de tratamento de esgotos sanitários de atividades industriais de estabelecimentos que possuem cozinhas, como é o caso da térmica avaliada nesta dissertação.

CARGA ORGÂNICA BRUTA TOTAL (C) kg DBO/dia	NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS	EFICIÊNCIA MÍNIMA DE REMOÇÃO DE DBO (%) <sup>(2)</sup>	EXEMPLO DE TIPO DE TECNOLOGIA
$C \leq 5$	até 100	30	fossa séptica
$5 < C \leq 25$	de 101 a 500	65	fossa séptica + filtro anaeróbio
$25 < C \leq 80$	de 501 a 1.500	80	reator de manta de lodo + biofiltro aerado
$C > 80$	acima de 1.500	85	lodos ativados

**Tabela 1 - Eficiência de Remoção de Tratamento de Esgotos Sanitários de Atividades Industriais com Cozinha**

Fonte: DZ 215 R4, <acesso pelo SMSnet> em junho de 2008.

Assim para o caso desta térmica, com o número de funcionários atual tendo aumentado recentemente após a aquisição da usina pela Petrobrás estando agora em torno de 200 pessoas entre funcionários e contratados, a carga orgânica está em faixa tal que exige eficiência mínima de remoção de DBO de 65%, o que não ocorria anteriormente à quarta revisão desta diretriz em setembro de 2007, dado que o número de funcionários desde o início da operação da usina em 2002 até 2006 permitia uma redução mínima de 30% pois o número de funcionários não chegava a 100 pessoas entre funcionários da térmica e contratados.

### **2.2.7 Lei Orgânica Municipal de Macaé no Contexto do Lançamento de Efluentes**

A Lei Orgânica do Município de Macaé - Artigo 159 estabelece que o lançamento de esgotos sanitários, efluentes industriais e resíduos oleosos em ambientes aquáticos sejam feitos somente após tratamento no mínimo secundário, ou terciário, de acordo com o órgão municipal de meio ambiente.

### **2.2.8 Diretrizes Ambientais Internacionais no Contexto do Lançamento de Efluentes**

No contexto internacional de regulamentações aplicáveis a corpos Hídricos e Lançamento de efluentes destacam-se as Diretrizes Ambientais Gerais do Banco Mundial de 1998 estabelecendo limites de referência para efluentes de processos, esgoto sanitário e Águas Pluviais Contaminadas por descarte de efluentes em superfícies. Diretrizes específicas para usinas termoelétricas também foram desenvolvidas pelo Banco Mundial em 1998 estabelecendo valores máximos admissíveis para efluentes no contexto de geração de energia elétrica.

A Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA, 1997) cita estratégias específicas para gestão de efluentes baseadas em redução na fonte, reciclagem, tratamento e disposição final, considerando minimização de resíduos como a redução do volume ou da toxicidade do resíduos na fonte. A EPA, em suas diretrizes específicas para conformidade, dedica uma seção sobre o Perfil do Combustível Fóssil na Indústria de Geração de Energia Elétrica trazendo em seu conteúdo um capítulo inteiro sobre Oportunidades de Prevenção a Poluição o qual aborda assuntos como tecnologias utilizadas para prevenção de poluição, oportunidades para sua minimização e práticas de manuseio para águas pluviais contaminadas.

## **2.3 Estudo de Caso UTE Mario Lago**

### **2.3.1 Características do Empreendimento**

Implantada pela multinacional americana El Paso em 2001 e adquirida pela PETROBRAS em 2006, a UTE Mário Lago é uma usina termoelétrica a gás natural que encontra sob responsabilidade da Termomacaé Ltda, que por sua vez pertence 100% a PETROBRAS, fazendo parte da Gerência Executiva de Operações e Participações em Energia, da área de negócios de gás e Energia da Companhia.

A área de Gás e Energia da Petrobrás disponibiliza via intranet o chamado Centro de Monitoramento e Controle das Usinas Termelétricas onde é possível a verificação *online* da operação das unidades turbogeradoras da UTE Mário Lago e das demais térmicas pertencentes à Petrobrás S.A.

A Ilustração 2 apresenta a tela do CMC das usinas do parque gerador termelétrico.

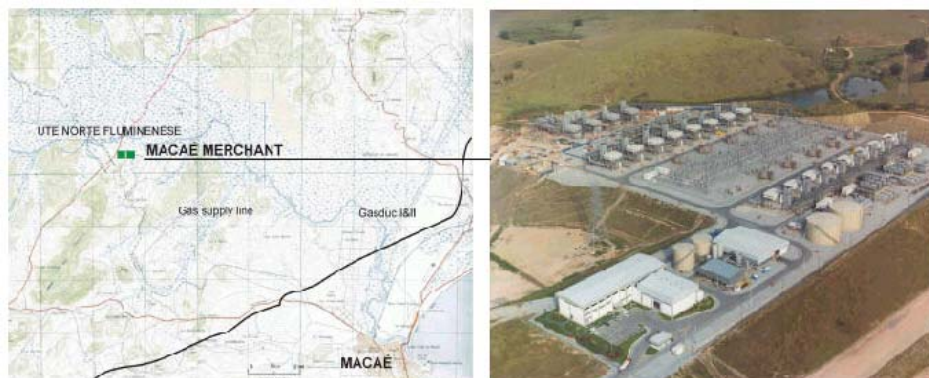
The screenshot shows the CMC web interface. The main content area is titled "Usinas do Parque Gerador Termelétrico" and features a map of Brazil with various power plants (UTEs) marked and linked to detailed information cards. The interface includes a navigation menu on the left with sections for "Parque Termelétrico", "Usinas Termelétricas", and "Equipe do Projeto CMC". The main content area is titled "Usinas do Parque Gerador Termelétrico" and features the PETROBRAS logo. The browser window shows the URL "http://s6010ws27.corp.petrobras.biz/cmc/default.aspx" and the system tray at the bottom includes "Iniciar", "Adriana Santana Ten...", "Microsoft Excel", and "Internet Explorer".

**Ilustração 2 - Tela do CMC mostrando as Usinas do Parque Gerador Termelétrico**  
 Fonte: Intranet da PETROBRAS, acesso em 03 de março de 2008.

A usina conta com cerca de 150 funcionários, sendo 5 funcionários da PETROBRAS, 52 funcionários da TERMOMACAÉ absorvidos na aquisição da usina, sendo o número restante funcionários de empresas contatadas. Sua capacidade de geração de energia é de 922 MW através de 20 turbo geradores de energia a gás em ciclo aberto. O fator de disponibilidade garantida da usina é de 90% da sua capacidade devido a condições de demanda previstas no sistema integrado. A partir de meados de 2006 a usina foi adquirida pela a Petrobrás S.A., já que a usina pertencia anteriormente a multinacional americana El Paso, no contexto de empresa privada.

A usina está localizada próxima ao km 164 da BR 101, na localidade de Severina, no município de Macaé, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Possui terreno próprio, sendo a área construída 200.000 m<sup>2</sup> e a área total do terreno 3.000.000 m<sup>2</sup>.

A Ilustração 3 mostra a localização bem como uma vista aérea da usina.



**Ilustração 3 - Localização Regional e Foto Aérea da Usina em Fase de Construção**

Fonte: UTE Mario Lago, 2001.

A termoelétrica encontra-se em uma área rural (de acordo com o zoneamento da região), sendo vizinha a Usina Termoelétrica Norte Fluminense e a Subestação de Furnas, de onde é distribuída a energia gerada nessas unidades.

A usina foi construída no ano de 2001, em tempo considerado recorde (9 meses), sobre uma área recoberta predominantemente por pastagens, tratando-se de uma área morreada, 40m acima da cota de inundação do rio Macaé. Está a 700 m da Rodovia BR 101 e a 1.000 m do rio Macaé, curso d'água utilizado para abastecimento do empreendimento. Dista mais de 10 km da área urbanizada e de qualquer área natural protegida por lei como as Unidades de Conservação. Possui topografia acidentada e está localizada sobre uma elevação natural, encontrando-se aproximadamente 165 metros acima do nível do mar. A planta é cercada por áreas livres nos três lados e somente em um dos lados, a aproximadamente 800 metros há uma outra usina termoelétrica, a UTE Norte Fluminense.

O rio Macaé é um rio brasileiro que banha o estado do Rio de Janeiro. Denominado antigamente de Rio dos Bagres, nasce na Serra de Macaé próximo ao Pico do Tinguá (1.560m de altitude), na Área de Proteção Ambiental de Macaé de Cima, em Nova Friburgo. Seu curso se desenvolve por cerca de 136 km, desaguando no Oceano Atlântico junto à cidade de Macaé.

O rio Macaé foi retificado em 25 km no baixo curso do Rio Macaé. A Bacia do Rio Macaé compreende cerca de 1.765 km<sup>2</sup>, sendo limitada ao norte, em parte, pela Bacia do Rio Macabu, afluente à Lagoa Feia, ao sul, pela Bacia do Rio São João, a oeste, pela Bacia do Rio Macacu e, a leste, pelo Oceano Atlântico. A bacia abrange grande parte do município de Macaé e parcelas dos municípios de Nova Friburgo, onde estão localizadas as nascentes, e de Casimiro de Abreu, Rio das Ostras, Conceição de Macabu e Carapebus. Cerca de 82 % da superfície da bacia está no município de Macaé.

A vazão mínima do rio Macaé, medida em um ponto situado na foz do Rio Purgatório, é de 2.870 l/s. De acordo com o Plano Preliminar de Recursos Hídrico da Bacia do Rio Macaé (2004) os principais usos da água verificados referem-se ao abastecimento de água, à diluição de despejos domésticos, industriais e agrícolas, à irrigação e à geração de energia elétrica. Estudos existentes apontam que a vazão disponível no rio Macaé é suficiente para o atendimento dos atuais consumidores instalados na bacia, sendo, no entanto, preocupação permanente da sociedade que novos empreendimentos venham a comprometer a disponibilidade hídrica para abastecimento público das populações.

O Rio Macaé está localizado a 1,5 km a uma cota inferior. Nos fundos da usina, passa um córrego canalizado, com diferença de cota de 20 metros. O clima é do tipo quente e úmido na maior parte do ano, com temperaturas que variam entre 18°C e 30°C, amplitude térmica considerável ocasionada pela troca de ventos entre o litoral e a serra, relativamente próximos. A umidade relativa é de 60 a 100%. Média máxima de velocidade do vento é de aproximadamente 5 m/s (18 km/h) e média anual é de 4.6 m/s.

A UTE Mario Lago opera em ciclo simples, sendo equipada com vinte turbinas de combustão LM 6000 da GE, movidas a gás natural. A altitude do local varia de cinco a cinquenta metros acima do nível do mar e, originalmente, era um terreno com ligeiro declive recoberto de espécies gramíneas, arbustos e árvores de médio porte, utilizado no passado como área de pastagem.

O empreendimento é constituído pelos seguintes componentes:

- a) Usina geradora de energia;
- b) Gasoduto exclusivo.

A linha de transmissão de 345 KV, pertencente a FURNAS e que atravessa o terreno do projeto, é usada para a conexão com a rede de transmissão de energia, eliminando assim a necessidade de linhas de transmissão adicionais.

A planta possui os seguintes equipamentos e sistemas principais:

- 20 turbinas de combustão movidas a gás natural;
- 20 geradores refrigerados a ar;
- 15 resfriadores chamados “chillers”;
- 10 transformadores elevadores de tensão 13,8 kV para 345 kV;
- Sistema de tratamento de água;
- Sistema de coleta e tratamento de efluentes composto de um tanque coletor de efluente final, 4 separadores de água e óleo e sistema de tratamento de esgoto;
- Sistema de monitoramento contínuo de emissões atmosféricas (CEMS);
- Sistema de redução de ruídos;
- Sistema de coleta e disposição de resíduos sólidos;
- Sistemas elétricos auxiliares;
- Sistemas de monitoramento central por câmeras, de controle operacional geral da planta, de proteção contra incêndio e de comunicação.

A Ilustração 4 mostra a Usina Termoeletrica Mário Lago e identifica seus principais sistemas.



**Ilustração 4 - Usina Termoeletrica Mário Lago**

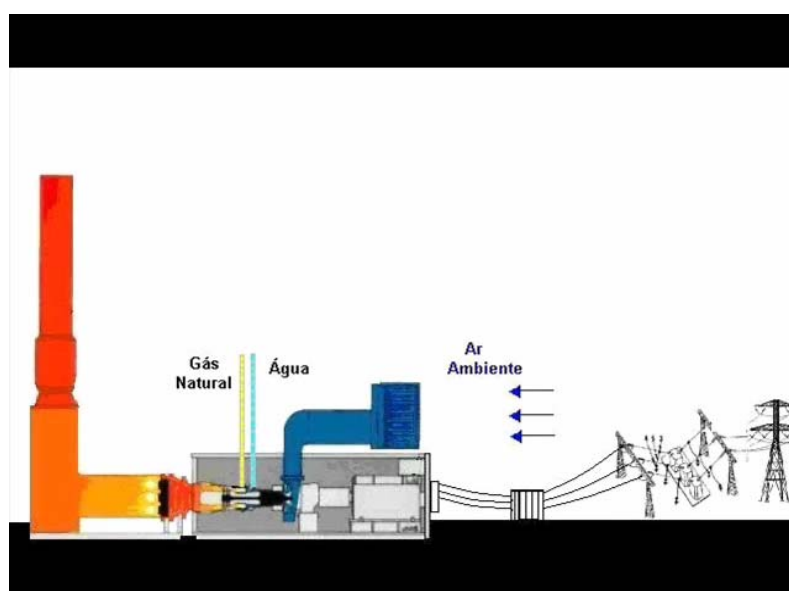
Fonte: UTE Mário Lago/SINPEP, 2008.

Após a elevação para 345 KV, pelos transformadores, da tensão gerada em 13,8 KV, o disjuntor da usina conecta a planta à rede regional de transmissão através da subestação (Subestação de Conexão), que alimenta a linha de transmissão de FURNAS.

A primeira turbina entrou em operação em novembro de 2001, sendo que a usina foi ampliada de 16 para 20 unidades turbo geradoras e estas quatro últimas unidades construídas (unidades 17, 18, 19 e 20) começaram a gerar energia em junho de 2002. O fator de disponibilidade garantida da usina é de 90% da sua capacidade, devido às condições de demanda previstas no sistema integrado.

É prevista a ocorrência de breves interrupções para a realização de atividades programadas de manutenção, ao longo do período de funcionamento da UTE Mario Lago.

A Ilustração 5 a seguir mostra detalhes da geração de energia elétrica a partir do gás natural.



**Ilustração 5 - Geração de Energia Elétrica a partir do Gás Natural, em Ciclo Simples**  
Fonte: UTE Mario Lago, Gestão de Processos da UTE MLG, 2008.

### 2.3.2 Estudo de Impacto Ambiental no Licenciamento

Antes da construção do empreendimento, foram identificados os impactos positivos e negativos através do estudo de impacto ambiental (EIA) da UTE Mario Lago realizado

(Ecologus 2000). Resumidamente, os impactos previstos no EIA relativos a efluentes e qualidade da água no rio Macaé foram os seguintes:

- No que se refere à demanda das águas do Rio Macaé em locais a jusante do empreendimento, a captação prevista para abastecer a UTE Mario Lago foi considerada como aceitável, conforme indicado pelos resultados dos estudos hidrológicos e de demanda de água realizados dentro do processo de licenciamento da UTE Mario Lago, assim como pelas concessões de outorgas oficiais específicas.
- O lançamento de efluentes no Rio Macaé, efetuado a montante do ponto de captação, previa que 86% do fluxo de água de reposição ( $300 \text{ m}^3/\text{h}$ ) seria evaporado no processo industrial, não retornando ao corpo d'água. O efluente final da planta (aproximadamente  $43 \text{ m}^3/\text{h}$  em regime de operação a plena carga) retornaria ao Rio Macaé em conformidade com os critérios estabelecidos pela legislação brasileira e com as diretrizes do Banco Mundial.
- Os efluentes tratados lançados no Rio Macaé resultariam em impactos mensuráveis apenas na zona de mistura, considerando-se o fluxo mínimo estimado, a saber  $Q_{7,10}$  – média dos valores mínimos durante sete dias consecutivos, no período de dez anos de recorrência, em cada seção do corpo receptor.

Estes impactos foram submetidos a uma avaliação, aplicando-se os seguintes conceitos:

- a) Natureza: positiva, quando resulta em um aumento da qualidade ambiental, ou negativa, caso resulte em danos ao meio ambiente ou deterioração da qualidade ambiental.
- b) Tipo: direto, se causado por uma ação do empreendimento, ou indireto, caso seja decorrente de um dos impactos da planta.
- c) Duração: temporária, quando ocorre durante períodos claramente definidos, ou permanente, quando ocorre durante um período indeterminado, que poderá exceder o período de vida útil da planta.
- d) Localização: não dispersa, com escopo espacial restrito, ou dispersa, quando ocorre de forma bastante disseminada.
- e) Importância: baixa, média ou alta, baseando-se na análise da magnitude relativa do impacto em relação a outros impactos, como também à base ambiental estabelecida para a área de influência do empreendimento.



A Tabela 2 apresenta um resumo dos impactos ambientais da usina relacionados ao tema de efluentes e recursos hídricos e as respectivas medidas de gerenciamento.

<b>Impacto</b>	<b>Medidas de Gerenciamento</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Programação/ Frequência</b>
Redução da quantidade de água disponível no Rio Macaé a jusante do local, como resultado do processo de captação Além de ter pouco efeito na disponibilidade da água do Rio Macaé, 14% da água captada será devolvida ao Rio Macaé após tratamento	<b>Nenhuma.</b>	Devolver água de boa qualidade ao Rio Macaé	<b>Contínua</b>
Variação da qualidade de água a jusante do ponto de lançamento de efluentes gerados pela UTE Macaé	Controle do lançamento de efluentes Líquidos  Programa de monitoramento da qualidade da água e de efluentes  Programação de manutenção na adutora de acordo com as chuvas	Mínimizar impactos na qualidade da água	Contínua  Contínua  <b>Quando necessário</b>

**Tabela 2 - Principais Impactos Hídricos e Medidas de Gerenciamento da Usina**  
Fonte: Estudo de Impacto Ambiental da Usina, 2001

### 2.3.3 Balanço Hídrico e Sistemas de Efluentes da UTE Mário Lago

A UTE Mário Lago utiliza em seu processo água com diversas finalidades, entre elas o suprimento de água de resfriamento, reservas para combate a incêndio, água potável e água desmineralizada para o controle de emissões de NOx.

O abastecimento da água utilizada com fim industrial é feito a partir da captação no Rio Macaé. A água é captada no Rio Macaé a uma vazão média de 800 gpm, ou seja, 50,46 litros por segundo e processada no sistema de tratamento de água da usina. A outorga limita a captação em 86 litros de água por segundo e o lançamento em 12 litros de efluente por segundo. A captação da água no Rio Macaé para abastecimento da usina é feita à jusante do ponto de lançamento dos seus efluentes líquidos conforme preconizado na Constituição Estadual do Rio de Janeiro (art. 261, parágrafo 4º).

Posteriormente a água captada passa pela Estação de Tratamento de Água – ETA, onde é submetida ao processo de clarificação filtração por gravidade; posteriormente é bombeada para o armazenamento para suprir a Usina na sua operação, no sistema de incêndio, *make up* da torre de refrigeração de ar de entrada das turbinas e no processo de desmineralização.

O tratamento de água consiste em clarificação, filtração, produção de água potável e desmineralização. A água tratada é estocada em dois tanques de água de serviço com capacidade para aproximadamente 4.730.125 litros (1.250.000 gal) cada e dois tanques de estocagem de água desmineralizada de 1.513.640 litros (400.000 gal) cada.

A água de serviço é utilizada para o *make-up* das torres de resfriamento compensando as perdas obtidas durante a evaporação no próprio sistema e para a reposição da água perdida durante o descarte necessário para o T212 por ocasião da concentração elevada de sais na água de circulação do sistema da torre. Esta água também exerce a função de suprimento do sistema de incêndio da planta.

A água potável é utilizada no suprimento do prédio administrativo, lavadores de olhos e chuveiros de emergência e a água desmineralizada é utilizada para o controle de emissões de NOx nas turbinas da usina.

A UTE Mário Lago possui como afluente a água captada no rio Macaé e como efluente o fluxo proveniente do T212 e em separado os sistemas de drenagem pluvial.

Na Ilustração 6 a seguir é apresentado um registro fotográfico de campo da usina com uma vista geral da ETA bem como a canaleta de drenagem pluvial.



**Ilustração 6 - Vista Geral da Estação de Tratamento de Água da Usina, Sistemas de Clarificação, Desmineralização, Tratamento de Efluentes e Canaleta de Drenagem Pluvial.**  
Fonte: MATOS, 2008

O T212 tem como função ser o receptor das correntes de efluentes de processo de dentro da usina e possibilitar o controle de vazão e de parâmetros de lançamento no rio Macaé.

Os efluentes líquidos podem ser caracterizados em 6 grandes grupos:

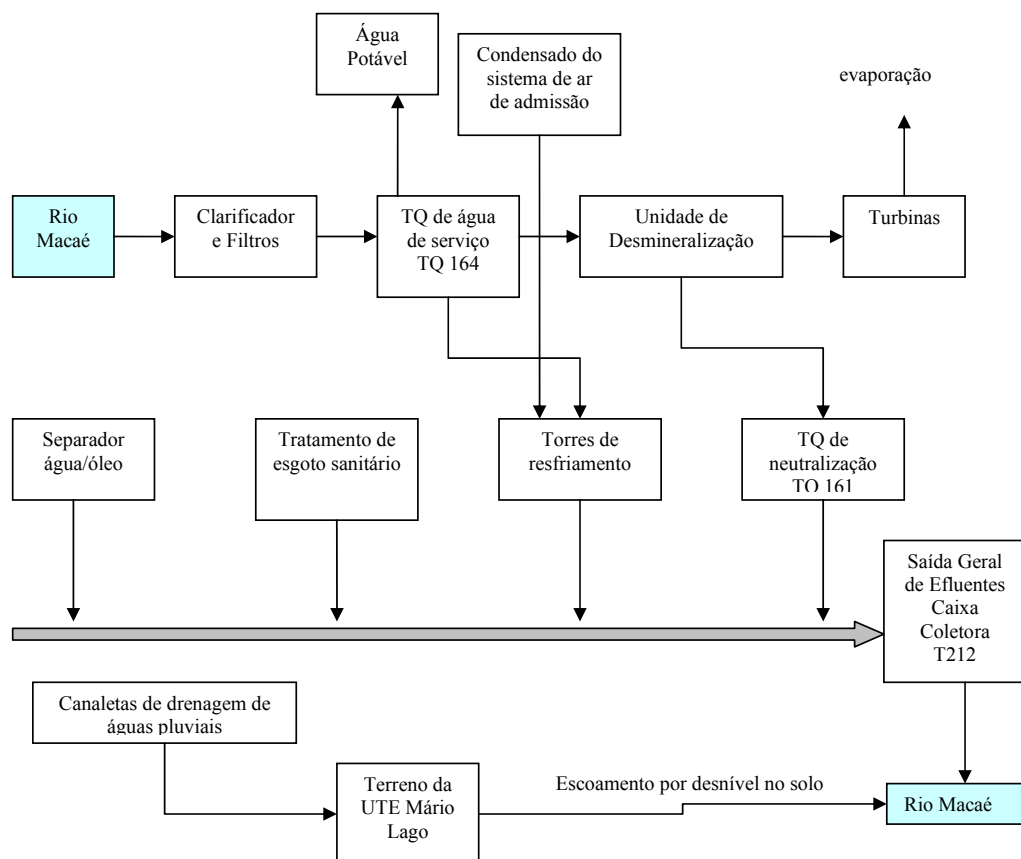
- a) Proveniente do sistema de tratamento de esgoto sanitário;
- b) Proveniente dos quatro sistemas separadores de água e óleo;
- c) Proveniente do sistema de neutralização da ETA;
- d) Proveniente do sistema de *blow down* das torres de refrigeração
- e) Proveniente do sistema de descarte final (saída geral de efluentes), T212;
- f) Proveniente do sistema de drenagem pluvial.

O tanque de descarte final T-212, que recebe a descarga de água neutralizada proveniente dos tanques de neutralização (T-161 A/B, com capacidade de 27.000 galões, ou seja, 102.170,7 litros cada) do sistema de tratamento de água e o descarte (“*by pass*”) da unidade de

clarificação, sendo esse descarte gerado quando a turbidez da água não atende o limite estabelecido (máximo de 5 UNT).

O T-212 possui capacidade de 7568,2 litros (2.000 galões) e descarta o efluente final da planta para o rio Macaé, em conformidade com os limites definidos para a UTE de Macaé, tendo por base os padrões definidos pela FEEMA e pela Resolução CONAMA 357/05.

Na Ilustração 7 a seguir é apresentado o fluxograma de água simplificado onde são apresentadas as principais correntes de efluentes e da drenagem pluvial.



**Ilustração 7 - Fluxograma Simplificado das Principais Correntes de Efluentes e da Drenagem Pluvial.**  
Fonte: MATOS, 2008.

Os fluxogramas das principais correntes de efluentes líquidos da usina encontram-se disponíveis no Apêndice A.

### 2.3.3.1 Visão Geral do Sistema de Tratamento de Água e Efluentes Gerados

Na água captada no Rio Macaé, são adicionados os produtos floculante, coagulante e de ajuste de pH em um sistema em linha. É denominado de clarificador o conjunto contendo os tanques de mistura rápida (T153), mistura lenta (T148) e densadeg (T154). Após a passagem pelo clarificador a água é encaminhada para o tanque de água clarificada (T156). O tanque de lama (T155) recebe através da bomba P207 o material semi-sólido proveniente do fundo do densadeg. A lama é encaminhada para o filtro prensa através da bomba P208. Após a passagem pelo filtro prensa o material é encaminhado para a caçamba onde será posteriormente descartado. O líquido gerado no filtro prensa é recirculado para o sistema de clarificação.

O fluxograma DE004 descreve o sistema de remoção de água da lama formada na ETA.

Do T156 a água passa pelo filtro multi-camada (MMF5) e então é encaminhada para o tanque de água de serviço (T164). Outra linha sai do T156 para eventuais purgas sendo direcionada para o T212.

O tanque de água de serviço (T164) fornece água para o sistema de combate a incêndio, para o sistema de água potável, para o sistema de desmineralização, chuveiro lava-olhos e outros consumidores diretos da água de serviço.

No tanque de água potável (T217) são dosados hipoclorito de sódio com o objetivo de atuar como bactericida e o produto inibidor de corrosão; devido à necessidade de controle de corrosão na tubulação de aço carbono; na água proveniente do tanque de água de serviço.

A água resultante do sistema de tratamento de água potável é utilizada nos chuveiros lava-olhos e na área administrativa.

O fluxograma DE003 apresenta o sistema de água potável da planta.

A água de serviço é utilizada ainda como agente da retrolavagem do filtro multi-mídia MMF5 e o efluente residual é encaminhado para o tanque de *back wash* identificado como T157. Todo afluente do T157 é encaminhado novamente para o sistema de clarificação através do T153.

O tanque de neutralização T161 recebe a contribuição de afluente proveniente das resinas catiônica, aniônica e de leito misto; do sistema de desmineralização. As outras correntes que

contribuem para o T161 são provenientes do filtro de carvão S144, da drenagem da contenção do tanque de ácido T158, do tanque de soda cáustica T159 e do sistema de drenagem da ETA.

As correntes de entrada no T212 são originadas nos tanques de dreno dos blocos (T210A/B/C - que recebem efluentes intermediários de Blow Down das Torres de Refrigeração e Separadores água e óleo A/B/C), na linha de efluente sanitário, no tanque de neutralização T161 e no sistema separador de água e óleo da ETA.

O T212 é o tanque responsável pelo o descarte de efluentes no Rio Macaé.

O fluxograma DE001 do Apêndice A apresenta o sistema de captação de água da UTE Macaé, o sistema de tratamento de água (ETA) e o descarte do efluente gerado no processo.

O T210 recebe uma corrente intermitente de *blowdown* da torre de resfriamento, quando há necessidade de renovação de parte da água no sistema da torre devido a condições químicas não adequadas para a sua operação. Assim, o *blowdown* da Torre de Refrigeração é conduzido para o Tanque de Dreno – T210 que também, recebe o efluente final dos Sistemas Separadores Água – Óleo – A/B/C. Do T210 o efluente é encaminhado para o T212.

O quarto separador de água e óleo está localizado próximo a ETA e seu efluente tratado é encaminhado para o T212.

O fluxograma DE002 apresenta o sistema de contenção das turbinas e o seu encaminhamento até o T212.

### **2.3.3.2 Sistema de Tratamento de Esgoto e Efluente Sanitário**

O efluente sanitário e o efluente de cozinha são encaminhados para a ETE.

O sistema de tratamento se inicia com a remoção do líquido oleoso sobrenadante por meio da caixa de gordura. Após esta etapa o efluente é encaminhado para uma elevatória e posteriormente para o tratamento biológico.

O tratamento biológico de lodo ativado consiste em um tanque de aeração e um decantador.

Após a passagem pelo tratamento biológico o efluente passa por uma desinfecção com hipoclorito de sódio, pela filtração e por uma decoloração com metabissulfito de sódio.

O efluente final é enviado após todo o tratamento para o T212.

O fluxograma DE007 apresenta a estação de tratamento de esgoto.

Na Ilustração 8 a seguir apresenta o Sistema de Tratamento de Esgoto e o Tanque de Saída Geral dos Efluentes da UTE Mário Lago.



**Ilustração 8 - Registro Fotográfico de Campo Apresentando o Sistema de Tratamento de Esgoto e o Tanque de Saída Geral dos Efluentes da UTE Mário Lago**  
Fonte: MATOS, 2008

### **2.3.3.3 Sistema de Desmineralização, Regeneração das Resinas de Troca Iônica e Efluentes de Neutralização**

O processo de desmineralização tem capacidade de produção de 3405,69 litros (900 gpm) de água desmineralizada, recebe parte da água proveniente da ETA que se encontra armazenada. Tem a finalidade de remover íons metálicos da água para que ela possa ser injetada nos geradores para redução dos gases NO<sub>x</sub>, sem que ocorram reações indesejáveis com os gases, no sistema de lavagem dos compressores e, aumento da energia. O sistema de desmineralização é o convencional em três seqüências de trocadores catiônico, aniônico e polidor catiônico. A resina de troca iônica é regenerada com soda cáustica e ácido sulfúrico.

As demais utilizações da água desmineralizada são no sistema de injeção do *sprint* e no sistema de lavagem do compressor.

A água desmineralizada produzida é armazenada em um tanque de aço - carbono, revestido internamente, com capacidade para armazenar 2.340 metros cúbicos.

A água de serviço vem do T164 passando pelo filtro de carvão (S144) e posteriormente pelo conjunto de resinas catiônica e aniônica. No fluxograma são representados os dois conjuntos de resinas que operam em paralelo.

Após a passagem pelas resinas em separado a água é direcionada para o filtro de leito misto (S147) sendo posteriormente armazenada no tanque T165.

A água é bombeada através da bomba P216 para o filtro cartucho (S148) e posteriormente entra no sistema da turbina. Parte da água que passa pelo filtro cartucho é desviada para o sistema de água quente para promover a diluição do hidróxido de sódio utilizado no sistema de regeneração das resinas.

Todas as resinas utilizadas são regeneradas quando necessário utilizando-se produtos químicos ácidos e/ou básicos através de retrolavagem. O efluente proveniente da regeneração é encaminhado para o tanque de neutralização (T161).

O efluente gerado na retrolavagem com água do filtro de carvão é direcionado para o tanque de *back wash* (T157).

O fluxograma DE006 apresenta o sistema de tratamento de água desmineralizada para a injeção nas turbinas com o objetivo de controlar as emissões de NOx.

Do T158 o ácido sulfúrico é enviado para a regeneração das resinas catiônica e de leito misto através da bomba P211. O sistema de contenção do T158 é direciona o efluente para o tanque de neutralização (T161).

Do T159 hidróxido de sódio é enviado para a regeneração das resinas aniônica e de leito misto utilizando-se a P212. O hidróxido de sódio utilizado na planta é recebido em sua forma sólida.

O sistema de contenção do T159 também direciona o efluente para o tanque de neutralização (T161).

O fluxograma DE005 apresenta os sistemas de regeneração das resinas de troca iônica.



### 2.3.3.4 Sistemas Separadores de Água e Óleo e Sistemas de *Blow Down* das Torres de Resfriamento

A UTE Mário Lago possui quatro Sistemas Separadores Água - Óleo – SAO, que são sistemas subterrâneos com capacidade de 18.920 litros cada, destinados ao tratamento das águas residuárias oleosas provenientes das drenagens: de águas pluviais incidentes em piso contaminado por eventuais marejamentos e/ou derrames de óleo e/ou produtos químicos; das áreas dos geradores; dos transformadores; do gerador de emergência e ETA. Os SAOs possuem controle automático de nível alto de óleo através de sensor para a densidade do óleo.

Na Ilustração 9 é apresentado um registro fotográfico do SAO da ETA.



**Ilustração 9 - Registro Fotográfico do Separador de Água e Óleo da ETA**

Fonte: MATOS, 2008

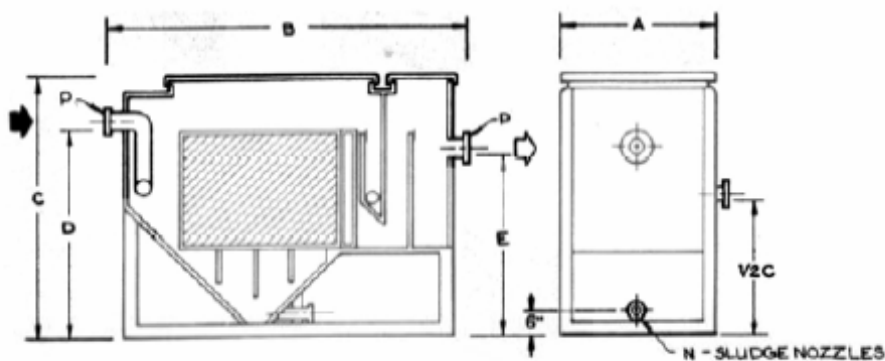
Os SAOs recebem contribuições dos principais sistemas e máquinas, a saber: turbinas; *chillers*; compressores; transformadores e outros). Os separadores são identificados nos desenhos *as built* da usina como T-166 A/B/C e T-167, entretanto com o propósito de facilitar as coletas e análises realizadas nos SAOs por empresa contratada os relatórios mensais realizados referem-se aos separadores conforme a seguir:

- T-166A , localizado entre os blocos 1 e 2, denominado simplesmente SAO A;

- T-166B , localizado entre os blocos 3 e 4, denominado simplesmente SAO B;
- T-167 , localizado na ETA, denominado simplesmente SAO C;
- T-166C , localizado no bloco 5, denominado simplesmente SAO D;

Em visita no campo apenas o T-166C não possuía a identificação visível, estando localizado na área do bloco 5, tendo sido o último implantado na época da construção.

Cada separador de água e óleo (SAO) consiste de um tanque subterrâneo, dotado de chicanas coalescentes internas, destinadas a acelerar o processo de separação do óleo da água. A borra oleosa formada é acumulada dentro de separador, enquanto o efluente é descarregado por gravidade nos tanques de dreno. A chicana difusora, localizada próxima à tubulação de entrada, é projetada para exercer quatro funções básicas, a saber: reduzir a velocidade de escoamento, melhorando as características gerais do separador; direcionar o fluxo, de modo a maximizar o uso do volume do separador; reduzir a turbulência e distribuir o fluxo por toda a área do separador, não permitindo que a turbulência existente na admissão de líquido dentro do separador afete as demais seções do equipamento. A Ilustração 10 apresenta o desenho esquemático do SAO da UTE Mário Lago.



**Ilustração 10 - Desenho Esquemático de um Separador de Água e Óleo**  
 Fonte: Projeto Básico Ambiental da UTE, 2001

Na câmara de sedimentos, os sólidos pesados decantam, enquanto as partículas oleosas flutuam e escoam através do feixe inclinado de placas paralelas coalescentes corrugadas duplas. Desse modo, são formados grandes glóbulos oleosos, que rapidamente flutuam para a superfície da câmara, sendo separados nos acumuladores. Objetivando aumentar a eficiência de remoção de óleo, uma tela de polipropileno é utilizada para interceptar gotas de óleo, que

são removidas nas placas corrugadas coalescente. Um sensor de nível soa o alarme de nível alto de borra oleosa, indicando a necessidade de remoção desse resíduo do interior do SAO, o que é feito por empresa especializada licenciada pela FEEMA.

Em operação normal, os SAO T-166 A/B/C recebem, por gravidade, as drenagens provenientes dos blocos geradores, sendo que os blocos 1 e 2 alimentam o SAO T-166 A, os blocos 3 e 4 o T-166 B e o bloco 5 o T-166 C. As águas oriundas dos SAO escoam para os tanques de dreno (T-210 A/B) e, ao ser atingido o nível pré-determinado, a chave de nível LS-108 liga as bombas de transferência (P-220 A/B/C/D/E/F/G/H), transferindo as águas para o tanque de disposição final (T-212), de onde são enviadas para descarte no rio Macaé.

A usina possui três tanques de água de lavagem (T-207 A/B/C) – destinados à estocagem da drenagem proveniente da lavagem dos compressores, com capacidade de 12109,12 litros (3.200 galões) cada;

A usina possui três tanques de drenos (T-210 A/B/C) com volume de 37841 litros (10.000 galões) cada e estes recebem o efluente oriundo dos SAO, purgas das torres e drenagem do “*skid*” de produtos químicos de tratamento da água de refrigeração. Os drenos provenientes de dois transformadores (00-T-01 e 00-T-02), do gerador diesel de emergência, do compressor de ar, do almoxarifado e do tratamento de água são encaminhados para o SAO T-167, de onde o efluente aquoso escoam para o tanque T-212. Os resíduos provenientes da lavagem dos compressores das turbinas vão para o tanque de water wash, ou seja, tanque de água de lavagem de turbina (T-207 A/B) e são removidos por empresas especializadas.

Os três tanques de água de lavagem (“*water wash*”), tanques T-207 A/B/C, possuem, cada um, capacidade de 12109,12 litros (3.200) galões e recebem as águas residuais geradas durante as lavagens fora de linha (“*off-line*”) dos compressores das turbinas. Essas águas são recolhidas para disposição final através de empresa certificada pela FEEMA.

## **2.3.4 Requisitos do Sistema de Gestão**

### **2.3.4.1 Certificação do SGI**

A UTE Mário Lago estabeleceu seu sistema de gestão de acordo com a Gestão Integrada da Gerência Executiva de Operações e Participações em Energia da área de negócios de Gás e Energia da PETROBRAS, estando fundamentado nos referenciais normativos NBR ISO

9001(2000), NBR ISO 14001(2004) e OHSAS 18001(1999). A migração para a OHSAS 18001 (2007) terá início na primeira Auditoria de Manutenção, seis meses após a Certificação.

De acordo com Rodenheber através de DIP GE-OPE 000213/2008 - Documento Interno da Petrobrás S.A. (2008) - após a realização das Pré-Auditorias Externas ocorridas em meados de 2008, o Sistema de Gestão Integrada - SGI da GE-OPE está em fase de realização das Auditorias de Certificação pela empresa Bureau Veritas Certification - BVCert.

Na implantação de um Sistema de Gestão Multisite, a auditoria de Certificação é feita por amostragem, tendo sido escolhidas, pelo BVCert, as seguintes Usinas Termelétricas e Gerências da Sede, nas datas abaixo relacionadas:

- 1) UTE-CF.....25 a 29 de Agosto de 2008;
- 2) UTE-MLG.....01 a 05 de Setembro de 2008;
- 3) UTE-TCE.....08 a 12 de Setembro de 2008;
- 4) UTE-ACH.....15 a 19 de Setembro de 2008;
- 5) Escritório Central e Todas as Gerências da Sede.....15 a 19 de Setembro de 2008.

Apesar de definida a amostragem, é premissa do Organismo de Certificação solicitar evidências de cumprimento dos requisitos das normas de certificação a qualquer UTE não inserida no escopo amostral.

No caso da manutenção da certificação, o SGI será re-auditado pelo BVCert de forma cíclica, semestral e permanente, ou seja, a térmica que não for auditada neste primeiro momento poderá ser auditada em intervalos de seis meses.

No sistema PROAUDI são registrados os resultados das Pré-auditorias, e no sistema SIGA é realizado o tratamento das não conformidades, observações e oportunidades de melhorias, evidenciadas na pré-auditoria.

De acordo com a Gerência Executiva de Operações e Participações em Energia da Divisão de Gás e Energia da Petrobrás S.A. o SGI é um grande passo para a GE-OPE, mas apenas o primeiro na busca da Excelência em Gestão, visando ampliar o valor, a competitividade e a sustentabilidade do negócio.

#### **2.3.4.2 Gestão Participativa: Participação da UTE Mário Lago em Comitê de Bacias Hidrográficas**

A gestão descentralizada, participativa e integrada em relação ao aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos fomentou a criação de mecanismos de participação da sociedade civil onde a comunidade organizada tem espaço jurídico-institucional para exercitar a cidadania ambiental no gerenciamento de recursos hídricos através de fóruns participativos garantindo controle social no processo decisório.

Por controle social entende-se a participação da sociedade no acompanhamento e verificação das ações da gestão pública na execução das políticas públicas, avaliando objetivos, processos e resultados (TVE Brasil, 2008).

No âmbito deste estudo de caso do gerenciamento hídrico e efluentes da usina, na linha de gestão participativa, a UTE Mário Lago participa de reuniões do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Macaé e das Ostras e tem poder de voto em plenárias uma vez que a usina é usuária do rio Macaé captando água para abastecimento e possuindo outorga de uso. A UTE Mário Lago tem participação na Câmara sobre Assuntos Legais e Institucionais, na Câmara de Análise de Projetos, Ciências e Tecnologia e desde julho de 2008 também participa da Câmara de Educação Ambiental.

Dentre alguns dos assuntos tratados com a participação da usina em reuniões do CBH, destaca-se: o Termo de Referência para elaboração do Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Macaé e das Ostras, apresentação de projetos.

Por último, as partes interessadas presentes na reunião do dia 10/07/2008 puderam opinar e contribuir após a apresentação dos resultados preliminares desta dissertação.

O Comitê é reconhecido e qualificado pelo Decreto Estadual nº 34.243/03, de 04 de Novembro de 2003, doravante denominado CBH – Macaé e das Ostras, no uso de suas atribuições legais, previstas nos arts. 52 e seguintes da Lei Estadual 3.239, de 02 de Agosto de 1999 e arts 37 e seguintes da Lei Federal nº 9.433, 08 de Janeiro de 1997, na forma de seu Regimento Interno e mediante a deliberação do Diretório Colegiado. A convocação foi feita aos interessados a participarem da Reunião do Plenário do CBH – Macaé e das Ostras, realizada na data de 10 de Julho de 2008, quinta feira, no horário das 13:00 primeira chamada e 13:00 segunda chamada, no Parque dos Pássaros, Rua Petrópolis, s/n, Jardim Marilea. Na

supracitada reunião foram tratados os seguintes assuntos conforme pauta de convocação, a saber:

- Informes Gerais;
- Leitura da ATA da reunião anterior;
- Composição da Câmara Técnica Educação Ambiental;
- Revisão das Datas de reuniões de Câmaras Técnicas;
- Referendum das resoluções 03 e 04 de 2008 do CBH – Macaé e das Ostras nas terminologias propostas pelo órgão gestor. (SERLA);
- Apresentação preliminar dos trabalhos de dissertação do CEFET sobre Determinação do IQA e Proposta de Enquadramento da Bacia do Rio Macaé e Avaliação da Qualidade dos Efluentes Líquidos da UTE Mário Lago, e Medidas de Ajuste de Não Conformidades.

#### **2.3.4.3 Integração com Partes Interessadas e Produção de Artigos Científicos**

Ainda na linha participativa, este estudo de caso dos efluentes da usina propiciou uma oportunidade de integração com partes interessadas como instituições de ensino, a saber: o Centro de Tecnologia Ambiental da FIRJAN - Federação das Indústrias do Rio de Janeiro e o Instituto Politécnico da UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, onde o debate de temas acerca lançamento de efluentes industriais em corpos hídricos receptores como o rio Macaé fomentou a produção conjunta de artigos científicos, como por exemplo o intitulado “Simulação Numérica de Transporte Bidimensional de Contaminantes em Meio Fluvial” aprovado para o VII Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional – ERMAC, com previsão de apresentação em novembro de 2008 na cidade de Natal o artigo que trata de simulação de lançamento de efluente em corpo receptor. O transporte da substância lançada foi modelado através de uma abordagem bidimensional (integrada na vertical) cuja solução numérica foi implementada por Método dos Volumes Finitos. O modelo desenvolvido foi empregado no estudo de caso do lançamento de efluentes da Termomacaé, visando observar o comportamento típico da pluma de efluentes. O resultado das simulações foi confrontado com observações de campo conduzidas no local, sendo que um melhor ajuste entre simulação e dados experimentais foi obtido através da calibração dos coeficientes de dispersão longitudinal e transversal. “O coeficiente de correlação entre simulação e observação foi

bastante satisfatório ( $R^2 = 0.87$ ,  $n = 33$ ), enfatizando o potencial do uso de modelos matemáticos como ferramenta de gestão e diagnóstico ambiental” (RODRIGUES *et al*, 2008).

Dados coletados em conjunto com as instituições supracitadas em experimentos de campo na UTE Mário Lago ocasionados durante a elaboração desta dissertação também foram utilizados com o propósito de fomentar a produção de artigo aprovado para publicação em revista científica internacional.

### **2.3.5 Política**

A UTE Mário Lago segue a Política de Gestão da GE-OPE que tem como uma de suas principais virtudes a sócio-ambiental, abordando a importância do atendimento aos requisitos da legislação e demais pertinentes e o comprometimento com a prevenção da poluição. A divulgação da Política de Gestão da GE-OPE é realizada utilizando recursos e métodos variados, dentre os quais citamos a atuação direta dos gerentes em eventos específicos, pôsteres e/ou quadro de avisos. Os novos empregados são comunicados sobre a política na fase de integração às gerências.

### **2.3.6 Planejamento**

#### **2.3.6.1 Aspectos e Impactos**

Após o Estudo de Impacto Ambiental na etapa de licenciamento da usina, a UTE definiu em 2005, em sua fase operacional, sua sistemática para identificação e avaliação dos aspectos e impactos relativos ao meio ambiente inerentes às áreas e atividades, produtos e serviços desenvolvidos na Usina. A empresa, que ainda encontrava-se em sua gestão por empresa privada, documentou essas informações no software SiSGIU - Sistema Simplificado de Gerenciamento de Informações da Usina. A partir da aquisição da usina pela PETOBRÁS novos levantamentos de aspectos e impactos foram realizados na etapa de implantação do SGI e sendo utilizado o SMSNet, sistema corporativo informatizado de apoio ao levantamento, avaliação e gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais, perigos e riscos de segurança e saúde ocupacional e gerenciamento de requisitos legais e outros requisitos.

Relativo ao tema de efluente e recursos hídricos na UTE Mário Lago, o SMSnet permitiu a avaliação dos aspectos detalhados a seguir:

- Geração de efluente proveniente da lavagem do compressor da turbina a gás;
- Geração de efluente proveniente da solução química utilizada na calibração;
- Geração de efluente proveniente do óleo utilizado nos transformadores;
- Geração de efluentes contaminados por derramamento de produtos químicos agressivos;
- Geração de efluentes líquidos;
- Geração de efluentes líquidos - industriais/oleosos;
- Geração de efluentes líquidos - sanitários/orgânico;
- Geração de efluentes líquidos contaminados com óleo lubrificante e rejeito líquido oriundos da oficina mecânica geração de efluentes líquidos contaminados oriundos do ciclo água vapor;
- Geração de efluentes líquidos contaminados oriundos dos produtos químicos da torre;
- Geração de efluentes líquidos contaminados por vazamento ou derramamento de produtos químicos;
- Geração de efluentes líquidos industriais;
- Geração de efluentes proveniente do óleo utilizado na calibração com bomba comparativa

Quanto aos impactos avaliados, o SMSnet permitiu a avaliação dos seguintes:

- Alteração da qualidade da água;
- Alteração do regime hidrológico;
- Esgotamento / redução da disponibilidade de recursos naturais esgotamento de recurso natural não renovável;
- Utilização recursos naturais

A Ilustração 11 apresenta a tela de consulta de aspectos e impactos relativos ao aspecto de consumo de água no processo de captação e tratamento de água com impacto de



esgotamento/redução da disponibilidade hídrica avaliado como moderado, frente aos requisitos legais associados e ações de bloqueio disponibilizadas.

Consulta Aspectos e Impactos - BACIA DE CAMPOS

Gerência : GE-OPE/UTE-MLG/OM  
 Área : OPERACIONAL  
 Local : ETA TRATAMENTO DE ÁGUA  
 Tipo : MEIO AMBIENTE

Processo : CAPTAÇÃO / TRATAMENTO DE ÁGUA  
 Tarefa : OPERAR SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA  
 Aspecto : CONSUMO DE ÁGUA  
 Impacto : ESGOTAMENTO / REDUÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE RECURSOS NATURAIS

Número do Registro : 2383				
Situação: Normal	Temporalidade: Atual	Frequência : 5 - Extremamente Alta	Severidade : 1 - Desprezível	Risco : 5
Procedimentos :				
Comentários :				
<a href="#">Requisitos Legais</a>		<a href="#">Ações de Bloqueio</a>		
Incluído por : <a href="#">HMEZ</a> - Em : 27/09/2007		Última Alteração Por : <a href="#">MBLQ</a> - Em : 04/03/2008		<a href="#">Versões</a>

**Moderado**

Total de Registros : 1

**Ilustração 11- Tela de Consulta de Aspectos e Impactos no Sistema SMSnet**  
 Fonte: PETROBRAS/SMSnet,2008

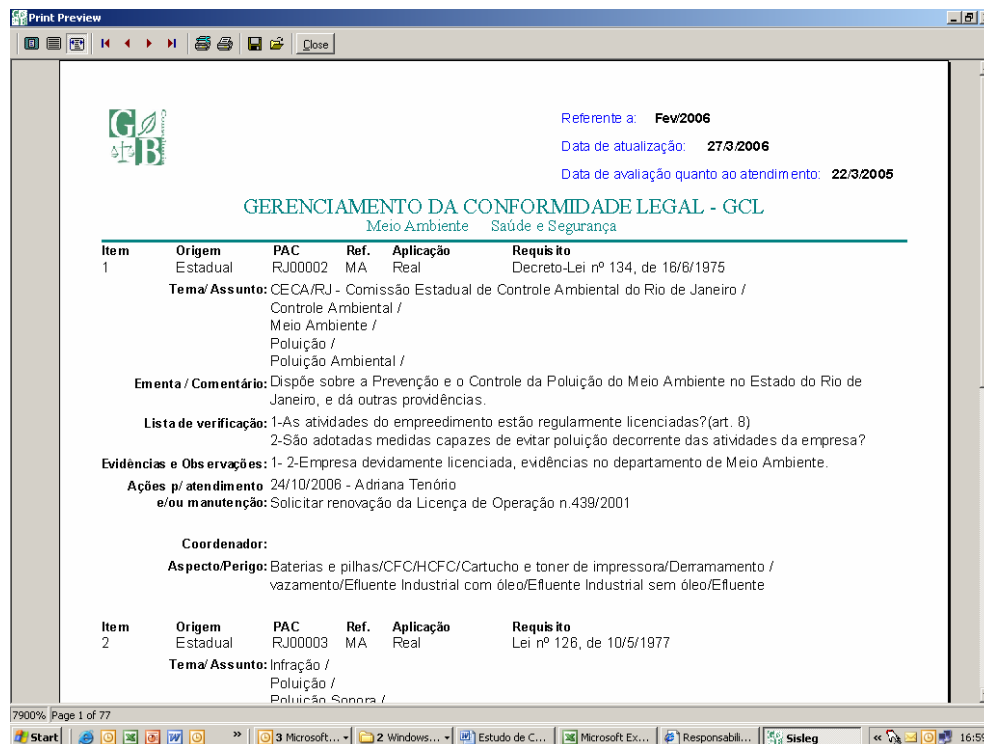
### 2.3.6.2 Requisitos Legais

O sub item 4.3.2 da ISO 14001/04 determina que a organização deve estabelecer, implementar e manter procedimento para identificar e ter acesso a requisitos legais aplicáveis e a outros requisitos subscritos pela organização, relacionados aos seus aspectos ambientais.

A UTE Mario Lago segue o procedimento gerencial PG200-00049-0 que estabelece a sistemática para o gerenciamento dos requisitos legais e outros requisitos aplicáveis e subscritos à qualidade, segurança, meio ambiente e saúde das atividades, produtos e serviços da GE-OPE.

Antes da aquisição da usina pela Petrobrás S.A., a UTE possuía um contrato de prestação de serviços de conformidade legal onde a atualização consistia basicamente na inclusão ou exclusão de requisitos no Programa SISLEG/GCL, fornecido pela empresa contratada.

A Ilustração 12 apresenta uma tela do sistema supracitado.



**Ilustração 12 - Tela de Acesso aos Requisitos Legais Aplicáveis a UTE Mario Lago antes da aquisição da usina pela Petrobrás.**

Fonte: UTE Mario Lago/SISLEG, 2006.

A UTE Mario Lago também cumpriu com outros requisitos até o final de 2005, por motivo de financiamento com o Banco Mundial firmado no contexto da gestão da usina pela empresa privada antes da aquisição pela PETROBRAS. Estes requisitos encontram-se estabelecidos no *General Environmental Guidelines* e no *Thermal Power: Guidelines for New Plants*.

Um resumo do programa de monitoramento na saída geral de efluentes até o ano de 2005, antes da aquisição da usina pela Petrobrás, contento os parâmetros e limites de regulamentações brasileiras aplicáveis à usina bem como os limites de referência internacional do Banco Mundial podem ser observados na Tabela 3.

PARÂMETRO	REGULAMENTAÇÕES BRASILEIRAS			REFERÊNCIAS INTERNACIONAIS (DIRETRIZES DO BANCO MUNDIAL – GERAL E ESPECÍFICAS)
	META UTE MÁRIO LAGO	RES. CONAMA 20/86 (ATUAL 357/05)	FEEMA NT-202.R-10	
pH máximo	9	9	9	9
pH mínimo	6	5	5	6
Temperatura	< 40 °C	< 4c Aumento < 3° C zona de mistura	< 40°C Aumento < 3° C zona de mistura	Aumento < 3° C zona de mistura
Sólidos Sedimentáveis	< 1ml/l, Teste Imhof, 1 hora	< 1ml/l, Teste Imhof, 1 hour	NR	NR
Sólidos Suspensos (RNFT)	50	NR	NR	50
Óleos e Graxas	10 mg/l	20 mg/l	20 mg/l	10 mg/l
Chumbo	0.5 mg/l	0.5 mg/l	0.5 mg/l	0.1 mg/l
Cobre	0.5 mg/l	1.0 mg/l	0.5 mg/l	0.5 mg/l
Ferro Solúvel	1 mg/l	15 mg/l	15 mg/l	1 mg/l
Cromo total	0.5 mg/l	0.5 mg/l CR6 2.0 mg/l CR3	0.5 mg/l total	0.5 mg/l total
Zinco	1 mg/l	5 mg/l	1 mg/l	1 mg/l
Total de Metais Pesados	10 mg/l	NR	NR	10 mg/l
Nitratos	NR	NR	NR	NR
Substancias Fenólicas C6H6OH	0.2 mg/l	0.5 mg/l	0.2 mg/l	0.5 mg/l
Fosfatos(PO <sub>4</sub> )	6 mg/l	NR	NR	6 mg/l
DQO	250 mg/l	NR	250 mg/l *	250 mg/l
DBO	50 mg/l	NR	NR	50 mg/l
Cloretos	NR	NR	NR	NR
Cloro (Residual)	0.2 mg/l	NR	5.0 mg/l	0.2 mg/l
Coliformes	400/100 ml	NR	Controle via DBO	400/100 ml

**Tabela 3 - Resumo do Programa de Monitoramento na Saída Geral de Efluentes da Usina**  
 Fonte: UTE Mário Lago / Relatório de Banco Mundial, 2005

A notificação da FEEMA nº DICIN2NOT/01004488 define os novos parâmetros e frequência negociada com o órgão ambiental, adotados a partir de maio de 2006.

Atualmente a atualização dos requisitos legais aplicáveis é feita através do Software LEGIS AMBIENTAL, disponibilizado através do Sistema de Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde da PETROBRAS, que inclui o controle de conformidade legal, no âmbito Federal, Estadual e Municipal.

A Ilustração 13 apresenta a tela inicial deste sistema.



**Ilustração 13 - Tela de Acesso aos Requisitos Legais Aplicáveis a UTE Mario Lago após aquisição da usina pela Petrobrás S.A.**

Fonte: PETROBRAS/UTE Mario Lago/SMSnet, 2008.

Além dos requisitos legais federais, estaduais, municipais e regulamentações locais, a UTE Mario Lago possui requisitos legais associados a:

- a) Licença de Operação LO 439/2001, emitida pela FEEMA;
- b) Outorga de Captação de Água, emitida pela SERLA;
- c) Alvarás, licenças aplicáveis;

### 2.3.6.2.1 Regulamentações Brasileiras

As seguintes regulamentações são aplicáveis ao lançamento de Efluentes Líquidos da UTE Mário Lago: em esfera federal a Resolução CONAMA 357, em âmbito estadual no estado do Rio de Janeiro a Norma Técnica NT 202-R-10, a Diretriz DZ- 205, DZ- 215, DZ-942.

A Tabela 4 apresenta as regulamentações brasileiras aplicáveis ao monitoramento de efluentes intermediários oriundos dos SAOs da UTE Mário Lago.

Separadores de Água e Óleo A, B, C e D					
Ponto de Coleta	Parâmetros	Frequência Proposta	Regulamentações Brasileiras		
			CONAMA 357/05 Art.34	NT 202 R.10	UTE Mário Lago
Efluentes de 4 Separadores	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	Diária	NR	NR	NR
	pH	Diária	5 a 9	5 a 9	5 a 9
	Temperatura do Efluente(°C)	Semanal	<40°C	<40°C	<40°C
	Óleos e Graxas (mg/L)	Semanal	20	20	20
	Sulfeto (mg/L)	Semanal	1,0	1,0	1,0

**Tabela 4 - Monitoramento de efluentes dos Separadores de Água e Óleo da Usina**

Fonte: UTE Mário Lago / Relatório de Monitoramento, 2008

A notificação encaminhada pela FEEMA com o modelo do RAE, determina coleta composta, entretanto de acordo com informações coletadas em campo através de entrevistas com técnicos da empresa contratada, as coletas para o parâmetro Sulfeto são do tipo simples e não compostas, pois estas são inviáveis para este parâmetro, tendo sido contatado o órgão ambiental, a saber, a FEEMA, que informou a possibilidade de erro de digitação na notificação, e recomendou realizar as coletas simples, registrando no próprio RAE este tipo de coleta.

A Tabela 5 apresenta as regulamentações brasileiras aplicáveis ao monitoramento de efluentes intermediários oriundos da ETE da UTE Mário Lago.

ETE							
			Regulamentações Brasileiras				
Ponto de Coleta	Parâmetros	Frequência Proposta	CONAMA 357/05 Art.34	NT - 202 R.10	DZ - 215 R.4	Limite UTE Mário Lago	
ETE	Afluente e Efluente	DBO <sub>5</sub> , 20°C e eficiência (%DBO) (mg/L)	Quinzenal	NR	NR	100mg/L e 65%	100mg/L e 65%
	Efluente	Vazão (m3/dia)	Diária	NR	NR	NR	NR
		pH	Diária	5 a 9	5 a 9	NR	5 a 9
		Temperatura do efluente (°C)	Semanal	<40°C	<40°C	NR	<40°C
		Sólidos Totais em Suspensão (RNFT, em mg/L)	Semanal	NR	NR	100	100
		Óleos e Graxas (mg/L)	Semanal	20	20	NR	20
		Materiais Sedimentáveis (mg/L)	Semanal	1,0	1,0	NR	1,0

**Tabela 5 - Monitoramento de Efluentes Sanitários da Usina**

Fonte: UTE Mário Lago / Relatório de Monitoramento, 2008

O RAE recomenda coleta composta na ETE apenas para o parâmetro DBO, mas por medidas conservativas da UTE Mário Lago realiza-se coleta composta em todos os parâmetros da ETE ao invés de coleta simples.

A Tabela 6 apresenta monitoramento de efluentes finais da UTE Mário Lago bem como as regulamentações brasileiras aplicáveis a usina.

<b>Efluente Final na Saída Geral (Tanque T-212)</b>					
<b>Ponto de Coleta</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Frequência</b>	<b>Regulamentações Brasileiras</b>		
			<b>CONAMA 357/05 Art.34</b>	<b>NT 202 R.10</b>	<b>UTE Mário Lago</b>
Mistura (Saída Geral)	X (n° bateladas/dia)	Diária	NR	NR	NR
	Vazão (m3/dia)	Diária	NR	NR	NR
	pH	Diária	5 a 9	5 a 9	5 a 9
	Temperatura do efluente (°C)	Diária	<40°C	<40°C	<40°C
	Sólidos Totais em Suspensão (RNFT, em mg/L)	Semanal	NR	NR	NR
	Cloro Ativo (mg/L)	Semanal	NR	5,0	5,0
	Materiais Sedimentáveis (mL/L)	Semanal	1,0	1,0	1,0
	Zinco (total, em mg/L)	Semanal	5,0	1,0	1,0

**Tabela 6 - Monitoramento da Saída Geral de Efluentes da Usina**  
Fonte: UTE Mário Lago / Relatório de Monitoramento, 2008.

## A

Tabela 7 apresenta as regulamentações brasileiras aplicáveis ao monitoramento de qualidade da água no corpo hídrico receptor dos efluentes da usina.

QUALIDADE DO RIO MACAÉ				
PARÂMETROS-CHAVE - MONTANTE E JUSANTE DA USINA (*)	LIMITES da Res. CONAMA 357/05 - Classe 2 (**)	PERIODICIDADE	RESPONSABILIDADES DE EXECUÇÃO / DE COORDENAÇÃO E COMUNICAÇÃO	REGISTRO
Turbidez (NTU)	≤100	CONTÍNUA (3 vezes ao dia)	LABORATÓRIO QUALIFICADO / ÁREA DE MEIO AMBIENTE	BANCO DE DADOS EM PLANILHA EXCEL
Ph	6-9	CONTÍNUA (3 vezes ao dia)		
Temperatura da água (°C)	NR	CONTÍNUA (3 vezes ao dia)		
Temperatura do ar (°C)	NR	CONTÍNUA (3 vezes ao dia)		
Sólidos Totais em Suspensão (RNFT)	NR	DIÁRIA		
Sólidos Dissolvidos Totais (RFT)	≤500	MENSAL		
Óleos & Graxas	Virtualmente Ausentes	DIÁRIA		
Oxigênio (dissolvido)	≥5	CONTÍNUA (3 vezes ao dia)		
Cor Verdadeira (Pt/l)	≤75	MENSAL		
DBO <sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio)	≤5	MENSAL		
Alumínio (dissolvido)	≤0,1			
Ferro total	NR			
Ferro (dissolvido)	≤0,3			
Bicarbonatos	NR			
Carbonatos	NR			
Cloro Residual Total	≤0,01			
Cloreto (total)	≤250			
Sulfato (total)	≤250			
Nitrato	≤10			
Sílica (SiO <sub>2</sub> )	NR			
Nitrogênio Amoniacal Total	3,7 (se pH< 7,5) 2,0 (se 7,5< pH<8,0) 0,5 (se pH> 8,5)			
Cálcio	NR			
Magnésio	NR			
Sódio	NR			
Potássio	NR			
Zinco (total)	≤0,18			
Fósforo (total)	0,1 (ambiente lótico)			
Coliformes Termotolerantes	≤1000/100 ml	BIMESTRAL		
Biológico (fitoplâncton, zooplâncton, bentos e perifiton)	NR	- bentos – seis meses; - fitoplâncton, zooplâncton e perifiton – três meses		

(\*) Todas as unidades são expressas em mg/l, exceto quando indicado em contrário.  
(\*\*) O Banco Mundial não define limites para qualidade de água;  
NR – Não Regulado.

**Tabela 7 - Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé**

Fonte: SINPEP, 2008

Até o ano de 2007, a usina realizou o monitoramento do Rio Macaé conforme apresenta a

Tabela 7.



Como resultado de algumas reuniões com o órgão ambiental, a carta TM – 052/2008 da UTE Mário Lago foi encaminhada à FEEMA, à DIAG, contendo os resultados ao longo dos anos de monitoramento bem como uma proposta de redução de parâmetros e frequências.

A UTE Mário Lago continua aguardando o pronunciamento do órgão ambiental para a proposta de frequência trimestral para as análises.

A Tabela 8 apresenta o escopo de monitoramento de qualidade da água a partir de junho de 2008.

Parâmetro	Frequência
Turbidez (UNT)	MENSAL
pH	3X/dia
Temperatura da água (°C)	3X/dia
Temperatura do ar (°C)	3X/dia
Sólidos Dissolvidos Totais (RFT)	MENSAL
Óleos & Graxas	Diária
Oxigênio dissolvido	3X/dia
Cor Verdadeira (Pt/l)	MENSAL
DBO <sub>5</sub> , 20°C	MENSAL
Alumínio (dissolvido)	MENSAL
Ferro total	MENSAL
Cloreto	MENSAL
Sulfato	MENSAL
Nitrato	MENSAL
Sílica	MENSAL
Cloro Residual Total	DIÁRIA
Nitrogênio Amoniacal Total	MENSAL
Zinco (total)	MENSAL
Cálcio	MENSAL
Magnésio	MENSAL
Sódio	MENSAL
Potássio	MENSAL
Coliformes termotolerantes	MENSAL
DQO	MENSAL
Nitrogênio Total	MENSAL

**Tabela 8 - Monitoramento de Qualidade da Água em 2008**

Fonte: Contrato Haztec e UTE Mário Lago, 2008

### 2.3.6.3 Objetivos, Metas e Programas

A UTE Mario Lago utilizou objetivos e metas corporativas no contexto da empresa privada até o ano de 2005, onde foram estabelecidos objetivos de prevenção a poluição com definição das seguintes metas:

Metais Ambientais:

- Nenhum vazamento maior (acionando organização de combate a emergência)
- Incidentes reportando pequenos vazamentos  $\leq 22$

Metas Regulatórias:

- Notificações de violações  $\leq 4$
- Multas  $\leq 1$

De acordo com a ISO 14001/04 é recomendado que os objetivos e metas sejam específicos e mensuráveis, sempre que possível e também que os objetivos considerem questões de curto e de longo prazo.

A UTE Mario Lago, no documento Plano de Gerenciamento e Monitoramento Ambiental, estipulou inicialmente como objetivo a melhoria contínua do desempenho ambiental apresentando indicadores e metas, dentre os quais podem ser citados os principais utilizados desde entre 2001 e 2005 conforme mostram a Tabela 9 e a Tabela 10.

Indicador	Meta
pH	6-9
Óleos e graxas	10 mg/L
Cloro Residual Total	0,2 mg/L
Ferro (Solúvel)	1,0 mg/L
Zinco	1,0 mg/L
Cobre	0,5 mg/L
Resíduos Não Filtráveis Totais	50,0 mg/L
Fosfatos	6,0 mg/L
DQO	250 mg/L
DBO	50 mg/L
Coliformes fecais	400NMP/100 ml

**Tabela 9 - Principais Indicadores e Metas de Efluentes Líquidos**

Fonte: UTE Mario Lago/Plano de Gerenciamento e Monitoramento Ambiental, 2003.

Indicador	Meta
Cloro Residual Total	0,01 mg/L
DBO <sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio)	5 mg/L

**Tabela 10 - Principais indicadores e metas de Qualidade do Rio Macaé**

Fonte: UTE Mario Lago/Plano de Gerenciamento e Monitoramento Ambiental, 2003.

A UTE Mario Lago a partir de 2006 buscou atender objetivos e metas de padronização estabelecidos corporativamente pela PETROBRAS, principalmente a implantação de sistemas corporativos, por exemplo:

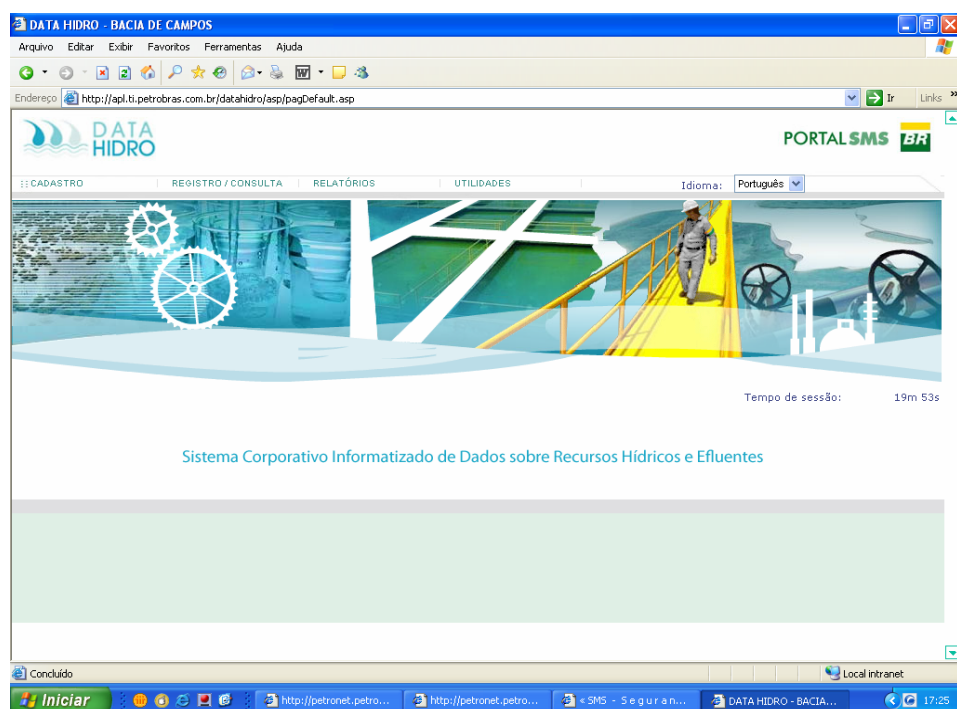
- **SINPEP**: Sistema Integrado de Padronização Eletrônica da Petrobras
- **SIGA**: Sistema Integrado de Gestão de Anomalia
- **SMSNET**: Sistema de Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde
- **SIGLA**: Sistema de Gestão de Licenças Ambientais

- **SIGER:** Sistema de Gestão por Resultados
- **SIGEA:** Sistema de Inventário e Gerenciamento de Emissões Atmosféricas
- **PROAUDI:** Programação de Auditoria
- **SCR:** Sistema Corporativo de Resíduos

No que diz respeito ao monitoramento de efluentes e qualidade da água encontra-se em fase de desenvolvimento e implantação um sistema corporativo de dados a partir de 2008, a saber:

- **Data Hidro:** Sistema Corporativo de Dados sobre Recursos Hídricos e Efluentes

A Ilustração 14 apresenta uma tela do Sistema Data Hidro.



**Ilustração 14 - Tela do Sistema Data Hidro**

Fonte: PETROBRÁS, 2008.

No âmbito do tema deste estudo de caso, para o ano de 2008, a UTE Mário Lago está contemplando em seus objetivos e metas novos projetos de Estação de Tratamento de Esgoto e Estação de Tratamento de Efluentes Industriais como resultado da avaliação do

monitoramento realizado ao longo dos anos de operação da usina. Estes projetos são oportunidades de melhorias, confirmadas inclusive ao longo deste trabalho de dissertação, encontram-se em fase de licitação no momento de realização deste estudo. A avaliação da presente tese colaborou também para a apresentação de detalhes da especificação técnica dos projetos supracitados.

O Programa de monitoramento de efluentes da usina inclui os sistemas separadores de água e óleo; a estação de tratamento de esgoto, a saída geral de efluentes e a qualidade da água do rio Macaé. A periodicidade de amostragem e os parâmetros a serem analisados foram previamente determinados pelo PBA e a obrigatoriedade de cumprimento apresenta-se expressa nas restrições 5 e 6 da Licença de Operação da usina, a saber LO 439/2001. A usina seguiu durante alguns anos, antes de ser adquirida pela Petrobras, as Diretrizes de Meio Ambiente para Novas Plantas Termelétricas e as Diretrizes Ambientais Gerais do Banco Mundial que determinam quais são os parâmetros a serem monitorados e com que frequência.

Considerando a contribuição da qualidade da água captada e dos produtos químicos utilizados no tratamento de água, na torre de resfriamento e na unidade de desmineralização foram utilizadas as referências para os parâmetros de lançamento do *Pollution Prevention and Abatement Handbook – Guidelines for New Thermal Power Plants and General Guidelines*, resolução Conama 20 art. 21 ou 23, NT-202.R10 e DZ-205.R5 no período de anterior ao ano de 2005.

A legislação utilizada para a avaliação do parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a DZ 205-R5 uma vez que a legislação estadual não apresenta um valor específico de lançamento para a atividade das usinas termelétricas, por isso foi adotado inicialmente pela usina o limite utilizado para as indústrias químicas e petroquímicas de 250 mg/L, e as Diretrizes Gerais do Banco Mundial definem o mesmo valor para este parâmetro.

Desde de 2005 a UTE Mário Lago segue a Resolução CONAMA 357, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as condições e padrões de lançamento de efluentes, que entrou em vigor em 17 de março do mesmo ano, revogando a Resolução Conama 20/86.

A Licença operacional da usina encontra-se em fase de renovação e sua condicionante quarta informa que a mesma deverá

"requerer a renovação...no mínimo 120 (cento e vinte) dias antes da expiração do seu período de validade".

O Protocolo do Processo 200992/06 é datado de 15 de março de 2006, tendo sido realizada sua solicitação junto ao órgão com antecedência superior a 7 meses da data de vencimento da licença.

O histórico desse processo de renovação de LO passado a UTE Mário Lago no momento de transição da usina para a PETROBRÁS S.A. O procedimento inicial foi realizado e o órgão ambiental (FEEMA) ainda não se pronunciou na emissão da licença.

Existe o respaldo por lei de acordo com o artigo 18, parágrafo quarto da Resolução CONAMA 237/97 a Termomacaé tem o prazo de validade de 31/10/06 "automaticamente prorrogado até a manifestação definitiva do órgão ambiental..."

A vistoria técnica da FEEMA a UTE Mário Lago foi realizada em 06/03/08.

Uma carta de encaminhamento foi enviada ao órgão ambiental informando o extenso período de tempo de 2 anos de aguardo de posicionamento do órgão.

O atraso de 2 anos na renovação da LO tem sido devido a falta de estrutura de pessoal na FEEMA dada a grande quantidade de processos em análise e, por último, o órgão emitiu uma informação que o processo solicitado pela UTE Mário Lago para testes com Flex Gás acarretou um atraso ainda maior devido a exigência de uma análise de risco complementar.

### **2.3.7 Verificação**

#### **2.3.7.1 Monitoramento e Medição**

A gestão ambiental tem como um importante instrumento o monitoramento de efluentes e de qualidade da água num corpo hídrico receptor.

O monitoramento de efluentes é realizado visando atender às restrições 5 e 6 da Licença de Operação 439/2001 e verificar conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA No 375/2005, NT-202.R-10 da FEEMA. As diretrizes do Banco Mundial servem como referência mas não possuem caráter obrigatório desde que a usina passou a pertencer a PETROBRÁS S.A. em 2006.

A usina dispõe de um medidor *online* de pH instalado no tanque de saída geral dos efluentes e também realizam análises através de empresa contratada visando atender a requisitos nacionais.

A coleta de amostra obedeceu a MF-402 (Método de Coleta de Amostra em Efluentes Líquidos Industriais).

Em 2008 os parâmetros semanal, quinzenal e mensal, passaram a ser realizados pelo laboratório do SENAI - (Centro de Tecnologia Ambiental), credenciado pela FEEMA e creditado pelo IN METRO, e os parâmetros diários são realizados por técnicos de campo da Haztec Tecnologia e Planejamento Ambiental.

A frequência do monitoramento foi definida de acordo com o PBA - Plano Básico Ambiental. O PBA se baseou na DZ-942.R-7, que estabelece ser a frequência função da vazão de efluentes, tendo sido considerada a faixa entre 1.000 e 10.000 m<sup>3</sup>/dia como vazão máxima de efluentes, baseada na vazão máxima permitida de 12 L/s, estabelecida pela Outorga de Água da SERLA objeto do Decreto 29.203, de 14/09/01 e publicada no Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro de 17/09/01.

Relatórios mensais relativos ao Programa de Monitoramento de Efluentes encaminhados pela empresa contratada são analisados e mantidos pela área de SMS. A coordenação de meio ambiente verifica o atendimento aos padrões estabelecidos e os limites aplicáveis.

A usina cumpre com o PROCON ÁGUA, que define o Relatório de Acompanhamento de Efluentes Líquidos - RAE, sendo encaminhado o mesmo a FEEMA.

O RAE contém os seguintes itens:

- Identificação e localização da empresa;
- Dados do corpo receptor;
- Identificação do sistema de tratamento;
- Período do relatório;
- Resultados das análises;
- Empresa que realizou as análises;
- Nome e cargo do responsável pelo relatório;
- Dados da vazão dos efluentes;
- Parâmetros fora de conformidade e descrição das medidas corretivas adotadas;

Com base nos resultados iniciais do monitoramento de efluentes e conforme previsto no PBA, após negociações com a FEEMA baseada em resultados do monitoramento, atualmente a UTE Mário Lago segue o PROCON ÁGUA e RAE da FEEMA de acordo com a notificação nº DICIN2NOT/01004488, uma vez que a área de meio ambiente conseguiu uma redução expressiva nos parâmetros do monitoramento dos efluentes que não se mostraram relevantes ou não estiverem presentes em níveis detectáveis.

A mesma negociação encontra-se em andamento no momento com o objetivo de reduzir os parâmetros e frequências do monitoramento na qualidade da água do corpo receptor que é o rio Macaé.

O monitoramento da qualidade da água no corpo receptor, que é o rio Macaé, é realizado visando atender às restrições 7 e 8 da LO 439/2001 e às exigências da FEEMA relativas ao monitoramento biológico e verificar a conformidade com os padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA No 375/2005 - Classe 2.

A avaliação de conformidade é documentada através de relatórios mensais de empresa contratada (externa), RAE (Relatório de Acompanhamento de Efluentes) e banco de dados em planilha excel.

Os métodos de coleta e análise das águas são os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO ou, na ausência delas, no “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, última edição.

Os serviços da empresa contratada para o monitoramento da qualidade da água do rio Macaé incluem a coleta de amostras de águas e de biota, a saber: fitoplâncton, zooplâncton e perifiton; e realização das análises (físico-químico e biológico) dos parâmetros selecionados.

Tanto o ponto de lançamento de efluentes quanto a captação da usina estão localizados a montante da ponte da rodovia BR-101 que cruza o rio Macaé, e a montante também do sistema de captação da UTE Norte Fluminense, conforme indicado na

Excluído: o

Ilustração 15 a seguir, que mostra os pontos de monitoramento do Rio Macaé, situados, respectivamente, 100 m a jusante e 100 m a montante do ponto de lançamento de efluentes da usina.



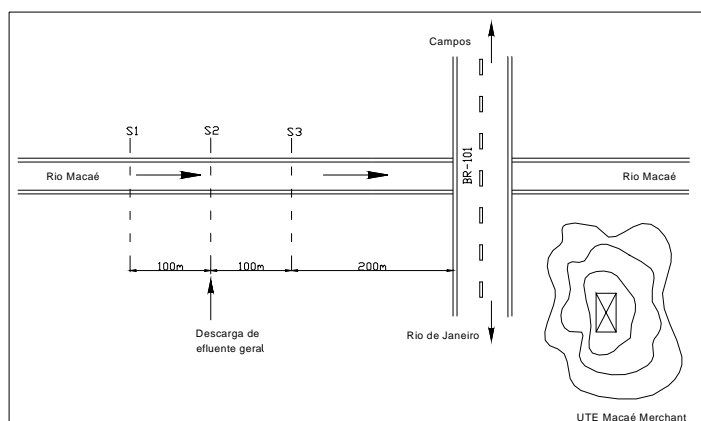


Ilustração 15 - Pontos de Monitoramento no Rio Macaé

Fonte: UTE Mário Lago/ Relatório TECMA, 2007.

As seguintes campanhas de monitoramento biológico foram realizadas entre 2001 e 2005:

- 1ª campanha (*background* - estiagem)– agosto de 2001 (fitoplâncton, zooplâncton e bentos);
- 2ª campanha (*background* - cheia) – dezembro de 2001 (fitoplâncton, zooplâncton e perifíton);
- 3ª campanha – abril de 2002 (bentos);
- 4ª campanha – junho de 2002 (fitoplâncton, zooplâncton e perifíton);
- 5ª campanha – dezembro de 2002 (fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e bentos);
- 6ª campanha – abril de 2003 (fitoplâncton, zooplâncton e perifíton).
- 7ª campanha – julho de 2003 (fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e bentos);
- 8ª campanha – outubro de 2003 (fitoplâncton, zooplâncton e perifíton);
- 9ª campanha – janeiro de 2004 (fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e bentos);
- 10ª campanha – abril de 2004 (fitoplâncton, zooplâncton e perifíton);
- 11ª campanha – julho de 2004 (fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e bentos);

- 12<sup>a</sup> campanha – julho de 2005 (fitoplâncton, zooplâncton, perifiton e bentos);
- 13<sup>a</sup> campanha – julho de 2006 (fitoplâncton, zooplâncton, perifiton e bentos);
- 14<sup>a</sup> campanha – janeiro de 2008 (fitoplâncton, zooplâncton, perifiton e bentos).

Os relatórios são apresentados à FEEMA e também mantidos na UTE Mário Lago.

Estes dados são enviados em meio digital contendo o seguinte conjunto de informações:

Físico-químico: número de registro da amostra, estação de amostragem (com código), data da coleta, hora da coleta, profundidade da coleta, parâmetro analisado, limite de detecção, resultado da análise (com 2 casas decimais);

Biológico: número de registro da amostra, estação de amostragem (com código), data da coleta, hora da coleta, profundidade da coleta, densidade (indivíduos/m<sup>2</sup>) e classificação biológica dos indivíduos encontrados.

#### **2.4 Estudo de Novas Tecnologias de Tratamento de Efluentes**

Em geral, os processos de tratamento estão fundamentados na operação de sistemas físico-químicos de precipitação-coagulação, seguidos de tratamento biológico via sistema de lodos ativados, sendo recomendável em todos os casos um acompanhamento mais detalhado do uso adequado destes sistemas, o que permite realizar modificações em seus projetos e torná-los mais eficientes.

É necessário desenvolver e documentar um conjunto relevante de dados e de medidas qualitativas e quantitativas para avaliação e comparação do desempenho do tratamento. Tais medidas são para ter parâmetros da eficácia dos procedimentos de purificação aplicados, podendo-se utilizar: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos (dissolvidos e suspensos), matéria graxa e microrganismos. O desenvolvimento de métodos confiáveis para assegurar a eficiência do tratamento e os estudos da resistência microbiana para cada método de tratamento também são ações a serem realizadas ao implantar uma tecnologia de purificação de água ou efluente.

Segundo Casani et al. (2005), a escolha do sistema de tratamento ideal deve ser baseada na eficiência em atingir os padrões físico, químico e microbiológico requeridos, removendo todos os componentes indesejáveis e, em alguns casos, prevenindo o subsequente crescimento de patógenos. Lazarova et al (1999) apresentam razões mais abrangentes para a escolha do método de tratamento de água ou efluentes ideal que depende da relação custo-benefício, segurança, qualidade da água de processo, padrões existentes, específica aplicação de reuso, capacidade de tratamento de efluentes e contaminantes presentes.

Os contaminantes presentes na água ou efluente a ser tratado podem ser de seis classes: sais inorgânicos dissolvidos, gases dissolvidos, compostos orgânicos dissolvidos, óleos e graxas, partículas em suspensão e microrganismos. Para cada tipo de contaminante há técnicas de tratamento próprias, por conseguinte a combinação de duas ou mais técnicas definem um eficiente sistema de tratamento de efluentes para a remoção de diferentes contaminantes (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). Portanto, independentemente do sistema de tratamento escolhido, a qualidade do produto alimentício obtido de operações com reciclo e/ou reúso direto e/ou indireto de água deve ser igual ou superior ao produto obtido utilizando água tratada proveniente da fonte que abastece a indústria. O sistema de tratamento de água tem como objetivo adequar as características físico-químicas e biológicas a determinados padrões higiênicos, estéticos e econômicos (AZEVEDO NETTO et al., 1987 apud MIERZWA; HESPANHOL, 2005). O sistema convencional consiste etapas como: aeração ou pré-cloração; coagulação, floculação e sedimentação; filtração; desinfecção e controle da corrosão. As etapas de coagulação, floculação e sedimentação são feitas para separar sólidos em suspensão, principalmente em suspensão fina, em estado coloidal ou em soluções. Primeiramente, adicionam-se produtos químicos para neutralizar as cargas elétricas das partículas em suspensão (processo de coagulação), em seguida, promove-se o contato das partículas desestabilizadas (floculação), os flocos, ao se tornarem maiores, sedimentam-se para então serem removidos (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). A filtração é um processo de separação que retém as partículas no meio filtrante e toda a água ou efluente precisa passar pelo meio poroso para que a separação ocorra. No mercado, estão disponíveis meios filtrantes descartáveis ou reutilizáveis em vários tipos de sistemas de filtração, cuja escolha deve basear na concentração de sólidos presentes, o diâmetro da menor partícula a ser removida e a vazão de efluente a ser filtrado. Tratamentos químicos podem ser: cloração (cloro, dióxido de cloro, cloraminas); ozonização, peróxido de hidrogênio, entre outros. O tratamento físico para desinfecção envolve o uso de membranas ou radiação ultravioleta (UV). Deve-se ressaltar que

o cloro residual pode ser danoso em tratamentos avançados posteriores, como osmose reversa e troca iônica, além de haver a possibilidade de formar organoclorados (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). O controle da corrosão é o ajuste químico final do pH e alcalinidade de modo que a água não cause corrosão e nem seja incrustante (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

De acordo com artigos internacionais pesquisados no *ISI WEB of Knowledge*, o processo de Floculação pode ser utilizado de fato para o tratamento de efluentes industriais, sendo um método fácil e barato através de célula de separação em uma vasta gama de efluentes contendo metais pesados, por exemplo zinco e cobre, os quais são avaliados neste estudo de caso dos efluentes da Usina.

Técnicas de tratamento fundamentadas em processos de coagulação, seguidos de separação por flotação ou sedimentação, apresentam uma elevada eficiência na remoção de material particulado (AHMAD *et al*, 2000). No entanto, a remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos mostram-se deficientes. Os processos de adsorção em carvão ativado apresentam uma eficiência significativamente maior, contudo em função da superfície química do carvão ser positiva, a adsorção de contaminantes de caráter catiônico é uma limitação bastante importante.

Os processos biológicos utilizados com maior frequência estão representados pelos sistemas de lodos ativados. Este processo consiste na agitação dos efluentes na presença de microorganismos e ar, durante o tempo necessário para metabolizar e flocular uma grande parte da matéria orgânica. Infelizmente, o processo apresenta o grande inconveniente de ser bastante susceptível à composição do efluente (cargas de choque), além de produzir um grande volume de lodo.

Por todos estes motivos, o estudo de novas alternativas para o adequado tratamento de efluentes deve ser considerado como uma prioridade dos profissionais que atuam nesta área de trabalho.

Pesquisas foram realizadas por VERA & BERNARDO (2008) em sistemas de Filtração em Múltiplas Etapas, utilizando instalação piloto composta por unidades de pré-filtros dinâmicos em série, linhas de pré-filtros de escoamento ascendente, em série e em camadas, e filtros lentos com diferentes meios filtrantes. O desempenho deste tipo de sistema foi avaliado para parâmetros como turbidez, cor aparente, sólidos suspensos, coliformes totais e fecais e ferro,

tendo sido montada instalação piloto nas dependências da Estação de Tratamento de Água de São Carlos – SP.

A Filtração em Múltiplas Etapas, FiME, é um sistema de simples construção, com instalações de baixo custo, nas quais a instrumentação pode ser praticamente eliminada. Além disso, é uma tecnologia adequada às zonas rurais e pequenos e médios municípios. Segundo VISSCHER (1996), quando devidamente selecionada, projetada, construída e operada, a FiME produz água filtrada com baixa turbidez, sem a presença de impurezas nocivas e livre de organismos patogênicos.

As seções a seguir apresentam as alternativas de tratamento de efluentes industriais pesquisadas por meio de revisão de literatura.

#### **2.4.1 Processos Físicos**

Dentre os processos físicos mais utilizados no tratamento de efluentes, a adsorção com carvão ativado ainda vem sendo intensamente estudada. O estudo de alguns agentes alternativos utilizando-se de biomassa como adsorvente também tem despertado atenção recentemente.

Para Kunz *et al* (2001) a utilização de tecnologias de membranas, como osmose reversa, microfiltração, nanofiltração e ultrafiltração, têm se tornado muito atrativas devido ao fato de possibilitarem o reuso da água no processo industrial. Isto é especialmente interessante se analisarmos as perspectivas futuras não muito animadoras de escassez, elevação dos custos para captação de água e legislação cada vez mais restritiva para emissão de efluentes.

#### **2.4.2 Adsorção em Carvão Ativado**

O termo carvão ativado refere-se a qualquer forma de carvão amorfo, que tenha sido tratado para produzir um material com alta capacidade de adsorção. As matérias-primas típicas para produzir o carvão ativado incluem o carvão mineral, madeira, casca de coco, resíduos da produção do papel, e resíduos a base de petróleo.

O processo de adsorção ocorre quando uma molécula, geralmente do contaminante que se deseja remover, atinge a superfície do carvão e é mantida nesta superfície devido à ação de forças físicas e/ou químicas.

Tanto o carvão na forma de pó ou o granulado pode ser utilizado para o tratamento de efluentes. O carvão na forma de pó encontra aplicação limitada, sendo utilizado apenas em situações atípicas, devido a problemas de odores ou para a remoção de contaminantes que não sejam característicos da instalação. Já o carvão na forma granular é o que encontra maior aplicação, sendo principalmente utilizado em colunas estacionárias, através da qual o efluente a ser tratado flui, para que os contaminantes sejam removidos.

A adsorção dos contaminantes sobre a superfície do carvão ocorre devido fatores como o contaminante apresentar baixa solubilidade no efluente, ou grande afinidade pelo carvão, ou ainda uma combinação entre estes. Tecnicamente não existem limites para a concentração do contaminante na corrente de alimentação, mas na prática, a máxima concentração de contaminantes nas correntes que tem sido tratadas de forma contínua é da ordem de 10.000 mg/L de carbono orgânico total. Além dos compostos orgânicos em menor extensão, alguns metais e outros compostos inorgânicos que se encontram dissolvidos no efluente podem ser removidos.

Outro fator importante a ser considerado nos processos de tratamento por carvão ativado é que a presença de sólidos em suspensão no efluente a ser tratado, afeta de forma negativa o desempenho do processo; seja devido à elevação da perda de carga no leito de carvão, pois este acaba funcionando como um filtro, seja pelo entupimento dos poros do carvão, o que resulta na perda de capacidade de retenção dos contaminantes, consideração que também é válida para óleos e graxas.

Os sistemas de tratamento apresentam uma capacidade limitada para a retenção dos contaminantes, sendo que esta capacidade está diretamente associado com a quantidade de carvão presente nos leitos, o que implica na substituição periódica do carvão. Como pelo processo de adsorção não ocorre a destruição do contaminante, o carvão exaurido deverá ser gerenciado de forma adequada, para que os contaminantes presentes não venham a degradar o solo ou a água.

É recomendado que a implantação de sistemas de tratamento que irão utilizar esta técnica sejam baseados em ensaios de laboratório e em escala piloto.

### **2.4.3 Processos de Tratamento Físico-Químico empregando Flotação por Ar**

De acordo com dados da USP dados sobre a tratabilidade de efluentes por processos físico-químicos visando o reuso de água foram apresentados em congresso interamericano de engenharia sanitária e ambiental. Segundo COSTANZI *et al* (2008) tais processos utilizaram oxidação do efluente com ozônio, flotação seguida de ozonização e ozonização seguida de flotação. De maneira geral os processos de tratamento estudados por COSTANZI *et al* (2008) produziram efluentes com turbidez, cor aparente, DQO e SST baixas, o que indica a possibilidade de reuso indireto. O efluente flotado, no que se refere à turbidez e cor aparente, apresentou qualidade semelhante à água produzida pela ETA da indústria pesquisada.

### **2.4.4 Tratamento Biológico**

Os processos biológicos, inicialmente desenvolvidos para tratamento de esgotos, são, em geral, os mais eficientes para o tratamento de efluentes contendo material orgânico biodegradável e consistem, basicamente, em colocar em contato o efluente com uma cultura adequada de micro-organismos, os quais irão degradar os compostos orgânicos presentes no efluente.

Os microrganismos utilizados no processo se formam face às condições ambientais adequadas que se estabelecem nas câmaras de aeração por meio de processos aeróbios ou nos biodigestores por processos anaeróbios ou aeróbios.

A água é um componente vital para que as reações de decomposição ocorram, uma vez que os microrganismos utilizam enzimas para catalisar as reações de decomposição e estas enzimas necessitam de água para permanecerem ativas.

A degradação da matéria orgânica pode ser feita por microrganismos aeróbios e anaeróbios, os microrganismos aeróbios podem, eventualmente, decompor substâncias simples ou compostos, em dióxido de carbono e água, enquanto os anaeróbios só são capazes de degradar substâncias simples, sendo gerado como subproduto o metano e o dióxido de carbono.

Os processos biológicos, na maioria dos casos, não alteram ou destroem compostos inorgânicos. Na verdade, baixas concentrações de alguns compostos inorgânicos solúveis, como por exemplo os íons metálicos, pode inibir a atividade enzimática dos microrganismos em função dos mesmos, devido a sua carga negativa, funcionarem como trocadores de íons, o que resulta na adsorção de íons positivos sobre a parede de suas células.

Espécies aniônicas, como cloretos e sulfatos não são afetados pelos processos biológicos.

Dentre os diversos tipos de processos, um dos mais amplamente utilizados é o processo por lodos ativados com crescimento em suspensão, o qual consiste em se manter em contato, por um período de tempo adequado, o efluente contendo os contaminantes a serem degradados e uma massa de microrganismos que é mantida em suspensão, ao mesmo tempo que se adiciona oxigênio para que a degradação possa ocorrer. As vantagens deste tipo de processo são: a tecnologia bem desenvolvida, o fato de poder ser utilizado para o tratamento de efluentes industriais e o fato de possibilitar adaptação para o tratamento de um efluente específico. As desvantagens são: a possibilidade de liberação de compostos orgânicos voláteis para a atmosfera, a necessidade de pré-tratamento dos efluentes, e a possibilidade de inibição da atividade dos microrganismos ou até da destruição de todas as colônias existentes, em função da variação das características do efluente alimentado ao processo.

Os métodos biológicos costumam ser bastante utilizados no tratamento de efluentes industriais, entretanto, apresentam alguns inconvenientes como afirma GIULIO (2008), a saber:

- a) Grande área territorial ser necessária para sua implementação, principalmente para os métodos aeróbios;
- b) Dificuldade no controle da população de microrganismos, que requer um rigoroso acompanhamento das condições ótimas de pH, temperatura e nutrientes.
- c) Alterações no meio fazem o microorganismo alterar também seu metabolismo, ou ainda, a aclimação de um consórcio microbiano a determinados compostos pode promover diferentes possibilidades de transformação;
- d) Necessidade de um tempo relativamente longo para que os efluentes atinjam padrões exigidos.
- e) Discretas diferenças na estrutura dos compostos, ou na composição dos efluentes, que são bastante significativas para o bom funcionamento de um sistema biológico determinado. Assim, microrganismos podem não reconhecer certa substância e não degradá-la, ou ainda, podem transformá-la a produtos mais tóxicos.



Para GIULIO (2008) os métodos químicos, principalmente os processos oxidativos avançados, apresentam-se como uma das tecnologias mais promissoras. Entretanto, a aplicação destas tecnologias, demandará ainda muitos estudos.

Desenvolver e otimizar reatores em escala industrial, para utilizar os processos de ozonização e fotocatalítico, constituem em grandes problemas para a implementação destes processos.

O processo de tratamento de rejeitos industriais demanda um grande conhecimento das técnicas existentes e do próprio efluente que se pretende tratar, devido a extrema complexidade dos efluentes industriais e à diversidade de compostos organoclorados encontrado neles.

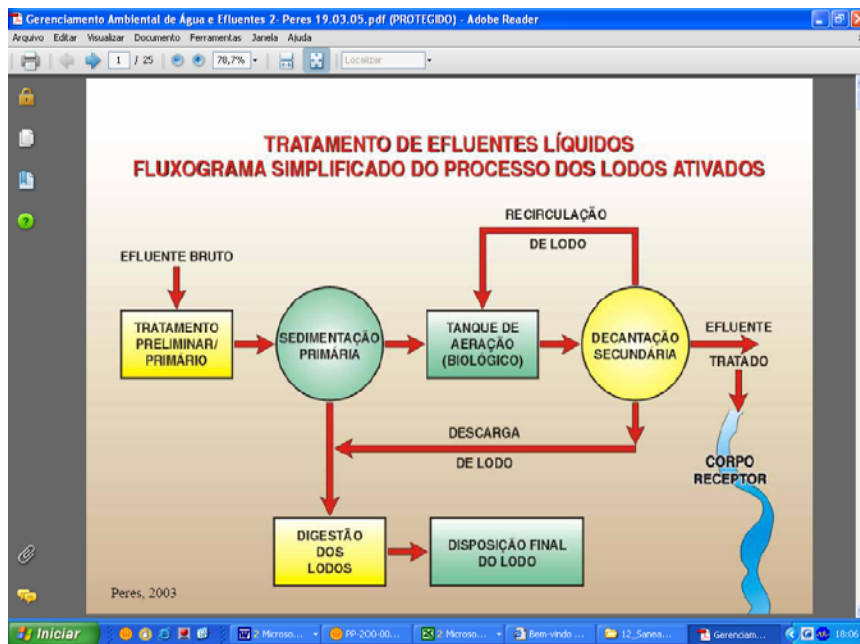
Várias pesquisas têm observado uma rápida transformação de compostos tóxicos, mas com o aparecimento de substâncias com poder de mutagenicidade muito maior que os compostos originais.

Para Giulio (2008) o ideal seria combinar os processos de tratamento de maneira que possibilitassem o estado de descarga zero de material orgânico.

Contudo, isto ainda é uma meta que demandará muita investigação. Existem muitas propostas que, se devidamente combinadas, poderiam atingir este estado ideal.

#### **2.4.5 Tratamento de Efluentes por Processos de Lodo Ativado**

A Ilustração 16 apresenta um fluxograma típico e simplificado de tratamento de efluentes líquidos por processos de lodos ativados.

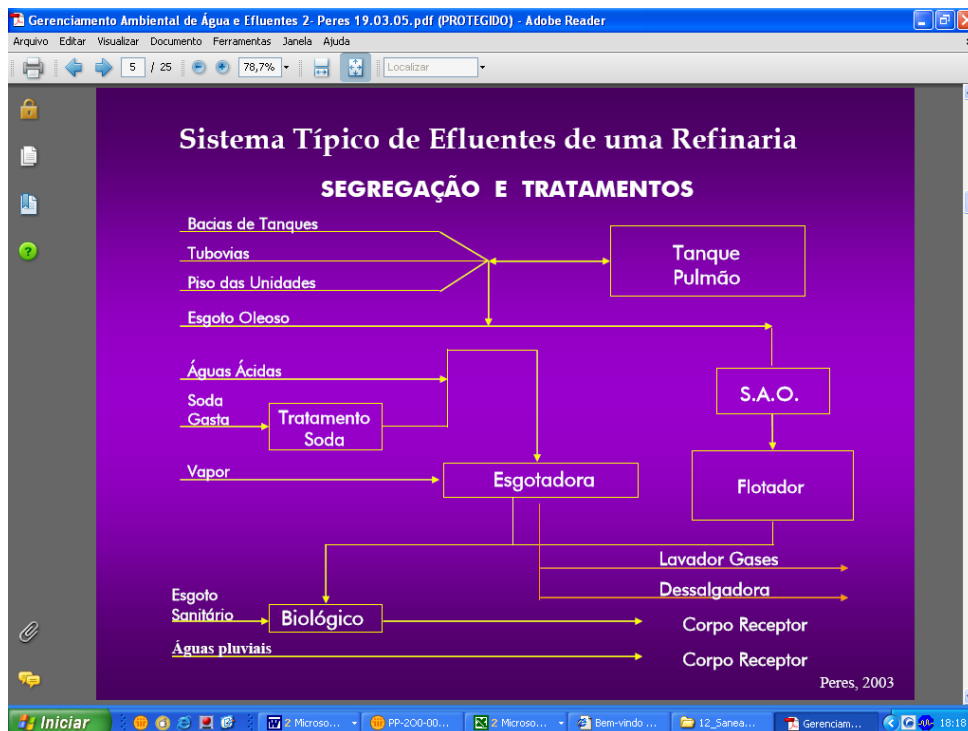


**Ilustração 16 - Fluxograma Simplificado de Tratamento de Efluentes Líquidos por Processo de Lodos Ativados**

Fonte: Peres, 2003

#### 2.4.6 Sistema Típico de Efluentes Industriais

A Ilustração 17 apresenta um sistema típico de tratamento de efluentes em refinarias.



**Ilustração 17 - Sistema Típico de Tratamento de Efluentes em Refinarias**  
Fonte: Peres, 2003

## 2.4.7 Sistemas Complementares de Tratamento de Água

Os sistemas complementares de tratamento de água são: o abrandamento, a troca iônica e a separação por membranas. O abrandamento objetiva remover as substâncias responsáveis pela dureza da água, ou seja, capazes de reagir com o sabão e formar sabões insolúveis, caso específico dos íons cálcio e magnésio (DAVIS; CORNWELL, 1998 apud MIERZWA; HESPANHOL, 2005). A dureza da água é indesejável principalmente no sistema de caldeiras para geração de vapor. Além de remover a dureza, a troca iônica objetiva remover compostos iônicos, que são transferidos para uma fase sólida insolúvel (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

As membranas possuem um mais abrangente uso do que as resinas de troca iônica, elas separam além de compostos iônicos dissolvidos, partículas sólidas de diâmetros pequenos, moléculas de gorduras e de proteínas, e bactérias (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). As membranas podem ser sintéticas, porosas ou semipermeáveis e são classificadas de acordo

com o diâmetro dos poros em: osmose reversa, nanofiltração, ultrafiltração e microfiltração. A seção 2.4.6 traz uma abordagem mais detalhada sobre a tecnologia avançada utilizando membranas.

A Ilustração 18 apresenta os métodos de filtração por membranas.



**Ilustração 18 - Caracterização dos processos de separação por membranas.**

Fonte: Amorim, 2003 apud Peres, 2003

Uma outra forma de filtração é a eletrodialise que purifica e concentra uma determinada solução por meio de um fluxo preferencial através de uma membrana semipermeável pela aplicação de uma diferença de potencial elétrico entre as membranas (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

### 2.4.8 Tecnologia Avançada Por Membranas

As Membranas são meios filtrantes, em geral produzidos a partir de materiais poliméricos, que apresentam poros de dimensões variadas. Estes poros são responsáveis por todas as propriedades que tornam as membranas úteis em suas diversas aplicações, tanto para separar partículas como para fracionar moléculas de diferentes massas molares. Como barreiras seletivas que atuam como uma espécie de filtro, as membranas são capazes de promover separações em sistemas onde os filtros comuns não são eficientes.

As membranas são produzidas a partir de materiais poliméricos e em algumas aplicações são preparadas a partir de matérias inorgânicas.

A separação de contaminantes da água, na maioria dos casos e em algumas aplicações específicas, servem também para a recuperação de substâncias. A empresa Efluentes Ind. e Com. de Equipamentos Ltda é uma empresa autorizada à aplicação dos produtos da Koch Membrane Systems (USA) no mercado brasileiro de tratamento de efluentes industriais e biológicos (reciclagem).

No contexto do tratamento de água e efluentes, como por exemplo o é o ramo de atuação da empresa Perenne – Equipamentos e Sistemas de Água, membrana é conceituada como sendo um meio filtrante. Trata-se de superfície semi-permeável utilizada para separação de sólidos ou sais dissolvidos na água.

A empresa DBD Filtros é a distribuidora das membranas Synder no Brasil. A membrana é resultado da deposição química sobre um suporte.

As finalidades desta separação podem ser muito variadas, como exemplifica a Divisão Bioscience da Millipore:

“As membranas separam os contaminantes insolúveis de soluções, processo chamado de ‘clarificação’; removem totalmente os microorganismos do ar ou de soluções, processo chamado de ‘esterilização’; além da separação, diálise ou concentração de macromoléculas”.

As membranas são utilizadas para separar componentes de correntes líquidas e também de correntes gasosas no tratamento de águas industriais, efluentes, reuso, potabilização de água do mar (como mostra as figuras abaixo). Além disso, há diversas outras aplicações em outros segmentos, tais como: Biotecnologia e farmácia, indústria alimentícia e de bebidas, hemodiálise, purificação de ar, entre outros.

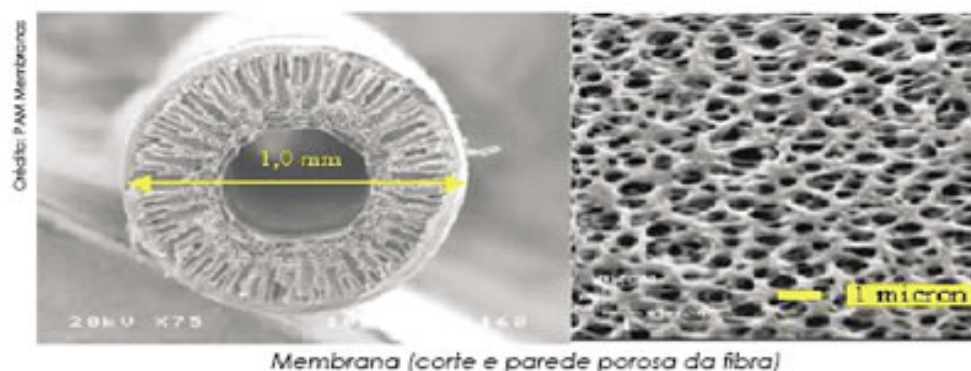
Ultimamente, ela vem sendo amplamente utilizada na indústria automobilística, pois praticamente todas plantas instaladas no Brasil possuem pintura cataforética, que exige uso de Ultrafiltração, assim como nos fornecedores de peças que também possuem este tipo de pintura.

Existem membranas de Microfiltração, Nanofiltração, Ultrafiltração e Osmose Reversa. Cada uma pode ser classificada conforme sua porosidade, que definirá a capacidade de separação dos sólidos a serem retidos conforme o seu tamanho, podendo ser até espiral ou tubular. Cada uma delas pode ser produzida a partir de um polímero, como o PVDF (Difluoreto de Polivinilideno), o PTFE (Politetrafluoretileno), PES (Polietersulfona), entre outros conforme

informações fornecidas pela empresa Millipore em matéria à Revista e Portal Meio Filtrante (2006). As mais utilizadas são as de Ultrafiltração e as de Osmose Reversa. Especificamente, no tratamento de efluentes, a composição de ambas (UF + OR) é quase sempre necessária, e especialmente no que se refere às aplicações com OR (osmose reversa), que em 90% dos casos requerem uma unidade de Ultrafiltração ou pré-tratamento adequado para que possa operar convenientemente, de modo que a sua vida útil seja superior a 2 anos.

Normalmente uma membrana de Microfiltração, Ultrafiltração, Nanofiltração e Osmose Reversa para o tratamento de água de poço, superficial ou água do mar, tem vida útil de 3 anos, em média. A matéria prima utilizada também influencia na durabilidade. Para membranas de Ultrafiltração, por exemplo, desde que corretamente aplicadas, podemos ter, em média, 4 a 7 anos para materiais poliméricos, 10 a 15 anos para membranas em aço inox, 2 a 7 anos para membranas cerâmicas, e 2 a 3 anos para membranas de Osmose Reversa.

A Ilustração 19 exhibe o corte e a parede da fibra de uma membrana.



**Ilustração 19 - Membrana (corte e parede porosa da fibra)**

Fonte: [www.meiosfiltrantes.com.br](http://www.meiosfiltrantes.com.br). Acesso em 25/07/2008

As limpezas das membranas são geralmente realizadas periodicamente com soluções ácidas e alcalinas, dependendo do tipo de membrana. Estas soluções são recirculadas dentro delas durante um período específico de tempo, determinado pH e temperatura. Assim, os materiais depositados nas superfícies das membranas são removidas fisicamente e quimicamente, deixando com as mesmas condições operacionais quando novas. Com relação a cartuchos de escala industrial, é prática comum a tentativa de regenerar a membrana, para aumentar sua capacidade de filtração. A idéia é solubilizar as partículas que foram retidas no processo de

filtração prévio, desbloqueando os poros e permitindo a retomada do fluxo de líquido por ali novamente. Estes procedimentos devem ser feitos com muito critério para não comprometer a integridade da membrana.

As empresas que trabalham neste segmento acreditam que a tecnologia de membrana está muito próxima de atingir seu ápice de desempenho, mas há ainda muito desenvolvimento a ser feito na área. Membranas que resistam a substâncias oxidantes, como o cloro livre ou residual, já estão sendo produzidas e, em um futuro próximo, serão utilizadas em larga escala mundialmente. Para o tratamento de efluentes, membranas mais resistentes e de maior vida útil também estão sendo desenvolvidas. Além das membranas para tratamento de águas com alto teor de matéria orgânica; membranas de água do mar, com baixa pressão operacional e alta rejeição de sais que estão surgindo; membranas do tipo LFC3-LD, que já são uma realidade e estão sendo utilizadas pelo mercado industrial, com tendência de alto consumo para os próximos anos.

O constante aumento de aplicação e de reconhecimento no mercado também é planejado para o futuro. Desde que as regras de importação sejam viáveis e que sejam alcançadas reduções na carga de impostos.

O mercado de membranas tende a crescer ainda mais, e produtos de maior tecnologia e valor agregado tendem a ganhar mais espaço, como por exemplo a utilização de cápsulas de membrana no lugar dos tradicionais cartuchos, sistemas de filtração tangencial substituindo os sistemas de filtração convencionais.

A Ilustração 20 exibe um exemplo de sistema utilizando membranas para tratamento de esgoto sanitário.



**Ilustração 20- Sistemas de Membranas da empresa Efluentes Ind e Come de Equip Ltda**  
Fonte: <[www.meiosfiltrantes.com.br](http://www.meiosfiltrantes.com.br)> Acesso em 25/07/2008

Pela primeira vez, uma empresa nacional conseguiu iniciar a produção de membranas de Microfiltração. A PAM Membranas Seletivas, empresa do Rio de Janeiro, vem produzindo membranas do tipo fibra oca, utilizando uma micro extrusora, especificamente desenvolvida para este fim. A membrana é produzida continuamente e, depois de lavada e seca, é acondicionada e colada em módulos que podem ter de 2 a 25 m<sup>2</sup> de área de membranas para filtração. O projeto é da Coppe/UFRJ, contando com mais de 35 anos de pesquisa nacional em membranas de separação. Professores integraram o Laboratório de Processos de Separação por Membranas da Coppe/UFRJ, que desenvolvem pesquisas nesta área desde a década de 70. A empresa PAM Membranas nasceu de um desmembramento, processo secundário deste Laboratório Universitário.

A membrana é produzida pela técnica de precipitação por imersão. Esta técnica consiste em instabilizar uma solução polimérica pela adição de um não solvente para o polímero em questão. O sistema separa em duas fases, uma rica em polímero e outra rica na mistura solvente/não solvente. No final do processo, a fase rica em polímero dá origem à estrutura da membrana, enquanto a fase rica em solvente dá origem aos seus poros. As membranas, assim produzidas, são colocadas em módulos e estes em sistemas de microfiltração.

Segundo PERES (2008) as membranas de microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e a osmose reversa são tendências em se tratando de novas tecnologias disponíveis para tratamento de efluentes, a pesar do maior investimento, tendo como pontos vantajosos, a facilidade de operação e a demanda por menor espaço.

Desde 2001 a Petrobrás S.A. tem realizado testes de membranas como por exemplo na Refinaria de Minas Gerais e está projetando vários sistemas de reuso nas refinarias como a REVAP, REPAR, COMPERJ, em sua nova refinaria de Pernambuco. Estas plantas da Petrobrás S.A. serão baseadas em membranas de ultrafiltração e microfiltração.

#### **2.4.8.1 Osmose Reversa**

A membrana de Osmose Reversa é aquela que apresenta os poros menores, por onde atravessam somente as moléculas muito pequenas, como a água. Até os íons são retidos, por isso sua grande utilização em sistemas de purificação de água. A Osmose reversa é uma técnica de alta eficiência para o processo de concentração, separação de substâncias de baixo peso molecular em solução, ou limpeza de efluentes. Tem a habilidade de concentrar todos os sólidos dissolvidos ou em suspensão. O permeado contém uma concentração muito baixa de



sólidos dissolvidos. Osmose reversa é tipicamente utilizada para dessalinização de água marinha

#### **2.4.8.2 Ultrafiltração**

Ultrafiltração é um processo de fracionamento seletivo utilizando pressões acima de 145 psi (10 bar). Ultrafiltração é largamente utilizada em fracionamento de leite e soro de leite e no fracionamento protéico. Ela concentra sólidos suspensos e solutos de peso molecular maior do que 1.000. O permeado possui solutos orgânicos e sais de baixo peso molecular.

Basicamente, de um modo bem genérico, as membranas de Ultrafiltração poliméricas são fabricadas em esteiras especiais que mergulham sob bandejas de água, sob condições de pressão, temperatura, injeção de ar, e velocidade variáveis em cada etapa da fabricação. Parece simples, mas é bem complicado a fabricação de uma membrana de Ultrafiltração.

Uma membrana não tem exatamente uma vida útil, um prazo de validade, mas a sua duração é medida através de sua capacidade de filtração. Esta, por sua vez, varia de aplicação para aplicação, tudo vai depender da agressividade que as membranas terão de suportar em operação. Um fluido com grande turbidez, ou seja, que apresenta muito material particulado em suspensão, provocará o entupimento precoce de uma membrana e, conseqüentemente, redução de sua vida útil.

A membrana de Ultrafiltração é empregada nos trabalhos com macromoléculas, como proteínas e ácidos nucléicos. Serve para fazer a concentração, diálise e purificação. Seus poros são tão pequenos que nem são classificados por tamanho de poro, mas sim por uma estimativa de sua retenção molecular média. O maior uso desta membrana está na fabricação de insumos biotecnológicos de alta pureza, como o princípio ativo de um fármaco, por exemplo. A Ultrafiltração também é amplamente utilizada no processo de pintura por eletrodeposição (pintura cataforética), seja na indústria automobilística ou nos subfornecedores de peças.

#### **2.4.8.3 Microfiltração**

Já a membrana de microfiltração é apresentada por seu tamanho de poro (0,22 micrometros, 0,45 micrometros, etc) e é empregada em um tipo específico de filtração, dentro de uma faixa granulométrica de sólidos suspensos na água a serem separados.

A Microfiltração é um processo de separação por membranas *cross-flow* de baixa pressão de partículas coloidais e em suspensão na faixa entre 0.05 - 10 microns. A Microfiltração é utilizada para fermentação, clarificação de caldos e clarificação e recuperação de biomassa.

A Microfiltração também atua como uma proteção das membranas de Nanofiltração e de Osmose Inversa, utilizadas comumente para dessalinização e desmineralização de água. Neste caso, a Microfiltração elimina todo material em suspensão da água bruta, possibilitando também aumento do desempenho e da vida útil das membranas de Nanofiltração e Osmose Inversa.

#### **2.4.8.4 Nanofiltração**

A Nanofiltração é utilizada quando a Osmose reversa e a Ultrafiltração não são as melhores escolhas para separação. A Nanofiltração pode atuar nas aplicações de separação tais como: desmineralização, remoção de cores e desalinização. Em concentração de solutos orgânicos, sólidos em suspensão e íons polivalentes, o permeado contém íons monovalentes e soluções orgânicas de baixo peso molecular, tais como álcool.

A Nanofiltração, por sua vez, é um tipo de filtração tangencial, cuja membrana é mais fina do que a de ultrafiltração, mas não mais fina do que a de osmose reversa. O diâmetro dos poros da membrana é da ordem de 0,001  $\mu\text{m}$ . A pressão de operação nos sistemas de NF varia de 5 a 35 bar. É possível separar moléculas com peso molecular de até 200 g/mol e íons bivalentes, como cálcio e magnésio, e também partículas e íons. O mecanismo de separação não é apenas o de filtração, estando envolvidos também os mecanismos de solubilidade e difusão. Neste processo, a pressão osmótica começa a ter influência sobre o fluxo de solvente através da membrana. Pode ser utilizado em operações de abrandamento, tratamento de água e operações industriais para concentração de sucos de frutas, açúcares e leite.

Hoje é uma tecnologia consagrada mundialmente, com muitos benefícios. Com seu alto desempenho e sua tecnologia, a membrana é realmente vista como um grande negócio e uma eficiente solução em suas aplicações. Sem contar que ela também não é poluente, não gera efluentes, tem rendimento alto, é de fácil operação, necessita de um curto tempo de parada para a limpeza dos meios filtrantes e sua instalação é compacta. O baixo custo operacional é devido a redução significativa na geração de lodo, pois, durante a filtração, não ocorre a adição de produtos químicos.

A garantia de qualidade em membranas de Ultrafiltração é sempre excelente, uma vez que, na maioria dos casos, com o passar dos anos, perde-se um pouco a capacidade de filtração (vazão), mas não a qualidade do filtrado. Isto garante um bom desempenho ambiental. A membrana traz características obrigatórias para quem necessita de um fluido estéril e não pode empregar aquecimento, como informado pela empresa Millipore: “As membranas, em relação aos outros materiais filtrantes são mais confiáveis e apresentam um resultado melhor na clarificação de substâncias”(2006).

Segundo a empresa Separations Membranas, a principal importância da membrana está em solucionar problemas em diversos setores, como por exemplo fazendo águas residuais prontas para serem bebidas; separar óleos e graxas da água; aproveitando aquilo que era descartado antes; aproveitamento de suco secundário no mesmo nível do primário. Enfim, essas são algumas das grandes vantagens das membranas.

Dentro das tecnologias disponíveis para tratamento de água e efluentes, as membranas são consideradas tecnologias limpas, por ser um processo que não requer as grandes quantidades de produtos químicos utilizadas no tratamento convencional, e, quando saturados podem ser limpos mecânica ou quimicamente.

Atualmente, com o forte foco no que se refere à necessidade de reciclagem de efluentes líquidos, as membranas são muito úteis, pois representam a reciclagem com melhor relação custo e benefício.

Uma aplicação industrial que está iniciando oportunidades e deverá aumentar consideravelmente o consumo de membranas, no caso, membranas de nanofiltração, é a remoção de sulfatos de água.

O Brasil possui empresas instaladas com capacidade de utilizar a tecnologia de membranas. A tecnologia utilizada na produção de uma membrana varia conforme seu tipo e aplicação. Por exemplo, as membranas utilizadas para tratamento de água são em geral formadas por filmes poliméricos sintetizados, podendo ser fabricadas em diversas formas construtivas, tais como: espirais, placas planas, tubulares, fibras ocas etc.

A tecnologia “Casting” é um processo onde o polímero, que vai originar a membrana, é parcialmente solubilizado em uma mistura apropriada de solventes, formando uma massa disforme. De acordo com a empresa Millipore (2006) “esta é prensada e esticada através de um equipamento de rolos prensas e esteiras. A partir daí forma-se uma comprida folha uniforme, a qual sofre banhos químicos e aquecimentos controlados, os quais originam de

maneira criteriosa os poros da membrana. Esta vai finalmente sendo armazenada em bobinas de geralmente 30cm de largura”.

A membrana é feita de um modo geral como qualquer filtro de papel, só que se usam produtos muito mais resistentes e compatíveis. Podem ser de polietileno, plástico em geral, etc. A membrana em si tem diferentes tamanhos de porosidade para a filtração.

#### **2.4.9 Sistemas Avançados de Tratamento de Água e Efluentes**

Além dos processos já apresentados de um sistema convencional de tratamento de água e de alguns sistemas complementares avançados de tratamento de água, no tratamento de efluentes líquidos também se utilizam os seguintes processos: neutralização, precipitação química, adsorção em sólidos porosos. A neutralização geralmente é o processo que inicia o tratamento de efluentes, objetivando a neutralização do pH para evitar ou eliminar a reatividade ou corrosividade do efluente (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

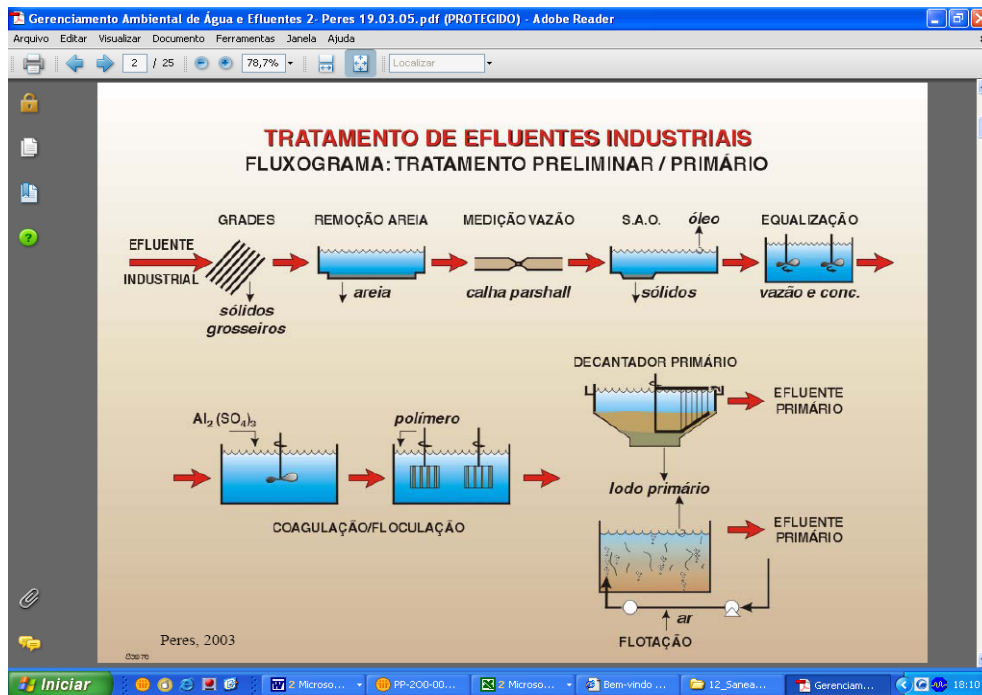
A precipitação química é uma etapa do tratamento que consiste em modificar a solubilidade e tornar insolúvel algumas ou todas as substâncias dissolvidas (geralmente, espécies iônicas inorgânicas e alguns compostos orgânicos) num efluente líquido, alterando-se o equilíbrio químico (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

A adsorção em sólidos porosos ocorre quando uma molécula, normalmente do contaminante a ser removido, atinge e permanece na superfície do sólido. A adsorção pode se dar por ação de forças físicas e/ou químicas do contaminante com o sólido. O adsorvente mais comumente utilizado é o carvão ativado que possui alta capacidade de adsorção e está disponível em forma de pó e granulado, sendo a segunda mais largamente utilizada (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

#### **2.4.10 Tratamentos Preliminar, Secundário e Terciário de Efluentes Industriais**

De acordo com PERES (2003) são exemplos de tratamentos primários etapas como gradeamento, remoção de areia, sedimentação primária, separação de água e óleo, equalização, neutralização, coagulação, floculação, flotação e ar dissolvido; enquanto que processos de lodos ativados, Lagoas aeradas, Lagoas de estabilização, filtros biológicos e tratamento anaeróbico são tratamentos secundários.

A Ilustração 21 apresenta um fluxograma típico de tratamento preliminar de efluentes.

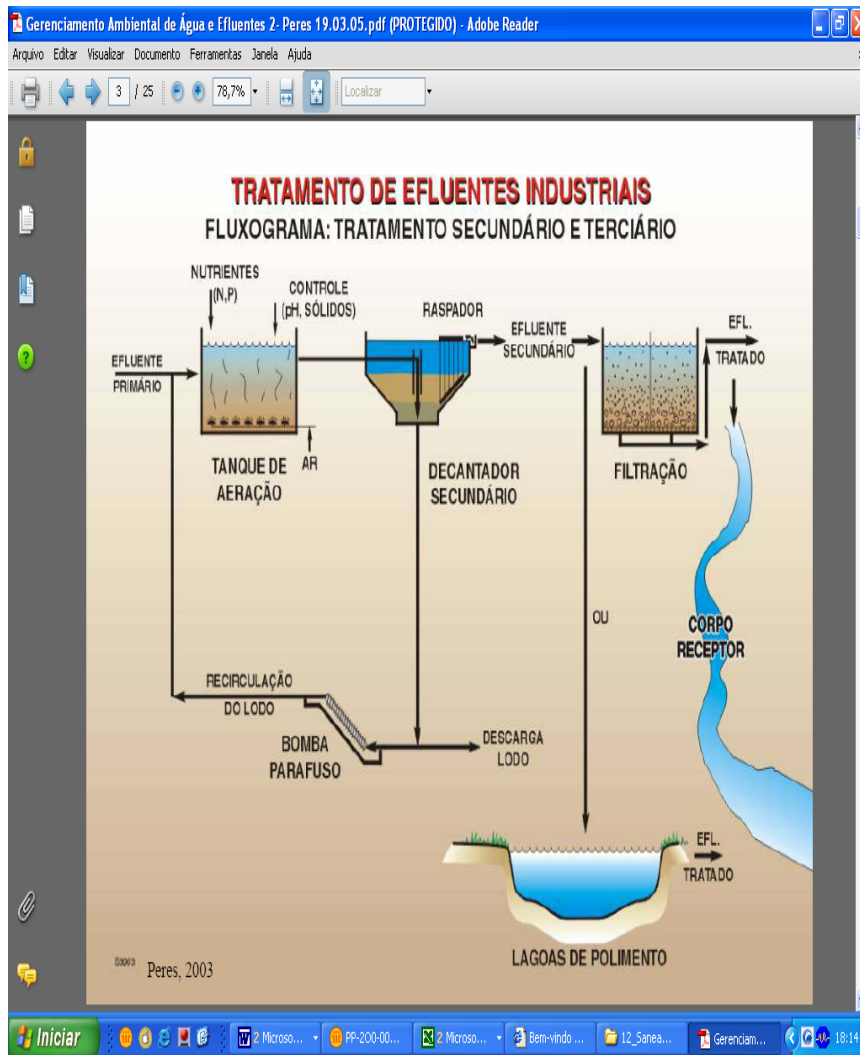


**Ilustração 21 - Fluxograma de Tratamento Preliminar de Efluentes Industriais**

Fonte: Peres, 2003

Processos de tratamento de efluentes por desinfecção, filtração com areia, filtração com carvão ativado, Lagoas de maturação, remoção de nutrientes e troca iônica são exemplos de tratamentos terciários.

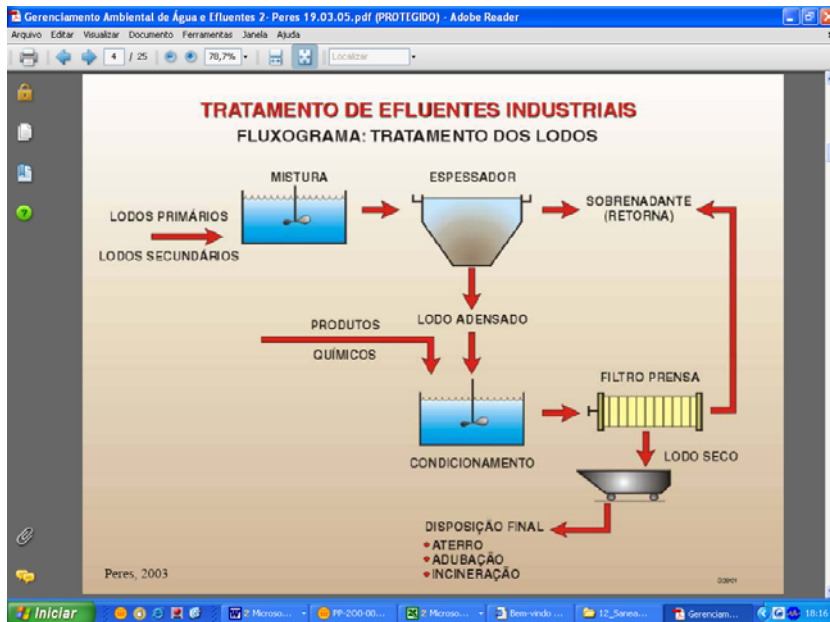
A Ilustração 22 mostra um fluxograma típico dos tratamentos secundário e terciário de efluentes industriais



**Ilustração 22 - Fluxograma de Tratamento Secundário e Terciário de Efluentes Industriais**  
Fonte: Peres, 2003

### 2.4.11 Tratamento de Lodo em Processos de Efluentes Industriais

A Ilustração 23 apresenta um fluxograma de tratamento de lodo gerado em processos de tratamento de efluentes industriais.



**Ilustração 23 - Fluxograma de Tratamento de Lodo Gerado em Processos de Tratamento de Efluentes Industriais**

Fonte: Peres, 2003

#### 2.4.12 Tecnologia Por Processos Combinados

O tratamento de um dado efluente muitas vezes uma solução bastante inteligente é a utilização de processos combinados para uma melhor eficiência do sistema. Estes métodos podem ser utilizados de maneira complementar, de tal forma que possam suprir deficiências apresentadas pelos processos quando aplicados isoladamente.

Atualmente dispomos de vários métodos para tratamento de efluentes, podendo ser classificados principalmente em físicos, químicos e biológicos. A combinação destes para tratamento de um dado efluente vai depender muito dos objetivos que se quer atingir no tratamento.

Em geral, maior ênfase tem sido dado ao estabelecimento de metodologias que combinam os processos biológicos com outras alternativas físicas ou físico-químicas, tais como floculação, adsorção ou oxidação eletroquímica.

Dentre as técnicas alternativas para tratamento de efluentes estão o tratamento biológico, a absorção em carvão ativado e processos de separação por membranas, neutralização, filtração

e centrifugação, coagulação, floculação, sedimentação ou flotação, oxidação ou redução química.

O aumento da complexidade e dificuldade para o tratamento de efluentes industriais de um modo geral, tem levado a busca constante de novas metodologias para tratamento destes rejeitos.

Pelos resultados obtidos no estudo, os pesquisadores recomendam a combinação de duas tecnologias, a coagulação-floculação com o carvão ativado, cujo uso conjunto poderia proporcionar maior eficiência na capacidade de tratamento.

Para OENNING JÚNIOR (2007) utilizando-se “coagulantes e auxiliares de coagulação mais baratos é possível obter boa decantação e remoção de matéria orgânica em suspensão, colóides, entre outros, deixando para o carvão ativado apenas a função de polimento do efluente e eventualmente a adsorção de alguns elementos nocivos aos locais de reuso a serem aplicados”.

De acordo com o artigo publicado na Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, resultado de uma dissertação de mestrado em engenharia de recursos hídricos e ambiental pela UFPR um novo estudo avaliou cinco tecnologias avançadas de tratamento de efluentes industriais para atingir os critérios adotados para reuso da água na indústria metalmeccânica. Os processos de carvão ativado e coagulação-floculação obtiveram os melhores resultados quanto à qualidade do efluente, com o segunda tendo demonstrado maior custo. A recomendação é uma combinação das duas tecnologias. Foram testadas também a osmose reversa, a oxidação por ozônio e a oxidação por dióxido de cloro.

O carvão ativado é aplicado no tratamento de efluentes, extraindo cor, odor, matéria orgânica, compostos tóxicos e servindo de suporte para a biomassa. O método consiste em adsorver esses constituintes dentro do poro do carvão tanto por processo físico como químico de acúmulo de substâncias em uma interface entre as fases líquida e sólida, ocasionando assim uma espécie de filtragem do efluente e melhorando significativamente sua qualidade.

Na oxidação por ozônio e por dióxido de cloro, como o nome sugere, é feita a oxidação da matéria orgânica e outros constituintes presentes no efluente por meio do agente oxidante. Essas tecnologias de oxidação também proporcionam a desinfecção do efluente.

A osmose reversa é uma tecnologia que utiliza uma membrana semipermeável capaz de separar o líquido em duas fases, agindo como uma barreira seletiva à passagem de moléculas muito pequenas, como sulfatos, nitratos, sódio, outros íons, bactérias e vírus. A osmose se



baseia em mecanismos físicos, isto é, não envolve processos químicos, biológicos ou trocas térmicas. Para OENNING JÚNIOR (2007) resultado desse processo são dois produtos: o permeável, contendo o material que passou pela membrana, e o rejeito ou concentrado, que contém o material que não passou pelo dispositivo, ou seja, o subproduto do processo.

Os processos de coagulação, floculação e decantação tem a finalidade de transformar as impurezas, que se encontram em suspensão, em estado coloidal ou em solução, como bactérias, protozoários e plâncton, em partículas maiores, denominadas flocos, para que possam ser removidas por sedimentação, filtração ou ainda por flotação.

A coagulação utiliza agentes coagulantes naturais ou sintéticos para promover essa aglutinação dos constituintes presentes no efluente mediante agitação rápida. Após esse processo, com agitação lenta, provoca-se a floculação e, posteriormente, sem agitação, a decantação desses constituintes.

De acordo com Kunz *et al* (2001) existem de uma variedade de métodos físicos, químicos e biológicos e a escolha do melhor, ou melhores, métodos seguramente deve ser feita levando-se em conta os objetivos a serem alcançados com o tratamento.

Aliado a isso, uma visão moderna com relação a efluentes industriais deve estar baseada não somente no tratamento deste com tecnologias "*end of pipe*" e sim na busca constante da minimização de resíduos gerados através de tecnologias limpas, ou seja, o pensamento deve se voltar para a fonte do efluente dentro da fábrica e não somente como resolver o problema após sua geração.

#### **2.4.13 Estudos para Tratamento de Efluentes com Altos Níveis de Zinco**

Estudos do Centro de Química e Meio Ambiente do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) foram desenvolvidos utilizando zeólitas — um material absorvente de baixo custo — para descontaminar a água proveniente de um processo industrial contendo altos níveis de zinco. Os resultados apontaram para uma média de 88% da remoção de zinco na água, que se manteve dentro dos limites permitidos pela legislação para descarte no meio ambiente. Segundo GIULIO (2008) especialistas em efluentes consideram também fundamental investir em tecnologias para o reuso da água.

#### **2.4.13.1 Tecnologia para redução de custo e melhoria no desempenho do tratamento de efluentes**

Como alternativa ao tratamento dos efluentes industriais, é possível utilizar microrganismos capazes de degradar os poluentes. Entretanto, de acordo com problemas de inibição na atividade dos microrganismos podem ocorrer, dependendo da concentração e da carga de poluentes tóxicos existentes nos efluentes, podendo se tornar uma das principais desvantagens do processo biológico para o tratamento de alguns tipos de efluentes industriais. Alguns microrganismos necessitam de oxigênio para realizar o processo de respiração e conseqüente degradação dos poluentes, o que gera custos com energia para promover aeração, sendo outra desvantagem a ser considerada nos processos biológicos aeróbios.

Para PEDROSA (2008) existem alternativas de tratamento que utilizam princípios físico-químicos, como a aplicação de produtos químicos, utilização de membranas ou adsorção em materiais específicos. Essas alternativas também possuem um elevado custo de implantação e operação, seja pela demanda contínua de insumos, seja pela troca de material adsorvente e membranas. Ao comparar as alternativas de tratamento de efluentes que utilizam processos biológicos com as que utilizam processos físico-químicos, pode-se observar que nas situações em que a inibição da atividade biológica não é evidenciada, essa alternativa é mais promissora. Vale ressaltar que os processos biológicos, quando utilizados em larga escala, são mais recomendados.

O tratamento de efluentes industriais através de processos biológicos possui o desafio de evitar problemas de inibição da atividade dos microrganismos e reduzir os custos com energia. Como alternativa para avaliar e monitorar a possível inibição da atividade biológica e reduzir o consumo de energia, a CETREL (2008) desenvolveu um equipamento denominado respirômetro, que permite avaliar com precisão e agilidade a opção de adotar tecnologias de tratamento de efluentes por processos biológicos ou optar por processos físico-químicos. Uma vez existente o processo biológico, o respirômetro permite o monitoramento, em tempo real, da atividade biológica, identificando a estabilidade operacional de diversos processos biológicos. Como alternativa de redução ao consumo de energia tem-se os processos anaeróbios. Entretanto, o processo anaeróbio nem sempre é recomendado para o tratar efluentes, principalmente quando se deseja a remoção significativa de nitrogênio e fósforo. Já nos casos em que houver processos biológicos com fornecimento de oxigênio, torna-se fundamental a otimização e o controle da aeração para reduzir o consumo de energia.

Segundo PEDROSA (2008) a aplicação do respirômetro on-line no controle do processo da CETREL proporcionou a redução dos custos operacionais, além de garantir melhor estabilidade operacional e qualidade do efluente final tratado.

## 2.5 Uma Abordagem do Gerenciamento de Efluentes em Usinas Termoeletricas Brasileiras

### 2.5.1 Usina Termoeletrica Governador Leonel Brizola - UTE GLB

TIPO	QUANTIDADE	ORIGEM	CARACTERIZAÇÃO	DESTINO
Drenagem pluvial	Variável	Superfície das áreas	Águas isentas de	Rede de águas pluviais
		Administrativas não contaminadas	Hidrocarbonetos	Canal do Honorato
Purga da Torre de Resfriamento	6.2270 m <sup>3</sup> /d	Torre de Resfriamento	Água clarificada	Canal do Honorato
Purga do Sistema Vapor/Água, Laboratório	227 m <sup>3</sup> /d	Caldeira, desaerador	Água de sistema	Bacia da Torre de resfriamento Canal do Honorato
Efluentes das oficinas de manutenção e pluviais contaminados	12 m <sup>3</sup> /d	Limpeza de peças e Manutenção e equipamentos	Água oleosa	Separador de água e óleo Canal do Honorato
Esgotamento Sanitário	5 m <sup>3</sup> /d	Necessidades fisiológicas e de higiene sanitário	Águas com elevado teor de DBO	Tratamento de esgotamento Canal do Honorato

**Tabela 11 - Principais Tipos de Efluentes Gerados em Usina Termoeletricas: UTE GLB**

Fonte: Visita Técnica de Campo / SINPEP, 2007

O Apêndice B traz um registro fotográfico das termoeletricas brasileiras, incluindo a UTE GLB.

### 2.5.2 Usina Termoelétrica Barbosa Lima Sobrinho - UTE BLS

A UTE BLS possui os seguintes sistemas de efluentes:

- Separador de Água e Óleo (SAO): a unidade compreende uma câmara de recepção, para equalização do fluxo e distribuição dos efluentes. A separação água - óleo é por tecnologia de placas coalescentes paralelas, cada um com capacidade de tratar 6,3 l/s de efluentes oleosos.
- Purga das torres de resfriamento: a purga das torres de resfriamento é realizada continuamente, durante a operação das turbinas, para garantir que a concentração de sais dissolvidos na água permaneça dentro do limite estabelecido pelo programa de tratamento da água das torres de resfriamento. Esse programa monitora e garante, através de análises físico-químicas, o enquadramento do pH da água de purga dentro do limite máximo para descarte no corpo receptor.
- Efluentes com problemas potenciais de ajuste de pH: os efluentes são recolhidos em um tanque para neutralização, onde é feita a leitura do seu pH. Em seguida é feita, se necessária, a adição de ácido clorídrico ou soda cáustica, conforme a necessidade. A mistura é feita por meio de recirculação com bomba. A descarga para o sistema de descarga de efluentes da usina somente é efetuada quando o valor do pH está dentro da faixa legal. Por meio de um dispositivo de intertravamento a válvula de descarga ficará impedida de abrir se o pH não estiver dentro da faixa legal.
- Esgoto Sanitário: o tratamento do esgoto sanitário é realizado através da tecnologia de lodos ativados. O sistema utiliza microorganismos para efetuar a degradação da carga orgânica e dos micronutrientes presentes nos efluentes oriundos dos sanitários, pias e cozinha da UTE-BLS. A vazão do sistema é de 0,250 m<sup>3</sup>/h, sendo o mesmo composto de:
- Tanque de equalização: neste compartimento o efluente é homogeneizado antes de ser encaminhado até o reator biológico (tanque de aeração).
- Tanque de aeração: neste compartimento os microorganismos consomem (de maneira aeróbica) a carga orgânica. O tanque é mantido aerado através da ação de um sistema de agitação mecânica.

A UTE-BLS conta com um laboratório próprio para monitorar a qualidade da água do sistema de refrigeração das turbinas e para acompanhar os processos de tratamento dos efluentes.

A análise da qualidade da água dos efluentes gerados pela usina é realizada por uma empresa contratada para tal fim.

O Apêndice B traz um registro fotográfico das termoeletricas brasileiras, incluindo a UTE BLS.

### **2.5.3 Usina Termoeletrica Aureliano Chaves - UTE ACH**

Na UTE ACH, em Ibirité – MG, são gerados os seguintes efluentes: purga da caldeira, purga da torre de água de refrigeração, efluente da regeneração de resinas de troca iônica, efluentes da área de contenção de produtos químicos e laboratório, águas oleosas, águas pluviais e esgoto doméstico.

A purga da caldeira é enviada para reposição da torre de água de refrigeração. A purga da torre de água de refrigeração é enviada para um tanque de tratamento de águas e daí é descartada no Córrego de Pintados. Se necessário, é encaminhada para o tanque de neutralização e daí descartada para o Córrego de Pintados. O efluente da regeneração, o efluente da área de contenção de produtos químicos e o efluente do laboratório são enviados para o tanque de neutralização e daí para o Córrego de Pintados. A água oleosa e o esgoto doméstico são enviados para tratamento na REGAP.

A rede de águas oleosas coleta os efluentes de locais onde pode haver contaminação com óleo e envia para tanque de água tecnológica.

A rede de esgoto doméstico coleta o esgoto doméstico dos diversos prédios e envia para tanque de água biológica.

A rede de águas pluviais coleta água de chuva de locais sem risco de contaminação com óleo e envia para o Córrego de Pintados.

A rede de água ácida coleta o efluente da área de contenção de produtos químicos e do efluente do laboratório e envia para o tanque de neutralização.

A tubulação de purga da caldeira coleta a purga da caldeira e envia para a torre de água de refrigeração. A tubulação de purga da torre de água de refrigeração coleta a purga da torre de refrigeração e envia para o tanque de tratamento de água.

A tubulação intermediária de água do tanque tratamento de água envia para o tanque de neutralização. A tubulação de saída do tanque de tratamento de água envia para o Córrego de Pintados. Tubulação de saída do tanque de neutralização envia para o Córrego de Pintados. O tratamento realizado na Usina é a neutralização, utilizando ácido sulfúrico e soda cáustica.

Existe uma fossa séptica que atende as instalações sanitárias da portaria. Os efluentes encaminhados para a REGAP são direcionados para a Estação de Tratamento de Despejos Industriais, projetada para uma vazão de 500 m<sup>3</sup>/h.

Esta estação é composta pelos seguintes equipamentos ou unidades:

Dois Separadores de água e óleo tipo API: remoção de óleos e graxas e sólidos em suspensão;

Um separador de água e óleo tipo PPI: remoção de óleos e graxas e sólidos em suspensão (fora de operação, sendo que o poço está sendo utilizado como caixa de passagem);

Um tanque pulmão: equalização de carga para a estação, possibilitando controle de vazão e concentração de poluentes;

Unidade de Flotação: remoção de óleos e graxas e sólidos em suspensão;

Duas Bacias de Aeração: remoção de matéria orgânica e decantação de sólidos;

Duas bacias de acumulação: retenção de água durante chuvas;

Uma Unidade de Biodiscos: remoção de amônia;

Uma Lagoa de Polimento: remoção de matéria orgânica e decantação de sólidos.

O Apêndice B traz um registro fotográfico das termelétricas brasileiras, incluindo a UTE ACH.

#### **2.5.4 Usina Termoelétrica Fernando Gasparian - UTE FEG**

O tratamento dos efluentes gerados na UTE-FEG está dividido em dois sistemas: Estação de Tratamento de Efluentes Químicos, que coleta e trata efluentes químicos e Separador de Água e Óleo, que coleta e separa efluentes oleosos.

O efluente tratado é descartado no Canal Pinheiros (corpo hídrico receptor) e os resíduos resultantes – lodo e óleo – são segregados para descarte externo.

Os demais efluentes gerados na operação e manutenção da planta, que não passam por tratamento, são coletados e segregados em caixas para retirada por caminhão e tratamento externo.

Na UTE-Piratininga há um sistema de neutralização dos efluentes gerados no processo de produção de água desmineralizada.

A Tabela 12 identifica a origem dos efluentes gerados na UTE-FEG.

EFLUENTES UTE-FEG	ORIGEM	ARMAZENAMENTO/ TRATAMENTO	QUANTIDADE /PERIODICIDADE	PONTOS DE MONITORAMENTO
<b>Químico</b>	- Chaminés de Bypass	Capacidade de Tratamento = 30m <sup>3</sup> /dia Tanques de Neutralização e Correção de pH	Variável	Tanque de Reação Área 59 Caixa de Monitoramento (Área 60)
	- Dique do Sistema de Injeção Química		Somente em caso de vazamento	
	- Drenos dos Painéis do Sistema de Amostragem		360l/h por HRSG no Ciclo Combinado	
<b>Oleoso</b>	- Áreas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43 e 44 do Sistema de Compressão de Gás	SAO – Sistema de Águas Oleosas	Somente em caso de vazamento	Sump Pump (Área 48) e Caixa de Monitoramento (Área 60)
	Turbina, Gerador, Bloco Auxiliar	Área 52-A Oil Leakage Pit	Somente em caso de vazamento	Área 52-A
	Gerador EATON	SAO – Sistema de Águas Oleosas	Somente em caso de vazamento	Sump Pump (Área 48) e Caixa de Monitoramento (Área 60)
<b>Contaminado</b>	Transformadores GTs	Área 53 Bacia de Acumulação	Somente em caso de vazamento	Área 53 (Bacia de 132 m <sup>3</sup> interligadas à drenagem pluvial)
	Trafos EATON	Área 54 Bacia de Acumulação	Somente em caso de vazamento	Área 54 (Bacia de 36m <sup>3</sup> interligada à Cx de Monitoramento)
	Geradores de Emergência das GTs	Dique de Contenção local	Somente em caso de vazamento	Externo / Coleta por Caminhão
	Áreas 34, 35, 36 do Sistema de Compressão de Gás	SAO – Sistema de Águas Oleosas	Somente em caso de vazamento	Sump Pump (Área 48) e Caixa de Monitoramento (Área 60)
<b>Solventes Orgânicos</b>	Lavagem do Compressor de Ar das Turbinas	Área 51 Water Wash Sump	A cada 4.000 horas de funcionamento da GT Total = 1.000 l por GT	Water Wash Sump (Área 51)
<b>Água Desmineralizada com Nitrito de Sódio e Borax)</b>	Sistema MKP (resfriamento do óleo da turbina)	Water Wash Sump (Área 51)	7 m <sup>3</sup> por Unidade Gerada uma vez ao ano quando da troca da válvula de segurança	Water Wash Sump (Área 51) Coleta por Caminhão
<b>Purga das Caldeiras (Blowdown)</b>	Descarga dos Tambores HP e IP	Poço de Purga das Caldeiras (Área 61)	Quando a água está fora da especificação para Operação	Ciclo Fechado – Torre de Resfriamento

**Tabela 12 - Principais Efluentes gerados na UTE FEG**

Fonte: SINPEP,2008

O Apêndice B traz um registro fotográfico das termoeletricas brasileiras, incluindo a UTE FEG.



## **2.6 A Estação de Tratamento de Efluentes de Cabiúnas**

A ETE de Cabiúnas é composta por:

- Tanque de regularização de vazão
- Separador de água e óleo, tipo API
- Flotador a ar dissolvido
- Tanques de oxidação (atualmente sem função)
- Emissário submarino que descarta a 4 Km da costa.

A capacidade de tratamento atual da ETE/emissário é de 200 m<sup>3</sup>/h.

O Apêndice C traz um registro fotográfico do Tratamento de Efluentes da Petrobrás em Cabiúnas em primeiro plano e o fluxograma esquemático da ETE e emissário submarino.

## **2.7 Pesquisas no Âmbito da Petrobrás Realizadas pelo CENPES Sobre o Tema de Efluentes**

O objetivo do CENPES - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello - é atender às demandas tecnológicas que impulsionam a Petrobras. Uma de suas principais áreas, a tecnologia é a base para a consolidação e a expansão da Petrobras no cenário da energia mundial. Como resultado das pesquisas realizadas, a Companhia domina, atualmente, inúmeras tecnologias, fazendo dela a maior empresa brasileira e a 15<sup>a</sup> do mundo, de acordo com os critérios da publicação *Petroleum Intelligence Weekly* (PIW). Com mais de 1 500 empregados distribuídos em uma área de 122 mil metros quadrados, o Cenpes conta com 30 unidades-piloto e 137 laboratórios que atendem aos órgãos da Companhia. As tecnologias desenvolvidas no Cenpes resultaram em 950 pedidos de patentes internacionais e 500 patentes nacionais, além de um considerável número de marcas registradas.

Atualmente, a cada ano, o trabalho dos pesquisadores do Centro – 22% dos quais com graus de mestre e de doutor – tem resultado em, pelo menos, 50 patentes no Brasil e dez nos Estados Unidos. Cerca de 500 novos projetos de pesquisa e desenvolvimento estão em

andamento, número em constante ascensão, e que deverá aumentar significativamente a partir da expansão de suas instalações, quando sua área será acrescida de 183 mil m<sup>2</sup>.

### **2.7.1 Tecnologias Voltadas Para a Excelência Ambiental**

Desde sua criação, em 1993, o PROAMB - Programa Tecnológico de Meio Ambiente - viveu três fases distintas. No período de 1993 até o final de 1999, o enfoque estratégico estava voltado para o controle de emissões, remediação de áreas impactadas e tratamento de resíduos. De 2000 até 2003, seu foco foi o desenvolvimento de tecnologias que suportassem as metas do PEGASO - Programa de Excelência na Gestão Ambiental e Segurança Operacional da Petrobras -, especialmente no desenvolvimento de tecnologias para previsão, detecção e controle de emergências ambientais, monitoramento ambiental costeiro e oceânico, tratamento de resíduos e áreas impactadas, visando à eliminação do passivo existente. A partir de 2004, a prioridade passou a ser a prevenção, calçada nos princípios da sustentabilidade e da eco-eficiência dos processos. Para isso, o PROAMB conta com nove projetos sistêmicos em quatro meios físicos: ar, água, solo e ecossistemas de interesse especial, com objetivo de desenvolver e disponibilizar tecnologias para a excelência ambiental da Petrobras com foco na prevenção, minimização e remediação de impactos de suas atividades. Os desafios principais são: a excelência ambiental, a sustentabilidade e a eco-eficiência. São exemplos de Temas tecnológicos na área ambiental processos biotecnológicos e físico-químicos para tratamento de efluentes.

O PROAMB tem, em sua carteira de projetos, nove projetos sistêmicos, com foco estratégico até 2008, conforme apresentado a seguir o tema e objetivo de cada um deles.

- Tema: Minimização do consumo de água e da geração de efluentes hídricos. O objetivo: deste projeto é disponibilizar tecnologias para o fechamento de ciclos produtivos visando à minimização de descartes de água de produção e efluentes hídricos de refinarias, assim como do consumo de água. Cabe, também, agregar valor ao seu uso e minimizar os impactos ambientais decorrentes de lançamentos em corpos hídricos.
- Tema: Tratamentos avançados de efluentes hídricos. O objetivo deste projeto é disponibilizar tecnologias avançadas para tratamento de efluentes hídricos no nível de excelência mundial e aplicável às necessidades da Companhia. Para atingir este objetivo, o

projeto deve considerar a preservação dos recursos hídricos, a minimização do uso de água, o emprego de tecnologias mais limpas e de processos eco-eficientes.

Na PETROBRÁS S.A. diversos estudos e pesquisas são realizados pelo CENPES para o tratamento de efluentes lançados nas Plataformas da Bacia de Campos, como para o tratamento da água produzida nos Terminais.

Como complementação da remoção primária de óleo foi estudado pelo CENPES, em convênios com o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), o uso da filtração em meios minerais (areia, atapulgita e diatomita). O carvão ativado e a turfa foram apontados como meios filtrantes. Estudos realizados tiveram também por objetivo avaliar processos de tratamento secundário como cloração, ozonização, oxidação com peróxido catalisado com ferro, processo SGN e tratamento biológico, os quais são aplicáveis à remoção de matéria orgânica (DBO), sulfetos, nitrogênio amoniacal e fenóis.

O processo eletrolítico foi avaliado em escalas de laboratório e piloto. Esses estudos mostraram a viabilidade do processo, e permitiram estabelecer condições operacionais para a remoção dos sulfetos, fenóis e nitrogênio amoniacal. Os testes realizados em escala de laboratório mostraram que a oxidação dos sulfetos, fenóis e amônia ocorrem de forma linear no tempo, ao mesmo tempo causando queda do pH.

### **2.7.2 Exemplos Práticos de Estações de Tratamento de Efluentes Industriais: Tecnologia de Tratamento Físico Químico e Biológico - Halliburton**

Durante o período de coleta de dados desta dissertação foi realizada uma visita técnica de campo em uma das bases da Halliburton, a saber, localizada no município de Macaé-RJ. A Halliburton é uma das maiores empresas de serviços para campos petrolíferos do mundo e um dos principais prestadores de serviços de engenharia e construção. A corporação emprega 85.000 pessoas em mais de 100 países, manifestando uma presença global extensa com capacidades comprovadas. A empresa foi selecionada para realização de uma visita técnica de campo em busca de exemplos práticos de Novas Tecnologias em Tratamento de Efluentes, uma vez que esta possui implantada uma Estação de Tratamento de Efluentes com tecnologia de tratamento físico químico e biológico de fornecimento da empresa Envirochemie, em fase de comissionamento e *start up*.

Para o tratamento, do esgoto gerado, com vista a redução de DQO e DBO<sub>5</sub> a Envirochemie propõe o sistema de tratamento biológico de acordo com especificações. O sistema é baseado

nos princípios de dimensionamento de acordo com as normas técnicas alemãs e brasileiras, alta robustez na operação através de técnicas de automação e elevado índice de automação.

No processo de tratamento aeróbico as bactérias e protozoários que compõem uma biomassa eliminam os poluentes. Um reator aeróbico é utilizado para remoção de DQO e DBO, sendo construído de forma a gerar diferentes zonas, que melhoram a remoção de DQO e DBO e evitam a formação de lodo indesejado (filamentosas, etc). A aeração no reator biológico é feita continuamente através de um sistema de ar difuso gerando micro bolhas. A demanda de oxigênio é fornecida por sopradores conectados aos difusores no fundo do reator por tubulações adequadas.

A bateria de sopradores no processo fornecem o oxigênio necessário para as bactérias aeróbicas soprando ar. A concentração de O<sub>2</sub> medido controla a velocidade dos sopradores. O excesso do lodo é desidratado mecanicamente por um filtro com a ajuda de produtos químicos (floculantes). O lodo desidratado então pode ser coletado em caçambas e destinado conforme a gestão de resíduos da empresa.

No processo de tratamento físico-químico, são adicionados produtos químicos que alteram as propriedades físico-químicas do efluente gerando a precipitação ou flotação dos poluentes.

O processo de tratamento de efluentes funciona totalmente automatizado, sendo operado através de um computador com um centro supervísório de acordo com as normas mais modernas industriais, fazendo uso de instrumentos modernos, aplicação de um programa supervísório, baixa necessidade de acompanhamento de operador, sinal de alarme, possibilidade de transferência de dados com o software de monitoramento da indústria e possibilidade de monitoramento a distância.

A estação de tratamento completa é composta basicamente dos seguintes itens: reator aeróbico, reatores de tratamento físico-químico, filtração em filtro de areia, sistema de secagem do lodo e automação total da estação. O Apêndice C traz um registro fotográfico dos sistemas de tratamento de efluentes da Halliburton.

### **2.7.3 Exemplos Práticos de Estações de Tratamento de Efluentes Industriais: Tecnologia de Tratamento Aeróbio - Altana-Pharma**

A empresa Envirochemie foi referenciada pela Coordenação de Recursos Hídricos da área de SMS corporativa da Petrobrás S.A. por prestar bons serviços em fornecimento de projetos e

operação de sistemas de tratamento de efluentes em variadas unidades do Sistema Petrobrás S.A. como por exemplo serviços de teste piloto para tratamento biológico de água de produção no Terminal Aquaviário de São Sebastião, no estado de São Paulo no ano de 2004 (PERES, 2008). Estudos de tratabilidade tem sido conduzidos pela empresa no estado do Paraná, no sul do país para o Projeto Xisto da Petrobrás S.A. A empresa, através de sua central em Jacarepaguá também vem atuando prestando serviços de recebimento e tratamento de efluentes para o CENPES. A Envirochemie foi fundada na Suíça em 1976 e na Alemanha em 1987, possui 30 anos de performance em tratamento de efluentes, tendo realizado mais de 8.000 projetos de tratamentos. A empresa possui sede na cidade alemã de Rossdorf desde 1996, tendo sido fundada na Polônia e Rússia no ano de 2000, e chegou a Romênia e ao Brasil no ano de 2002. A empresa iniciou também uma filial em Pekin há cerca de dois anos, e atua em diversos seguimentos no ramos de tratamento de efluentes, a saber: soluções de pequena escala, soluções e sistemas para resíduos da saúde e biotecnologia, floculantes e reagentes para indústrias química, farmacêutica, de biotecnologia, de alimentos, de bebidas, efluentes líquidos e aterres, extração de óleo e gás, entre outras. A empresa atua especialmente com processos físico-químicos, tecnologia de separação por membrana e tratamento biológico multi-estágios (Braile, 2008).

O Apêndice C traz um registro fotográfico dos sistemas de tratamento de efluentes da Envirochemie.

### 3 METODOLOGIA

O método escolhido para a dissertação é o estudo de caso simples em análise longitudinal para uma pesquisa qualitativa.

O método de estudo de caso é apontado por Yin (2005) como o mais apropriado para pesquisas centradas em questões do tipo “*como*”.

A opção pela análise longitudinal decorre da busca pela compreensão do desenvolvimento do fenômeno ao longo do tempo, pois permite a identificação das transformações periódicas neste fenômeno observado de modo dinâmico, proporcionando a ligação entre fatos que ocorreram no passado com o presente (VIEIRA, 2004). Vieira (2004) sugere que a pesquisa qualitativa garante a riqueza de dados, pois leva em conta o contexto envolvido, facilitando a exploração de contradições e paradoxo, além de ser tão rigorosa cientificamente quanto à quantitativa, bem como vem sendo utilizada em maior número em disciplinas básicas e aplicadas como na Administração em geral. O período determinado para o levantamento das evidências empíricas foi definido como a data em que a empresa começou a monitorar efluentes após sua etapa de comissionamento e *start up*, ou seja, de 2002 abrangendo até o mês de agosto de 2008, quando a coleta de dados foi encerrada.

Para realizar o estudo, são explicados os procedimentos metodológicos que servem como suporte e direcionamento da pesquisa.

Quanto aos fins trata-se de uma pesquisa descritiva, pois descreve os tipos de sistemas e programas de monitoramento existentes na gestão ambiental da UTE Mario Lago. E explicativa, para utilização do mesmo, mostrando as tecnologias e meios de processo existentes na usina.

Quanto aos meios a pesquisa é bibliográfica, baseada em livros, artigos, teses, e documentos existentes na UTE Mario Lago e em instituições oficiais publicados via Internet.

Para atingir os principais objetivos do presente trabalho, é estabelecida uma metodologia para a coleta de dados e pesquisa de campo, levando-se em consideração os diversos aspectos relevantes para seu desenvolvimento.

Este trabalho se fundamenta na busca de informações em publicações de diversas associações, de legislações diversas, normas técnicas, *home-pages*, material disponível nos órgãos ambientais, estudos, relatórios e banco de dados disponíveis na usina abordada, em outras usinas termoeletricas brasileiras e em publicações diversas.

Este trabalho possui a limitação de que os aspectos legais apresentados refletem apenas as principais legislações nacionais e internacionais em vigor no momento da sua elaboração, podendo variar ao longo do tempo, tendo em vista a velocidade dos processos e da divulgação de informações no mundo globalizado.

As evidências empíricas foram obtidas através de fontes distintas de informação: entrevistas estruturadas e não estruturadas a gerências gerais, gerências setoriais de usinas termelétricas, engenheiros, técnicos, laboratórios, empresas prestadoras de serviços para Petrobrás S.A., SMS Corporativo da Petrobrás S.A., Coordenação de Recursos Hídricos da Petrobrás S.A., SMS local da UTE Mário Lago e outras térmicas

A compreensão de um fenômeno crítico pode estar amarrada a uma boa seleção de casos (YIN, 2005), pois, pela limitação do universo investigado, pode-se observar e analisar aspectos variados da experiência, dos procedimentos, das atitudes e dos valores dos informantes pesquisados (SILVEIRA, 2005).

### **3.1 Seqüência Metodológica da Dissertação**

A pesquisa abordou inicialmente no referencial teórico uma contextualização histórica sobre a preocupação ambiental, introduzirá o tema de efluentes líquidos, a legislação ambiental brasileira e os requisitos legais aplicáveis a gestão de recursos hídricos. Em seguida foram abordados os tipos de efluentes e classificação de corpo hídrico, descrevendo-se os programas de monitoramento de efluentes e qualidade da água realizados na UTE Mario Lago bem como o detalhamento da Estação de Tratamento de Água e efluentes gerados, Sistema de Tratamento de Esgoto Sanitário, Sistema de Desmineralização, Regeneração, Sistemas Separadores de Água e Óleo, Sistemas de *Blow Down* das Torres de Resfriamento e efluentes gerados nos processos. Um abordagem sobre outras usinas termelétricas brasileiras e aspectos de seus sistemas de gerenciamento de efluentes bem como novas tecnologias existentes na indústria brasileira para tratamento de efluentes são tópicos referido nesta dissertação apresentando processos físicos, químicos e biológicos.

Foi realizada uma abordagem sobre o Sistema de Gestão Integrado, com foco principalmente no monitoramento dos efluentes e análise dos dados monitorados até o ano 2008.

O monitoramento das águas do rio Macaé e dos efluentes realizado entre os anos de 2002 a 2008 consistiu na realização de inspeções e medições no campo; coletas, preservação,

acondicionamento e transporte das amostras para execução dos ensaios físico-químicos, colimetria e biológicos em laboratórios externos credenciados pela FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, através de Certificados de Credenciamento Laboratorial e Creditados junto ao INMETRO, através da norma técnica NBR ISO/IEC 17.025/2001 da ABNT.

A amostragem foi realizada de acordo com as especificações MF-402 R-1, MF-409 R-3 Determinação de Temperatura, da FEEMA. Os parâmetros temperatura, pH, oxigênio dissolvido foram determinados, utilizando-se medidores multi-paramétricos com eletrodos específicos.

Na determinação do cloro residual foi utilizado um Colorímetro Portátil. Os demais parâmetros analisados em amostras das águas do rio, dos efluentes dos separadores de água e óleo, ETE e efluente saída geral foram ensaiados em laboratório credenciado, utilizando-se métodos analíticos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater*, no Sistema de Licenciamento de Atividade Poluidoras – SLAP - Métodos FEEMA –RJ, no SW 846 – *Test Methods for Evaluating Solid Waste Physical/Chemical Methods* da USEPA.

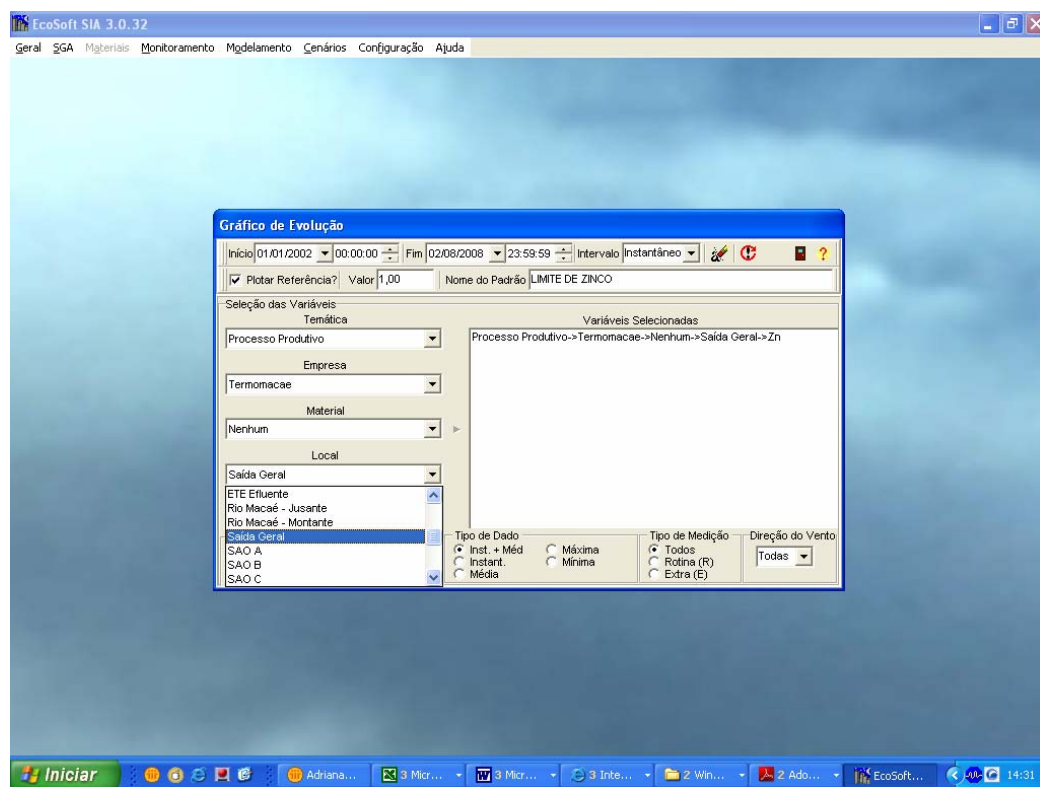
### **3.2 Etapa Metodológica de Migração de Banco de Dados**

Nesta dissertação, a análise gráfica de evolução de medições foi a forma metodológica utilizada para facilitar a análise dada a vasta gama de dados, como parâmetros, frequências, limites, valores, diversidade de pontos de coleta de efluentes, e principalmente devido ao vasto período de tempo monitorado, compreendendo toda a etapa operacional da UTE Mário Lago em seus primeiros anos. Toda esta infinidade de dados relativos ao monitoramento de efluentes e qualidade da água do corpo hídrico receptor compreendendo os anos entre 2002 e 2005 foi migrada de banco de dados em planilha Excel para o Sistema SIA 3 Atmos versão 3.0.32.601 o qual será denominado mais adiante simplesmente “Atmos”, que é um *software* de gerenciamento ambiental utilizado pela UTE Mário Lago e também pelo órgão ambiental fiscalizador do estado do Rio de Janeiro, a FEEMA para avaliação de qualidade atmosférica.

O Software permitiu a entrada de dados hídricos para a realização de análise gráfica, o que possibilitou avaliar a evolução destes dados inserindo-se informações como data de início e fim do monitoramento, a seleção das variáveis por exemplo a variável “temática” como



“dados de processo produtivo”, a variável “local” com possibilidade das seguintes opções: ETE Afluente, ETE Efluente, Rio Macaé – Montante, Rio Macaé – Jusante, SAO A, SAO B, SAO C, SAO D conforme mostra a Ilustração 24.



**Ilustração 24 - Análise Gráfica de Medições Via Sistema – Etapa Metodológica de Migração de Banco de Dados de Planilha Excel para Software**

Fonte: UTE Mário Lago/ Atmos, 2008

Os resultados deste estudo de caso do monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago bem como o monitoramento da qualidade da água no rio Macaé, corpo hídrico receptor da usina, foram obtidos através da ferramenta de Análise Gráfica de Evolução de Medições Via Sistema supracitado.

### **3.3 Análise Gráfica de Medições de Parâmetros Frente a Regulamentações Aplicáveis**

A análise dos resultados foi realizada através de comparações com limites de regulamentações aplicáveis em esfera estadual, nacional e internacional, a saber:

- a) Norma Técnica da FEEMA NT 202 R10 e diretrizes específicas deste órgão ambiental estadual do Rio de Janeiro, que tratam especificamente de controle de efluentes líquidos de origem industrial e sanitária, onde aplicável;
- b) Resolução CONAMA 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e que substituiu a Resolução CONAMA 20/86 a partir de março de 2005;
- c) Referências de padrões internacionais como as Diretrizes de Meio Ambiente para Novas Plantas Termelétricas e as Diretrizes Ambientais Gerais do Banco Mundial de 1998.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação de Conformidade

#### 4.1.1 Resultado de Avaliação de Conformidade dos Efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto na UTE Mário Lago

##### 4.1.1.1 Resultado de Avaliação de Conformidade para o Parâmetro pH na ETE

O resultado da avaliação para o parâmetro pH no efluente da ETE é apresentado a seguir na Ilustração 25

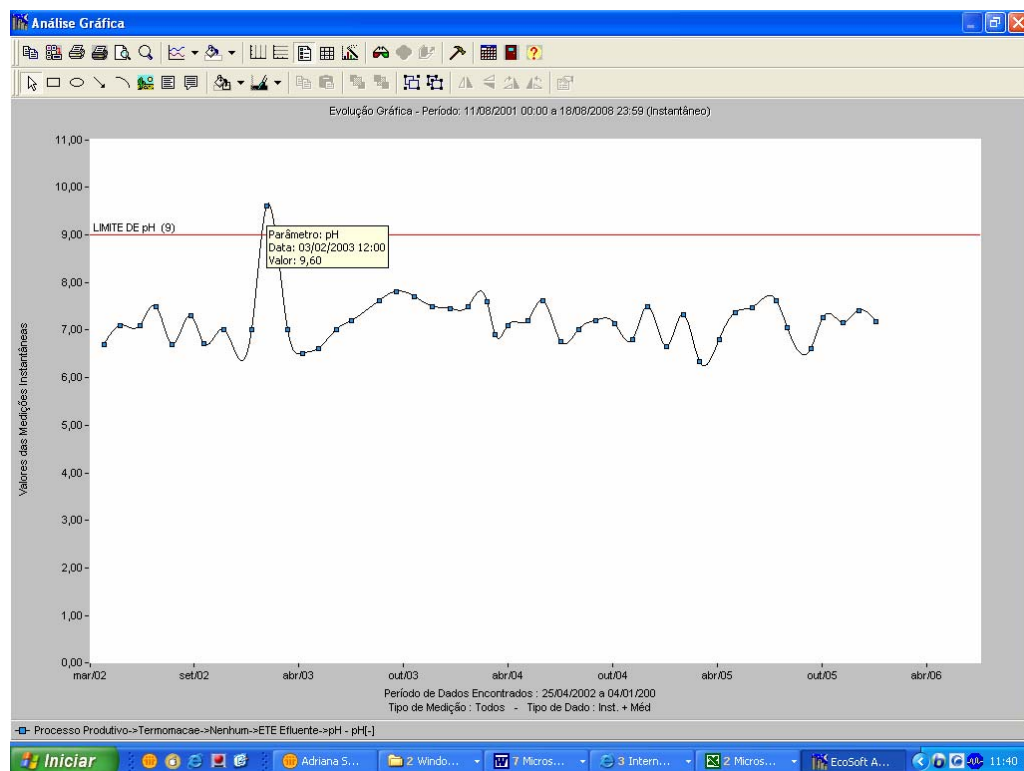


Ilustração 25 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro pH na ETE.

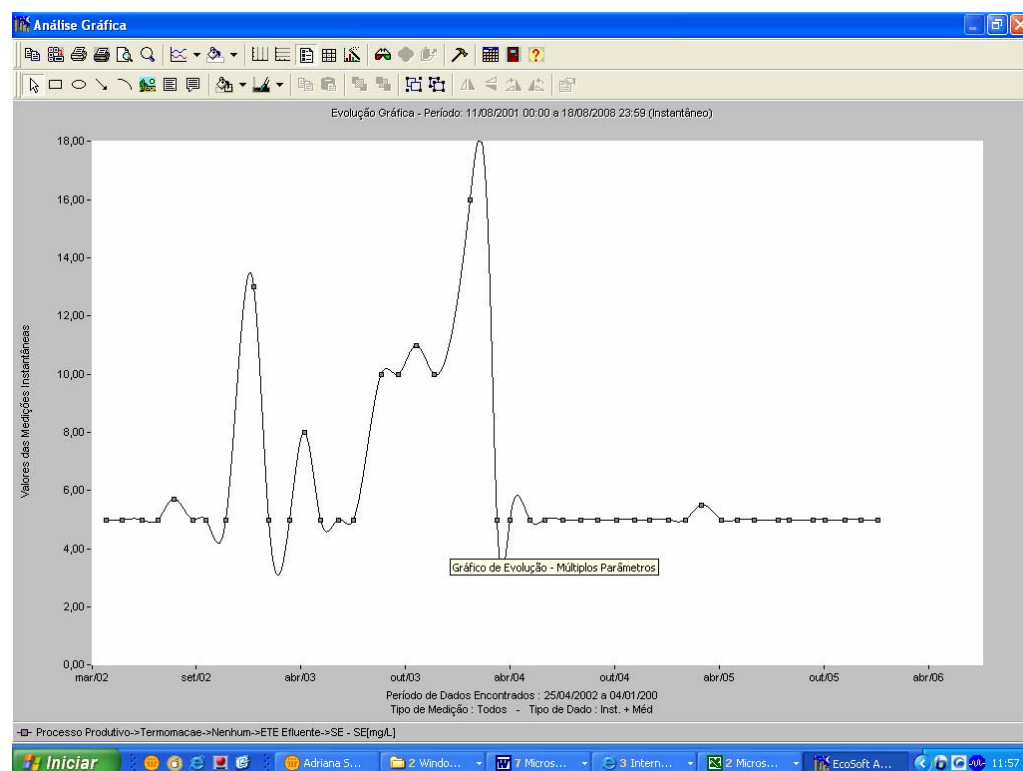
O parâmetro pH é regulado tanto pela NT- 202 R10 da FEEMA quanto a Resolução CONAMA 357/05 ART. 34 que estabelecem o limite entre 5,0 e 9,0.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro pH no período entre 2002 e janeiro de 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, exceto em uma única ocorrência no dia 03/02/2003 quando o pH atingiu o valor de 9,6 no efluente da ETE.

Em relação aos anos de 2007 e 2008, o parâmetro também apresentou-se dentro dos limites aceitáveis de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### 4.1.1.2 Resultado de Avaliação de Conformidade para o Parâmetro Óleos e Graxas na ETE

O resultado da avaliação para o parâmetro Óleos e Graxas no efluente da ETE é apresentado a seguir na Ilustração 26.



**Ilustração 26 - Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro OG na ETE**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

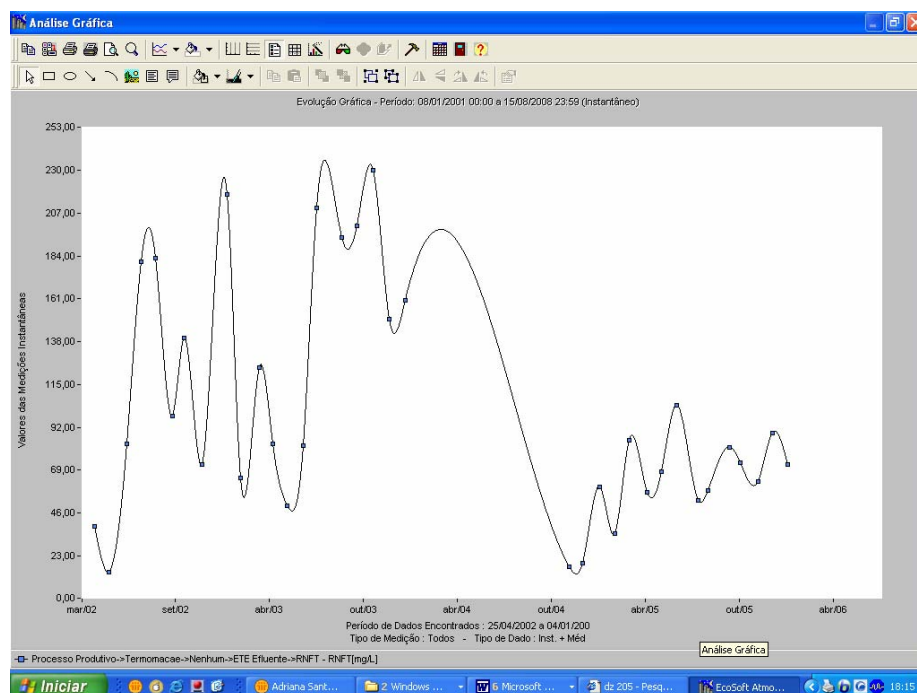
O parâmetro OG é regulado tanto pela NT- 202 R10 da FEEMA quanto a Resolução CONAMA 357/05 ART. 34 que estabelecem o limite de 20,0 mg/L.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro OG no período entre 2002 e janeiro de 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se em abaixo dos limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, sendo que a grande maioria das ocorrência foi menor que 5,0 mg/L.

De acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, em relação aos anos de 2007 e 2008, o parâmetro também apresentou-se abaixo dos limites aceitáveis, exceto duas ocorrências nos dias 22/1/08 e 26/5/08 quando foi suficiente providenciar uma limpeza na caixa de gordura como ação corretiva.

#### 4.1.1.3 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro RNFT na ETE

O resultado da avaliação para o parâmetro RNFT no efluente da ETE é apresentado a seguir na Ilustração 27



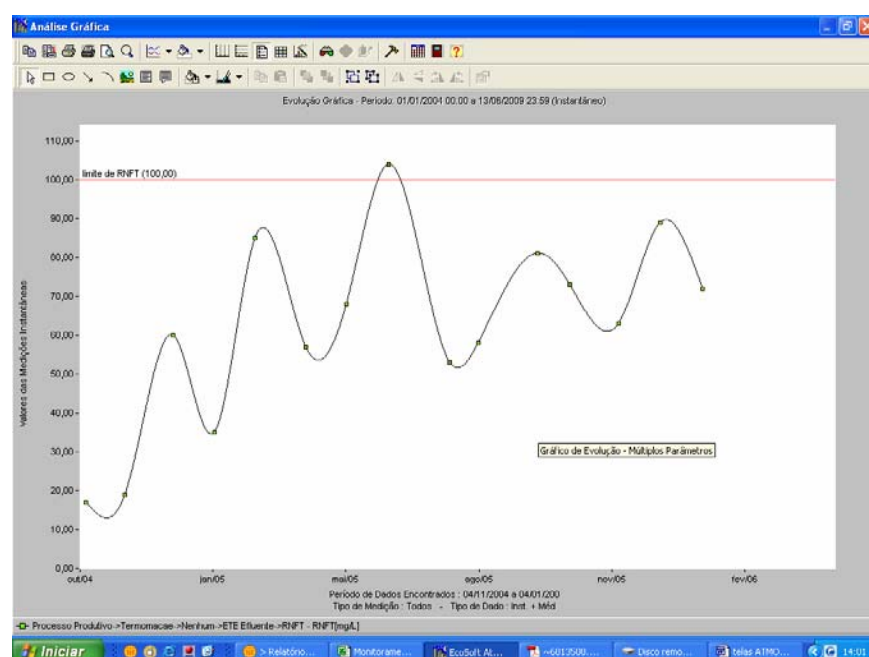
**Ilustração 27 - Análise Gráfica para o parâmetro RNFT na ETE entre os anos de 2002 e 2006 e ajustes operacionais realizados em 2004**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O limite aplicável para o parâmetro de resíduos não filtráveis total, também conhecido como sólidos totais em suspensão, é de 100 mg/L de acordo com a DZ-215 R.4, diretriz específica para esgoto sanitário, não sendo o parâmetro regulado pela NT- 202 R10 da FEEMA nem pela Resolução CONAMA. Para fins de referência internacional o Banco Mundial restringe a 50 mg/L o limite de RNFT.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro RNFT no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 conforme apresenta a Ilustração 28 mostra que o parâmetro apresentou várias ocorrências acima dos limites de 100 mg/L entre os anos de 2002 e 2003 permitindo interpretar que a Estação de Tratamento de Esgoto não removeu satisfatoriamente os sólidos necessitando de ajustes operacionais. Entrevistas com técnicos de campo do monitoramento indicaram aparente vazão excessiva e em picos em certos momentos, ou seja, falta de controle de vazão, aparente subdimensionamento bem como problemas de operação e manutenção.

A análise gráfica da mostra que entre os anos de 2004 e 2006 todos os resultados de RNFT, exceto uma única ocorrência em junho de 2005, estiveram abaixo do limite de 100 mg/L da DZ-215 R.4 permitindo a interpretação de que ajustes operacionais foram realizados para melhorar a performance da ETE.



**Ilustração 28 - Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro RNFT na Estação de Tratamento de Esgoto.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

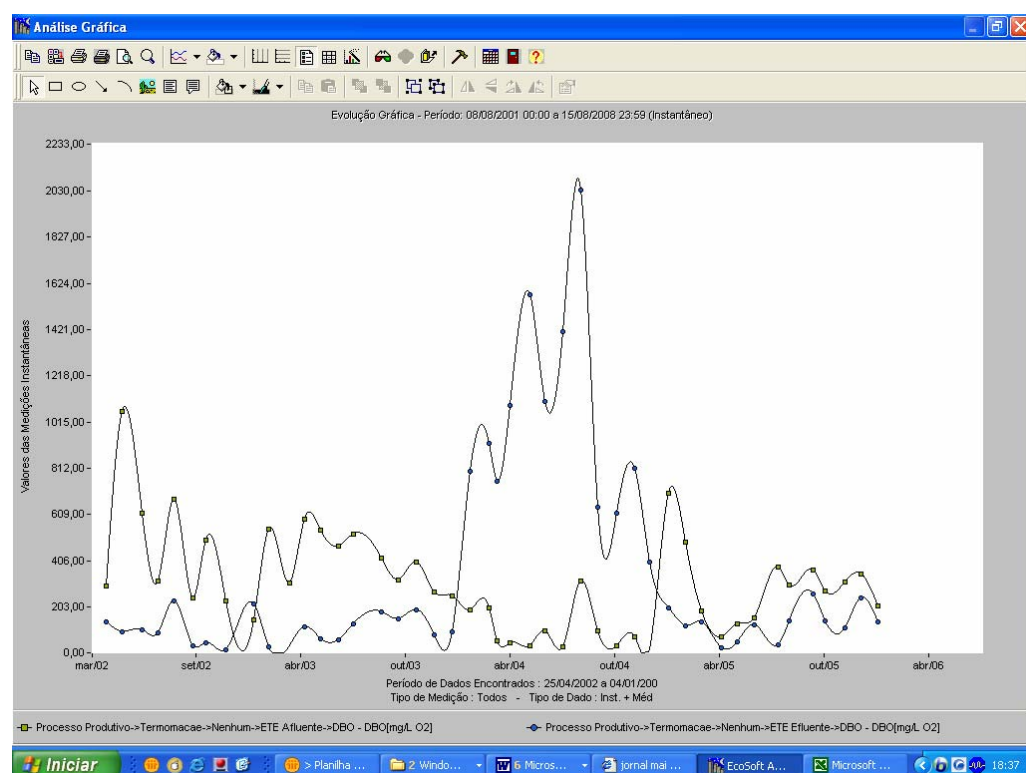
Referências do Banco Mundial recomendam um limite máximo de 50mg/L para o parâmetro RNFT, sendo recomendável ainda mais ajustes na ETE e o monitoramento do parâmetro RNFT em pontos de afluente e efluente da ETE de modo a permitir um monitoramento da eficiência de remoção de RNFT para melhorar ainda mais a performance da estação de tratamento, em busca de padrões internacionais.

A avaliação do parâmetro RNFT frente aos limites aplicáveis da DZ 215 R4 bem como a referência internacional adotada indicam oportunidade para melhorias no projeto da ETE, bem como oportunidade para ajustes de O&M.

A UTE Mário Lago irá projetar em 2008 uma nova estação de tratamento de esgoto para melhorar ainda mais a sua performance em busca de padrões de excelência de SMS.

#### 4.1.1.4 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro DBO na ETE

O resultado da avaliação para o parâmetro DBO no afluente e no efluente da ETE é apresentado a seguir na Ilustração 29



**Ilustração 29 - Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro DBO na Estação de Tratamento de Esgoto.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

Antes de setembro de 2007 o limite aplicável de DBO e o limite de eficiência de remoção de DBO para o número de funcionários da época eram 180 mg/L e 30% respectivamente de acordo com a terceira revisão da DZ 215, que era a vigente na época. O limite atualmente aplicável para o parâmetro de DBO para a UTE Mário Lago é de 100 mg/L de acordo com a quarta revisão da diretriz, a saber, a DZ-215 R.4 de setembro de 2007, não sendo o parâmetro regulado pela NT- 202 R10 da FEEMA nem pela Resolução CONAMA 357/05. Em termos de eficiência de remoção de DBO, a DZ-215 R.4 de setembro de 2007 estipula o percentual de 65% para o número atual de empregados. Para fins de referência internacional o Banco Mundial restringe a 50 mg/L o limite de DBO.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro DBO no período entre os anos de 2003 e janeiro de 2006 conforme apresenta a Ilustração 29 mostra que o parâmetro apresentou ocorrências de instabilidade em 2004 permitindo interpretar que a Estação de Tratamento de Esgoto não removeu satisfatoriamente a DBO de entrada necessitando de ajustes operacionais.

Especificamente foi observado o parâmetro de eficiência de remoção de carga orgânica em relação a DBO no banco de dados original em planilha Excel e verificou-se baixa eficiência da ETE no ano de 2004 e algumas ocorrências não conformes nos dias 1/06/05, 12/9/05, 1/2/06; o que permite interpretar que a partir de 2005 a maior parte dos dados estiveram dentro dos limites de 30% eficiência de acordo com a diretriz DZ-215 vigente na época permitindo a interpretação de que ajustes operacionais foram realizados para melhorar a performance da ETE.

A ETE da usina foi dimensionada inicialmente para 60 pessoas, sofreu um *upgrape* para 150 pessoas e é previsto um projeto novo em 2008 para suportar a demanda atual com perspectiva de aumento de pessoal após a aquisição da usina pela Petrobrás.

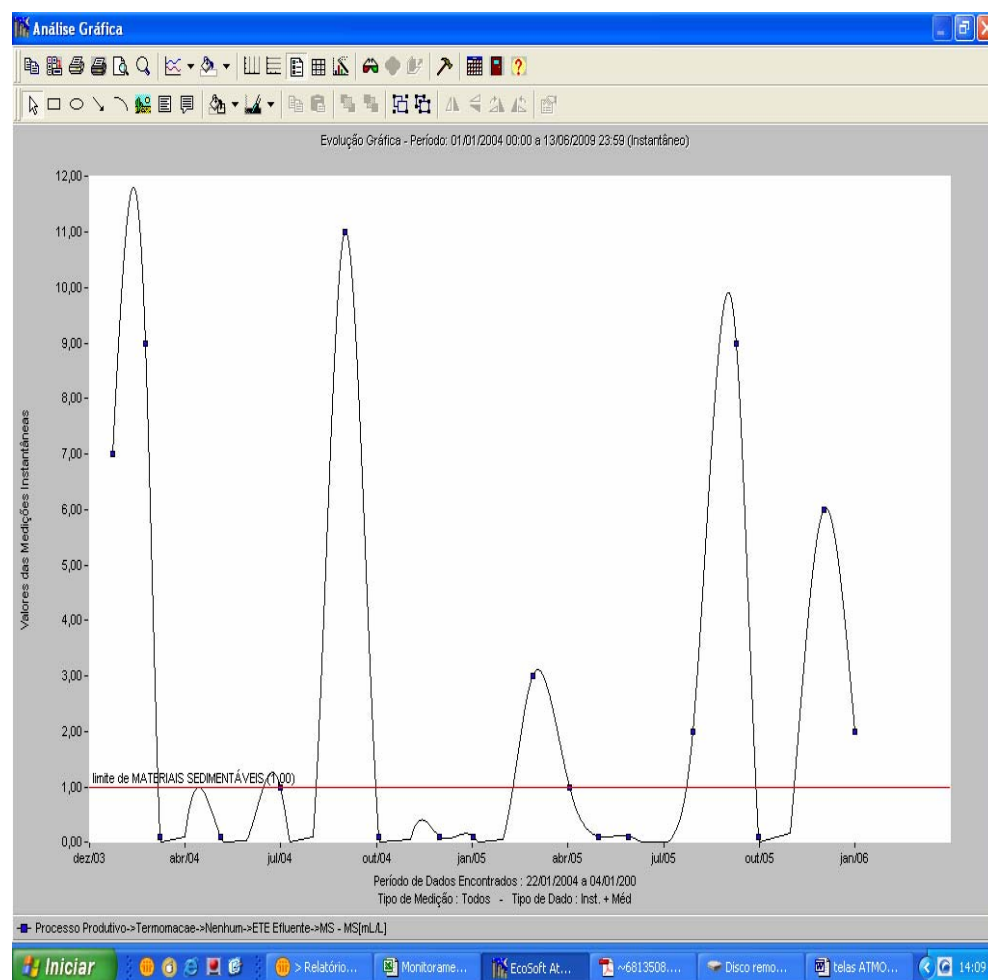
Em relação aos anos de 2007 e 2008, especificamente no período que passou a vigorar a quarta revisão da DZ 215, a eficiência esteve acima do limite de 65% de remoção de DBO na maior parte dos dados entre setembro de 2007 e junho de 2008, apresentando instabilidade operacional em alguns períodos analisados, a saber uma única ocorrência em 03/12/2007, uma ocorrência em 18/2/2007 e quatro ocorrências nos meses de março (dias 03 e 17) e abril (dias 1 e 28) de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada e experiência vivenciada no *site* da usina.



A avaliação do parâmetro DBO frente aos limites aplicáveis da DZ 215 R4 bem como a referência internacional adotada indicam oportunidade para melhorias no projeto da ETE, bem como oportunidade para ajustes de O&M.

#### 4.1.1.5 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Materiais Sedimentáveis na ETE

O resultado da avaliação para o parâmetro Materiais Sedimentáveis no efluente da ETE é apresentado a seguir na Ilustração 30



**Ilustração 30 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Materiais Sedimentáveis na Estação de Tratamento de Esgoto.**

O parâmetro Materiais Sedimentáveis é regulado tanto pela NT- 202 R10 da FEEMA quanto pela Resolução CONAMA 357/05 ART. 34, que estabelecem o limite de 1,0 mg/L.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Materiais Sedimentáveis no período entre dezembro de 2003 e janeiro de 2006 revelam que o parâmetro apresentou ocorrências de instabilidade em 2003 permitindo interpretar que a Estação de Tratamento de Esgoto necessitando de ajustes operacionais. Entre 2004 e 2006 a avaliação de performance do parâmetro indica que houve uma melhora operacional da ETE, com algumas ocorrências não conformes nos dias 23/02/04, 01/9/04, 1/3/05, 02/08/05, 12/09/05, 06/12/05, 04/01/06; o que permite interpretar que a partir de 2004 e 2005 a maior parte dos dados estiveram dentro dos limites de acordo com a diretriz DZ-215 permitindo a interpretação de que ajustes operacionais foram realizados para melhorar a performance da ETE.

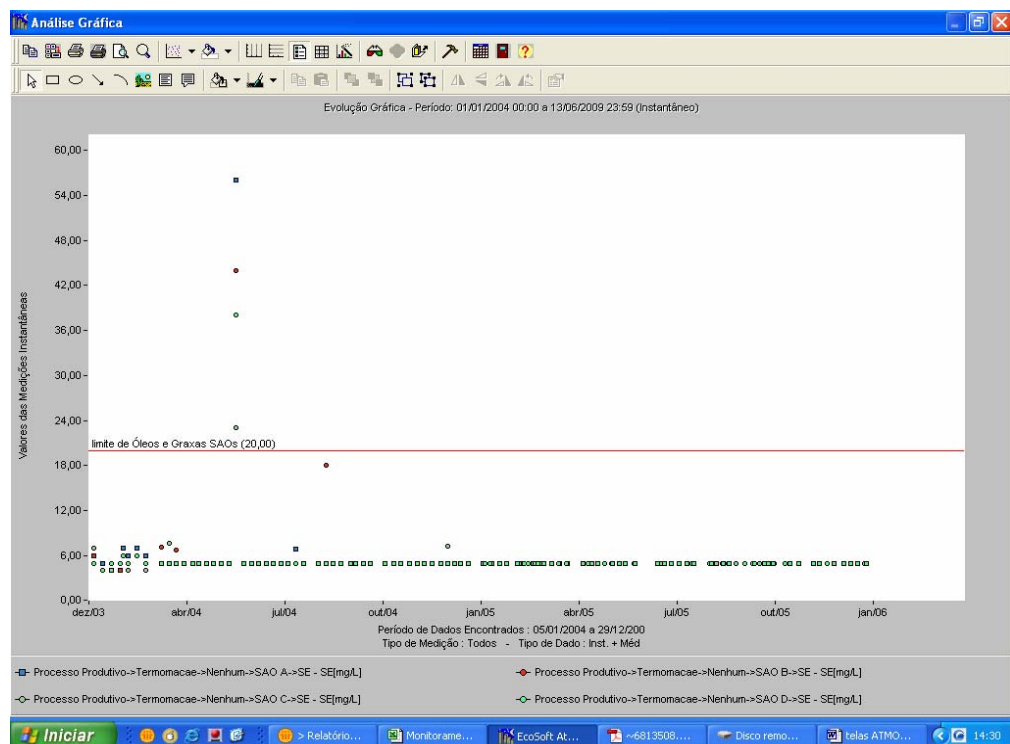
Em relação aos anos de 2007 e 2008, o parâmetro também apresentou instabilidade de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

A avaliação do parâmetro Materiais Sedimentáveis frente aos limites aplicáveis da DZ 215 R4 reforça a avaliação anteriormente mencionada de oportunidade para melhorias no projeto da ETE, bem como oportunidade para ajustes de O&M.

#### **4.1.2 Resultado de Avaliação de Conformidade dos Efluentes Separadores Água e Óleo na UTE Mário Lago**

##### **4.1.2.1 Resultado de Avaliação de Conformidade de Efluentes para os parâmetros Óleos e Graxas e Sulfetos em todos os SAOs**

O resultado da avaliação para o parâmetro Óleos e Graxas no efluente dos SAOs é apresentado a seguir na Ilustração 31



**Ilustração 31 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Óleos e Graxas Minerais nos Separadores Água e Óleo.**

O parâmetro Óleos e Graxas Minerais é regulado tanto pela NT- 202 R10 da FEEMA quanto pela Resolução CONAMA 357/05, que estabelecem o limite de 20,0 mg/L. Referências internacionais do Banco Mundial recomendam o limite de 10, 0 mg/L para este parâmetro no lançamento final de efluentes.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Óleos e Graxas Minerais no período entre dezembro de 2003 e janeiro de 2006 nos efluentes dos quatro SAOs existentes na usina mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, exceto em uma única ocorrência em todos os quatro SAOs no mês de maio de 2004 quando o OG ultrapassou o limite de 20,0 mg/L. Esta ocorrência não se verificou na saída geral dos efluentes (T212) em nenhum dos dias do referido mês, onde todos os resultados de óleos e graxas estiveram abaixo do limite da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05. Referências internacionais do Banco mundial recomendam o limite de 10,0 mg/L de OG na saída geral de efluentes, o que também ocorreu dentro de especificação no referido período de maio de 2004.

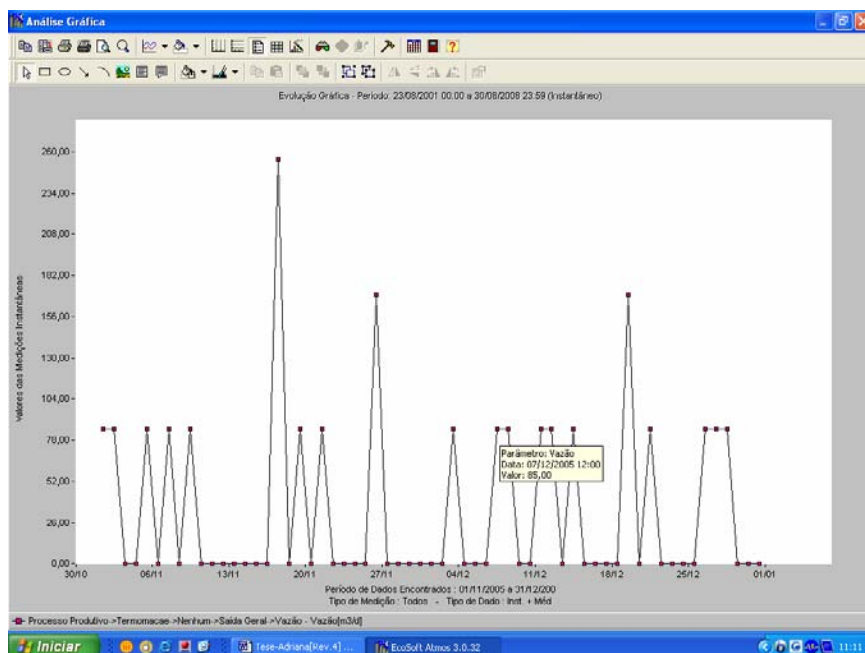
Em relação aos anos de 2007 e 2008, de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, o parâmetro OG e o parâmetro Sulfetos também apresentaram-se dentro dos limites aceitáveis com raríssimas exceções, quando foi necessário providenciar limpeza do SAO ou solicitar descarte de água oleosa por meio de empresa licenciada pelo órgão ambiental através de sistema de manifesto de resíduo industrial.

Os resultados das análises de OG e Sulfetos indicam a eficiência dos sistemas separadores de água e óleo da UTE Mário Lago.

#### **4.1.3 Resultado de Avaliação de Conformidade da Saída Geral de Efluentes na UTE Mário Lago**

##### **4.1.3.1 Resultado de Avaliação da Medição de Vazão na Saída Geral de Efluentes T212 – Efluente Final**

A Ilustração 32 mostra o gráfico com as medições de vazão realizadas na saída geral dos efluentes da usina realizadas por meio de operação em batelada.



**Ilustração 32 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento de Vazão por meio de operação em batelada.**

A vazão de saída dos efluentes é regulada pela Outorga de Água da SERLA objeto do Decreto 29.203 de 14/09/01, publicada no Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro em 17/09/01.

A vazão é medida por meio de operação em batelada através do volume do tanque T212 e operação com válvula fechada até o efluente atingir a marcação de nível de aproximadamente 85m<sup>3</sup>, marcação da régua pintada na parede do tanque T212.

A captação máxima permitida na outorga de água é de 86L/s e o lançamento máximo permitido é de 12L/s (24horas por dia). Além disso, a DZ-942 exige que seja informado a FEEMA, através do RAE, a medição de vazão do efluente lançado em m<sup>3</sup>/d ou m<sup>3</sup>/h diariamente.

A análise gráfica de evolução de medições para a vazão de saída dos efluentes no T212 realizada no período entre 01/11/2005 e 28/12/2005 mostra plena conformidade com o limite da outorga de 12L/s, ou seja, 1036,8 m<sup>3</sup>/dia. No referido período observa-se a grande maioria dos descartes de efluentes sendo realizados com vazões de 85 m<sup>3</sup>/dia em no máximo três dias seguidos, tendo sido observados períodos de até 7 dias sem descarte algum, ou seja a vazão medida foi zero nestes casos. A vazão máxima no período foi de 255 m<sup>3</sup>/dia no dia 17/11/2005.

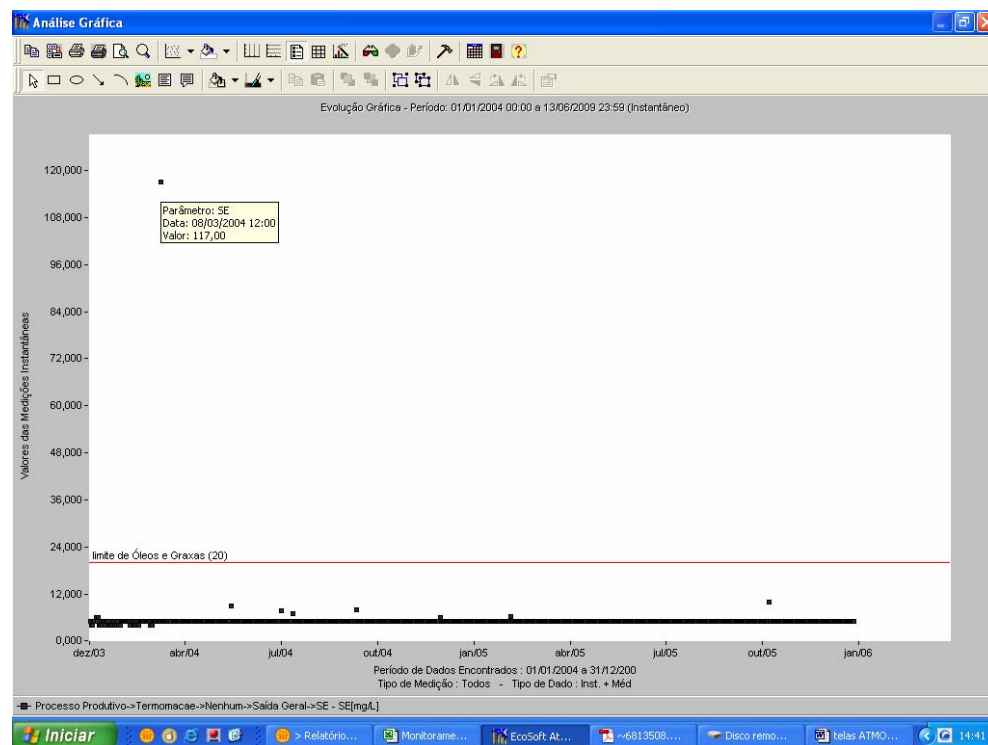
Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou-se também em conformidade com o limite estabelecido pela outorga, tendo apresentado comportamento similar ao período analisado em 2005, chegando a apresentar períodos de até 25 dias, a saber no mês de maio de 2006, com medição de vazão igual a zero na saída dos efluentes do T212 indicando longos períodos sem descarte de efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela com dados do monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago. Estes longos períodos sem descarte de efluentes foram consequência da baixa demanda de operação da UTE Mário Lago até o ano de 2007. No período entre os meses de fevereiro e julho de 2008, a análise gráfica das medições de vazão de descarte do efluente final da usina também revelou conformidade e comportamento similar, entretanto as ocorrências de medições de vazão iguais a zero foram de no máximo 6 dias, indicando que a usina não realizou descarte de efluentes nestes dias, o que realmente procede uma vez que a partir de fevereiro de 2008 voltou a operar praticamente em plena capacidade em função da demanda solicitada pelo Operador Nacional do Sistema - ONS.

A outorga exige como condicionante instalar e manter em funcionamento equipamentos de medição para monitoramento contínuo de volume de água captada e lançada, e neste sentido a UTE Mário Lago está não conforme uma vez que não possui medição contínua de seu volume de efluentes lançado no rio Macaé. Paliativamente, a usina realizou, e vem realizando até o momento do presente estudo de caso, medição de vazão de saída em seu efluente final no T212 por meio de operações em batelada.

A UTE Mário Lago ainda prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, que deverá considerar, a instalação de equipamentos para medição do volume de água captada e lançada. Paralelamente é recomendável a contratação de empresa para realização de serviços externos de calibração e manutenção dos equipamentos de medição da usina em geral. O projeto da nova estação já está sendo providenciado pela UTE Mário Lago e está em fase de licitação no momento deste estudo de caso, sendo previsto para ser implantado até o ano de 2009. Quanto a outorga de água, a usina já está tratando a anomalia através do RTA 005/2007.

#### 4.1.3.2 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Óleos e Graxas Minerais na Saída Geral de Efluentes T212 – Efluente Final

O resultado da avaliação para o parâmetro Óleos e Graxas na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 33



**Ilustração 33 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Óleos e Graxas Minerais no T212 - Efluente Final.**

O parâmetro Óleos e Graxas Minerais é regulado tanto pela NT- 202 R10 da FEEMA quanto pela Resolução CONAMA 357/05, que estabelecem o limite de 20,0 mg/L. Referências internacionais do Banco Mundial recomendam o limite de 10, 0 mg/L para este parâmetro no lançamento final de efluentes.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Óleos e Graxas Minerais no período entre dezembro de 2003 e janeiro de 2006 no tanque de saída geral dos efluentes da usina mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, exceto em uma única ocorrência no dia 08/03/04 quando o OG ultrapassou o limite de 20,0 mg/L.

Como a empresa realiza a análise de OG externamente em laboratório credenciado pela FEEMA e acreditado pelo INMETRO, esta ocorrência só pode ser verificada reativamente,

não havendo tempo hábil para evitar o descarte do efluente, assim é recomendável que a empresa avalie a implantação de projeto de tratamento de efluentes industriais prevento a eventual reincidência de presença de OG em teores acima dos limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05. Referências internacionais do Banco mundial recomendam o limite de 10,0 mg/L de OG na saída geral de efluentes.

A partir de junho de 2006 a não foram realizadas análises de OG pois houve uma redução de parâmetros negociada com a FEEMA, que passou a não mais exigir este parâmetro no monitoramento da saída geral de efluentes, mantendo-o monitorado apenas nos efluentes intermediários dos quatro SAOs existentes na usina

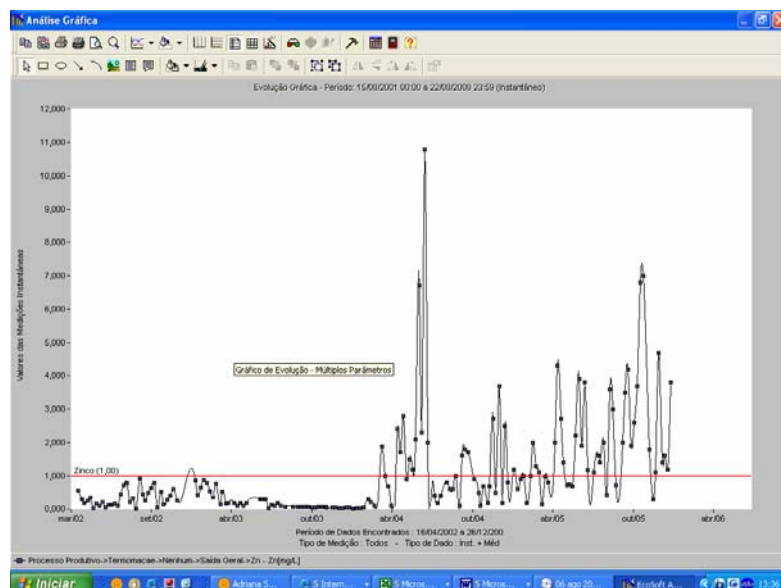
A grande maioria dos resultados das análises de OG no tanque de saída geral de efluentes reforça a conclusão a acerca da eficiência dos sistemas separadores de água e óleo a montante do T 212 da UTE Mário Lago.

A UTE Mário Lago ainda prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, que deverá considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade eventual de ocorrência de Óleos e Graxas. O projeto da nova estação já está sendo providenciado pela UTE Mário Lago e está em fase de licitação no momento deste estudo de caso, sendo previsto para ser implantado até o ano de 2009.

#### **4.1.3.3 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Zinco na Saída Geral de Efluentes T212**

O resultado da avaliação para o parâmetro Zinco no efluente na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 34.





**Ilustração 34 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Zinco na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2004 e 2005.**

O parâmetro Zinco é regulado tanto pela a NT- 202 R10 da FEEMA quanto a Resolução CONAMA 357/05 ART. 34 estabelecem, respectivamente, o limite de 1,0 e 5,0 mg/L.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Zinco no período entre os anos de 2002 e o primeiro trimestre de 2004 revela conformidade total em relação às regulamentações brasileiras aplicáveis e referências internacionais nos primeiros anos de operação da usina. A partir do segundo trimestre de 2004 até o ano de 2005 o parâmetro apresentou certa instabilidade permitindo a interpretação de ocorrência de processos corrosivos associados aos sistemas de Torres de Resfriamento e tratamento químico anticorrosivos potencialmente ineficiente.

Em relação aos anos de 2006 e 2007, o parâmetro também apresentou instabilidade de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

A partir de janeiro de 2008 a avaliação de performance do parâmetro Zinco indica que houve uma melhora operacional, o que permite concluir que ocorreram intervenções de natureza química ou de O&M para ajustes no sistema no referido período, o que foi constatado também através de entrevista direta com profissionais dos setores de SMS e de O&M da usina, sendo

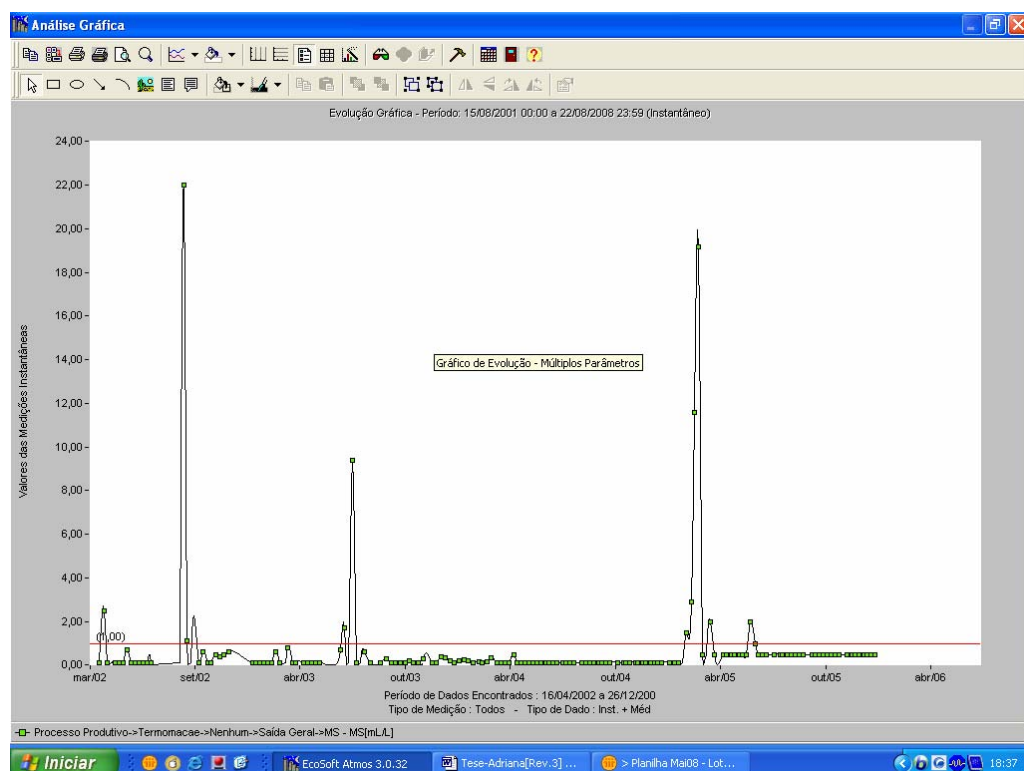
informado a ocorrência de alteração no tratamento químico das torres de resfriamento, tendo sido introduzido o uso de agentes passivadores para controle de corrosão e incrustação à base de fosfato no controle químico, o que acarretou no controle do lançamento de teores de zinco nos efluentes provenientes do *blow down* das Torres de Resfriamento em conformidade total em relação às regulamentações brasileiras aplicáveis e boas práticas de referências internacionais como, por exemplo, as diretrizes do banco Mundial.

De acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, resultados de análises mensais de Zinco realizadas a partir de março de 2005 no rio Macaé, corpo hídrico receptor dos efluentes da usina, revelam similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago. Os resultados de Zinco no corpo hídrico receptor estiveram em conformidade com a Resolução CONAMA nº 20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

A UTE Mário Lago ainda prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, que deverá considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade eventual de reincidência de Zinco.

#### **4.1.3.4 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Materiais Sedimentáveis na Saída Geral de Efluentes T212**

O resultado da avaliação para o parâmetro Materiais Sedimentáveis na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 35.



**Ilustração 35– Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Materiais sedimentáveis na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Materiais Sedimentáveis é regulado tanto pela NT- 202 R10 da FEEMA quanto pela Resolução CONAMA 357/05 ART. 34, que estabelecem o limite de 1,0 mg/L.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Materiais sedimentáveis na saída geral de efluentes o período entre 2002 e janeiro de 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, exceto em duas ocorrências no ano de 2002 nos dias 25/04 e 10/09, duas ocorrências em 2003 nos dias 16/06 e 01/07, e seis ocorrências em fevereiro de 2005 nos dias 1, 10, 14 e 21 de fevereiro, e nos dias 14 e 23 de maio.

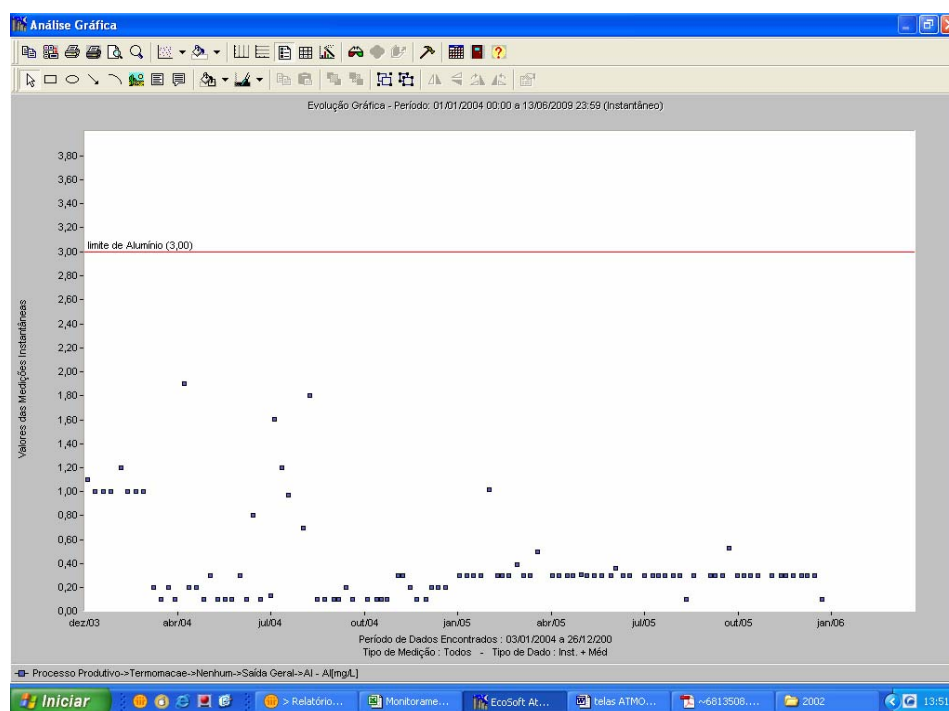
Em relação aos anos de 2007 e 2008, o parâmetro também apresentou-se dentro dos limites aceitáveis de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, exceto uma ocorrência no ano de 2007 no dia 12/11 e algumas ocorrências no ano de 2008 nos dias 03/03, 07/04, 05/05, 19/05, 09/06 e

30/06. Estes resultados permitem interpretar relação com os resultados de instabilidade também apresentados na Estação de Tratamento de Esgoto para o mesmo parâmetro indicando eventual necessidade de ajustes operacionais. A maior parte dos dados estiveram dentro dos limites. A avaliação do parâmetro Materiais Sedimentáveis na saída geral reforça a avaliação anteriormente mencionada de oportunidade para melhorias no projeto da ETE, bem como oportunidade para ajustes de O&M.

A UTE Mário Lago ainda prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, que deverá considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade de ocorrência de Materiais Sedimentáveis.

#### 4.1.3.5 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Alumínio na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro Alumínio na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 36.



**Ilustração 36 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro Alumínio na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2004 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Alumínio é regulado pela NT- 202 R10 da FEEMA que estabelece o limite de 3,0 mg/L.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Alumínio no período entre 2004 e 2005 revela que o parâmetro apresentou conformidade total em relação à NT- 202 R10 da FEEMA.

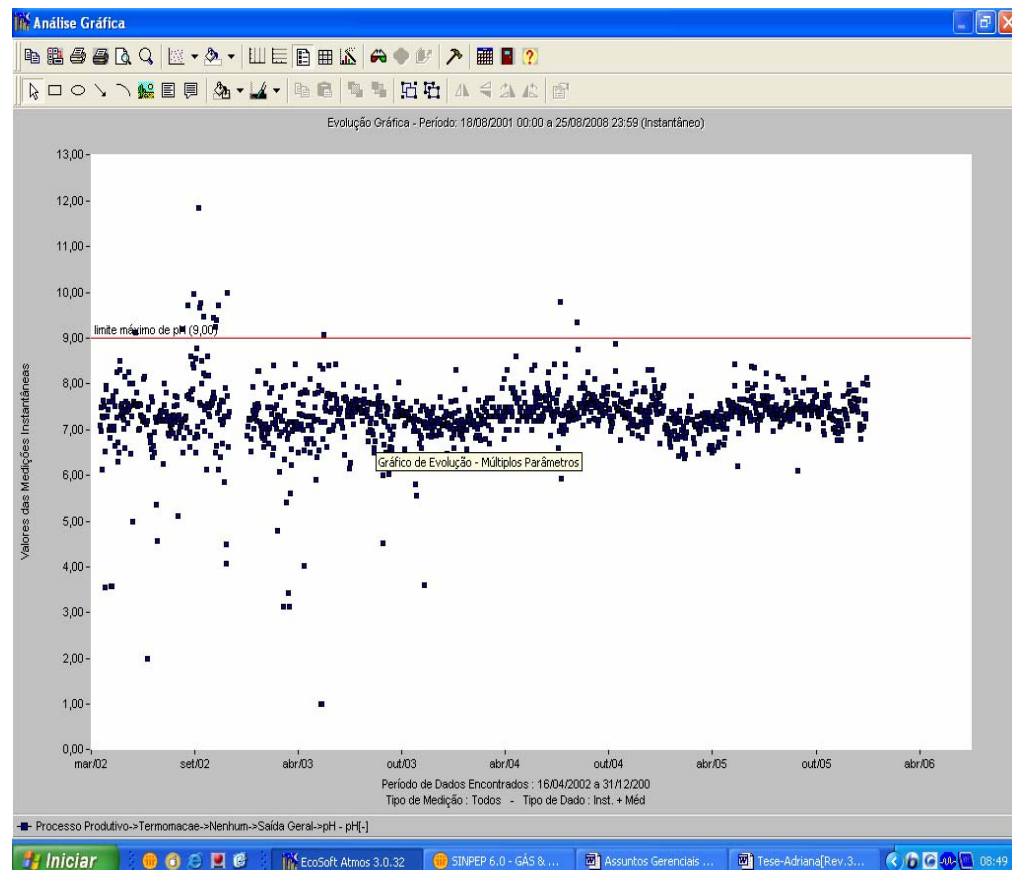
A partir de janeiro de 2008, com a informação obtida em entrevistas na usina a cerca da alteração no tratamento químico da ETA, tendo sido introduzido o uso de policloreto de Alumínio como agente coagulante, recomenda-se monitorar o parâmetro de modo a garantir que haja controle do lançamento de teores de Alumínio nos efluentes provenientes da ETA, sendo necessário atendimento ao limite máximo de 3,0 mg/L exigido pela NT- 202 R10 da FEEMA para o parâmetro Alumínio no lançamento de efluentes.

Resultados de ensaios de caracterização de efluentes realizados a partir de fevereiro de 2008, com a usina a plena carga, frente aos principais parâmetros e limites da NT- 202 R10 da FEEMA, revelaram a presença de Alumínio e Fósforo em quantidades superiores aos limites aplicáveis, fato este que reforça a recomendação de monitorar o parâmetro e controlar teores de Alumínio nos efluentes da UTE Mário Lago.

A UTE Mário Lago ainda prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, que deverá considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade eventual de ocorrência de Alumínio, uma vez que está trocando o agente coagulante cloreto férrico de seu processo de tratamento de água, passando a utilizar o policloreto de alumínio.

#### 4.1.3.6 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro pH na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro pH na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 37.



**Ilustração 37 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro pH na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro pH é regulado tanto pela NT- 202 R10 da FEEMA quanto pela Resolução CONAMA 357/05 ART. 34, que estabelecem o limite entre 6,0 e 9,0.

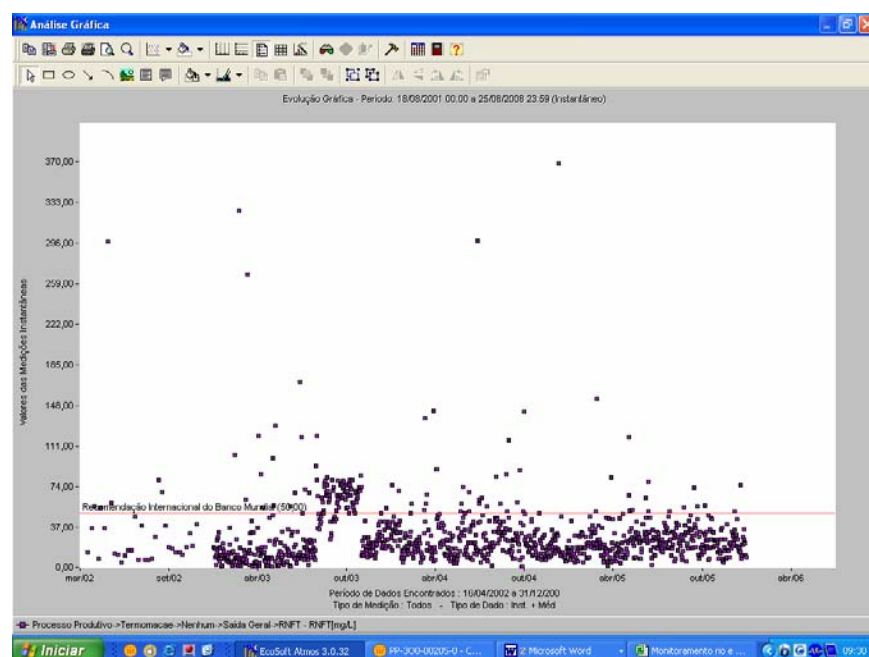
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro pH na saída geral de efluentes o período entre 2002 e 2005 mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, exceto algumas ocorrências, como por exemplo no dia 07/10/2002 tendo atingido um valor máximo de 11,85

e no dia 12/05/2003 tendo atingido um valor mínimo de 1,0. As ocorrências fora da faixa aceitável foram neutralizados manualmente através da adição de neutralizantes para garantir a conformidade dos efluentes da UTE Mário Lago.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou-se dentro dos limites aceitáveis entre 6,0 e 9,0 em todas as medições realizadas na saída geral de efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, sem nenhuma ocorrência de não conformidade nestes três últimos anos. A UTE Mário Lago ainda prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, que deverá considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade de ocorrência eventual de pH fora dos limites.

#### 4.1.3.7 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro RNFT na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro RNFT na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 38.



**Ilustração 38 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento para o parâmetro RNFT na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro de resíduos não filtráveis total, também conhecido como sólidos totais em suspensão, não é regulado pela NT- 202 R10 da FEEMA nem pela Resolução CONAMA 357. Para fins de referência internacional o Banco Mundial recomenda 50 mg/L como limite de DBO.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro RNFT no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 conforme apresenta a Ilustração 38 mostra que o parâmetro apresentou-se abaixo do limite recomendável na grande maioria das medições, tendo apresentado algumas medições acima do valor sugerido pelo Banco Mundial, especialmente mais intensamente no ano de 2003, o que aparenta estar relacionado à mesma interpretação realizada na análise na Estação de Tratamento de Esgoto, que não removeu satisfatoriamente os sólidos em certos períodos, os quais provavelmente foram arrastados para o tanque de saída geral dos efluentes da usina.

O ano de 2004 revelou menos sólidos observados acima do limite sugerido pelo Banco Mundial, permitindo a interpretação de que ajustes operacionais foram realizados no período, melhorando a performance da ETE.

Recomenda-se o monitoramento do parâmetro RNFT em pontos de afluente e efluente da ETE, antes do ponto de saída geral dos efluentes, de modo a permitir um monitoramento da eficiência de remoção de RNFT para melhorar ainda mais a performance da estação de tratamento, em busca de padrões internacionais. Assim será evitada a ocorrência do arraste de sólidos para o tanque de saída geral dos efluentes.

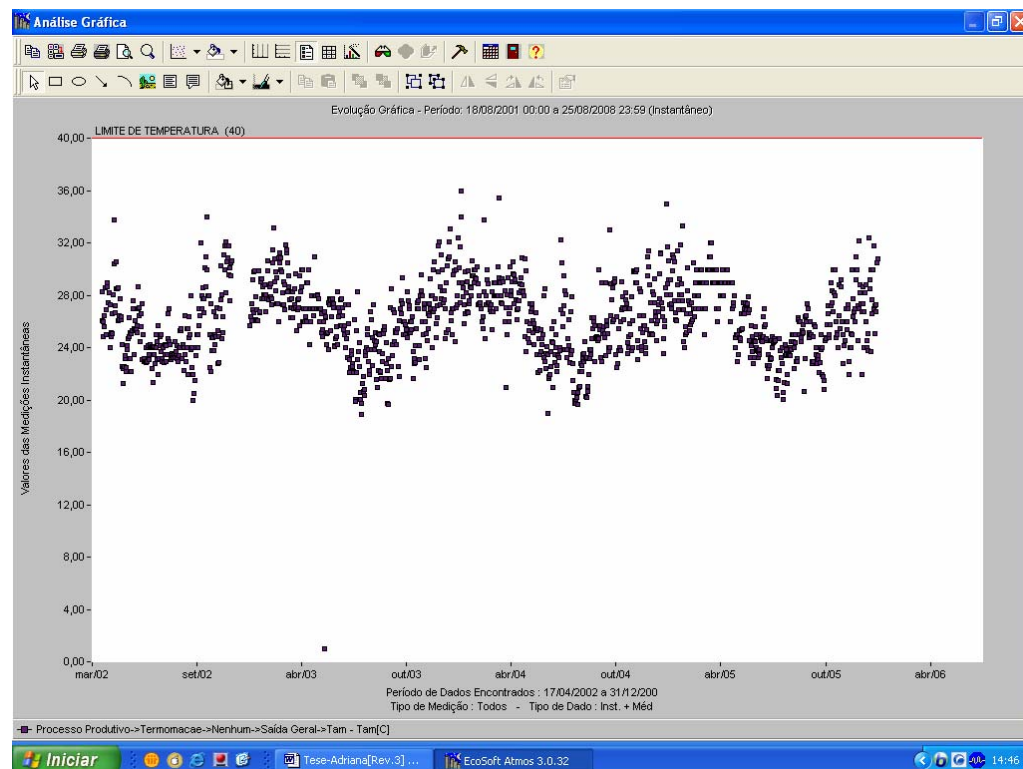
Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento nas medições realizadas na saída geral de efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, com algumas ocorrências acima do recomendável internacionalmente pelo Banco Mundial. A UTE Mário Lago irá projetar em 2008 uma nova estação de tratamento de esgoto para melhorar ainda mais a sua performance em busca de padrões de excelência de SMS.

Como já mencionado, a UTE Mário Lago ainda prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, que deverá considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade de ocorrência eventual de RNFT acima de limites recomendáveis.



#### 4.1.3.8 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Temperatura na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro Temperatura na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 39.



**Ilustração 39 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Temperatura na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

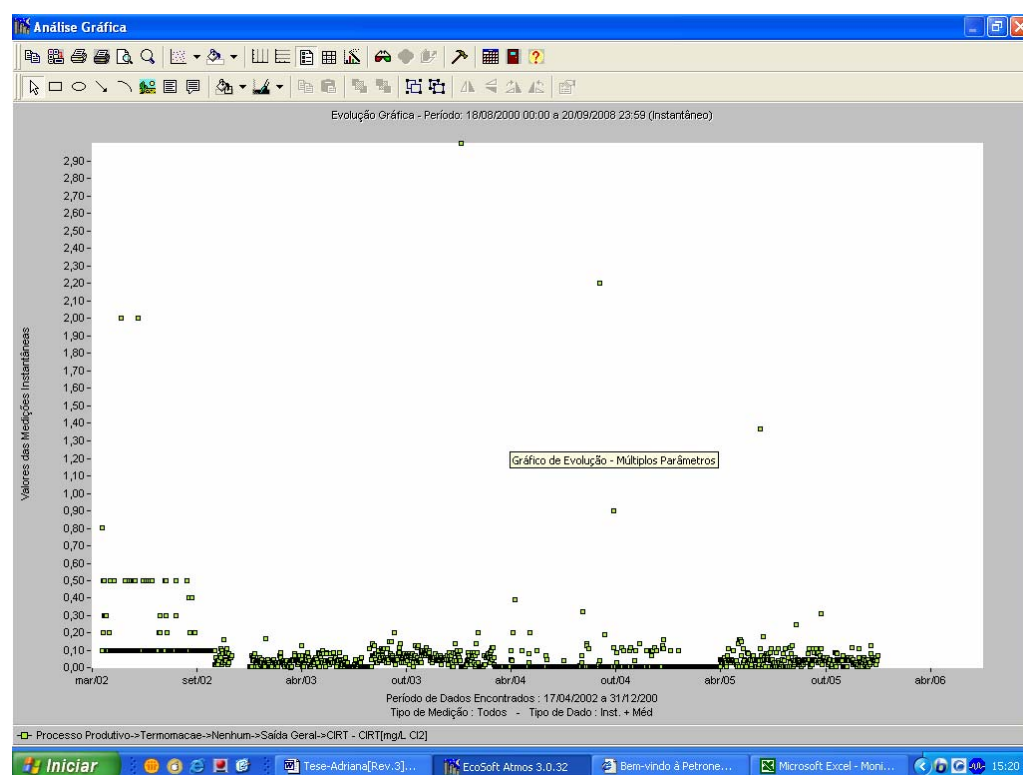
O parâmetro Temperatura é regulado tanto pela NT- 202 R10 da FEEMA quanto pela Resolução CONAMA 357/05 ART. 34, que estabelecem o limite máximo de 40°C e um aumento menor que 3°C na zona de mistura do efluente.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Temperatura na saída geral de efluentes o período entre 2002 e 2005 mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade total com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, sem apresentar nenhuma exceção. Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou-se também dentro dos limites aceitáveis em todas as medições

realizadas na saída geral de efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, sem nenhuma ocorrência de não conformidade. Este resultado também é reforçado na análise do parâmetro no rio Macaé que será abordada na sessão 4.1.4 que apresenta os resultados da avaliação da qualidade da água no rio Macaé.

#### 4.1.3.9 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Cloro Residual Total na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro Cloro residual Total na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 40.



**Ilustração 40 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Cloro Residual Total na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

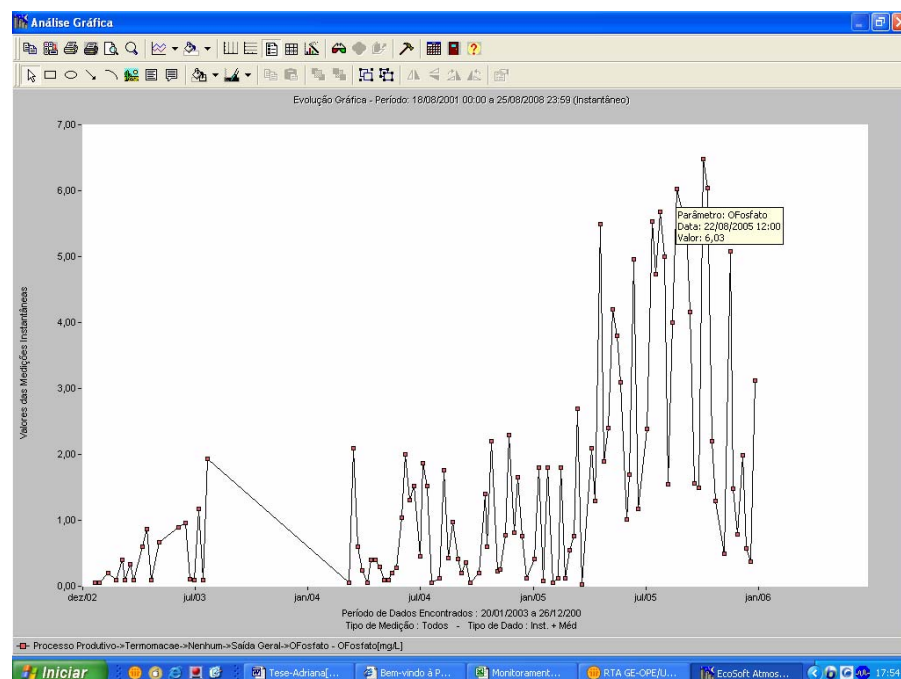
O parâmetro Cloro Residual Total é regulado pela NT- 202 R10 da FEEMA que estabelece o limite de 5,0 mg/L.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Cloro Residual Total na saída geral de efluentes o período entre 2002 e 2005 mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou-se também em conformidade em todas as medições realizadas na saída geral de efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, sem nenhuma ocorrência de não conformidade.

#### 4.1.3.10 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Ortofosfato na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro Ortofosfato Total na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 41.



**Ilustração 41 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Ortofosfato na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Ortofosfato não é regulado pela NT- 202 R10 da FEEMA e também não há limites estabelecidos para este parâmetro na Resolução CONAMA 357/05. Para fins de referência internacional o Banco Mundial restringe a 6,0 mg/L o limite de Ortofosfato.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Ortofosfato no período entre os anos de 2002 e janeiro de 2006 revela conformidade em relação às regulamentações de referência internacional do Banco Mundial, com apenas três ocorrências não conformes, a saber: nos dias 22/08/2005, 04/10/2005 e 10/10/2005 quando o parâmetro atingiu os valores de, respectivamente, 6,03; 6,48 e 6,05 mg/L. Pode-se observar que o parâmetro apresentou certa instabilidade ao longo do ano de 2005.

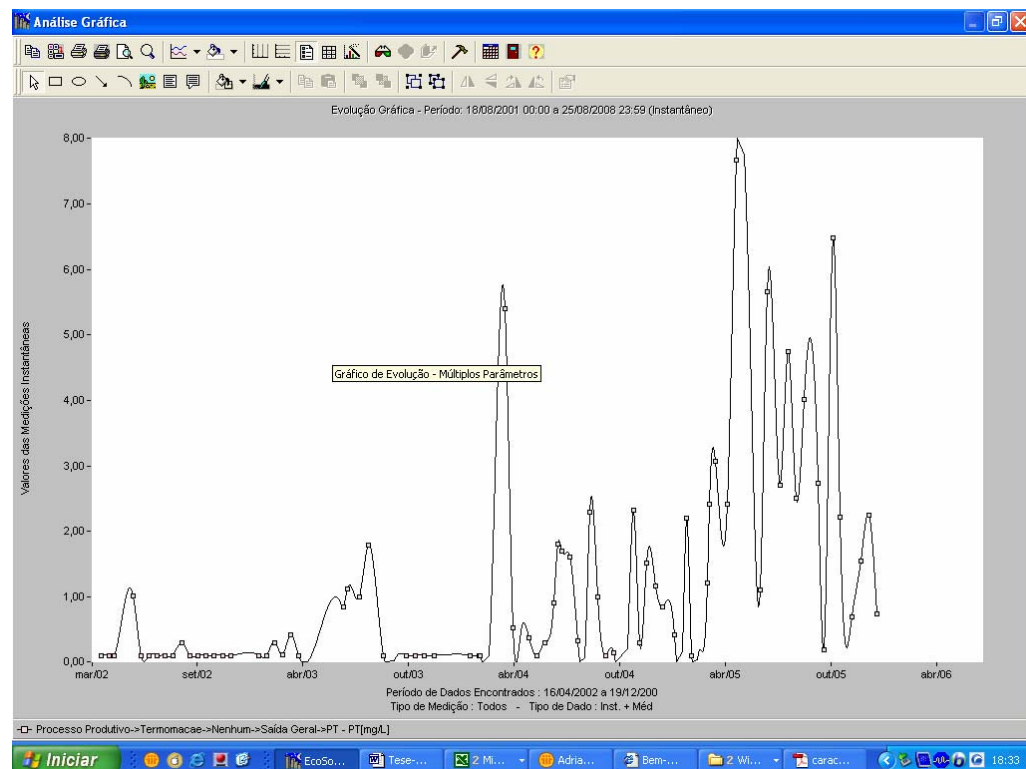
A partir de 2006 o parâmetro deixou de ser monitorado, o que foi consequência de uma série de reuniões com a FEEMA baseada nestes resultados do monitoramento.

A partir de janeiro de 2008, com a informação obtida em entrevistas na usina a cerca da alteração no tratamento químico das torres de resfriamento, tendo sido introduzido o uso de agentes passivadores para controle de corrosão e incrustação à base de fosfato no controle químico, recomenda-se monitorar o parâmetro de modo a garantir que haja controle do lançamento de teores de fosfato nos efluentes provenientes do *blow down* das Torres de Resfriamento e, a pesar de não haver limites estipulados na regulamentação brasileira para este parâmetro, é recomendável a utilização de referências internacionais como, por exemplo, as Diretrizes do Banco Mundial, que recomendam o limite máximo de 6,0 mg/L de fosfato no lançamento de efluentes.

Como já mencionado, a UTE Mário Lago prevê melhorias em sua unidade através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, sendo também recomendável considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade eventual de ocorrência de fosfato proveniente da introdução de fosfato no tratamento químico e eventuais problemas no controle químico ou mesmo dosagens de fosfato fora de controle.

#### 4.1.3.11 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Fósforo Total na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro Fósforo Total na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 42.



**Ilustração 42 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Fósforo total na Saída Geral de Efluentes T212 no período entre os anos de 2002 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Fósforo Total é regulado pela NT- 202 R10 da FEEMA com o limite de 1,0 mg/L e não há limites estabelecidos para este parâmetro na Resolução CONAMA 357/05.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Fósforo Total no período do ano de 2002 e ao longo de 2003 revela conformidade em relação à NT- 202 R10 da FEEMA, com apenas três ocorrências não conformes, a saber: nos dias 10/06/2002, 16/06/2003 e 22/07/2003 quando o parâmetro atingiu os valores de, respectivamente, 1,01; 1,12 e 1,79 mg/L. Pode-se observar que o parâmetro apresentou certa instabilidade nos anos de 2004 e 2005.

A partir de 2006 o parâmetro deixou de ser monitorado, o que foi consequência de uma série de reuniões com a FEEMA baseada nestes resultados do monitoramento.

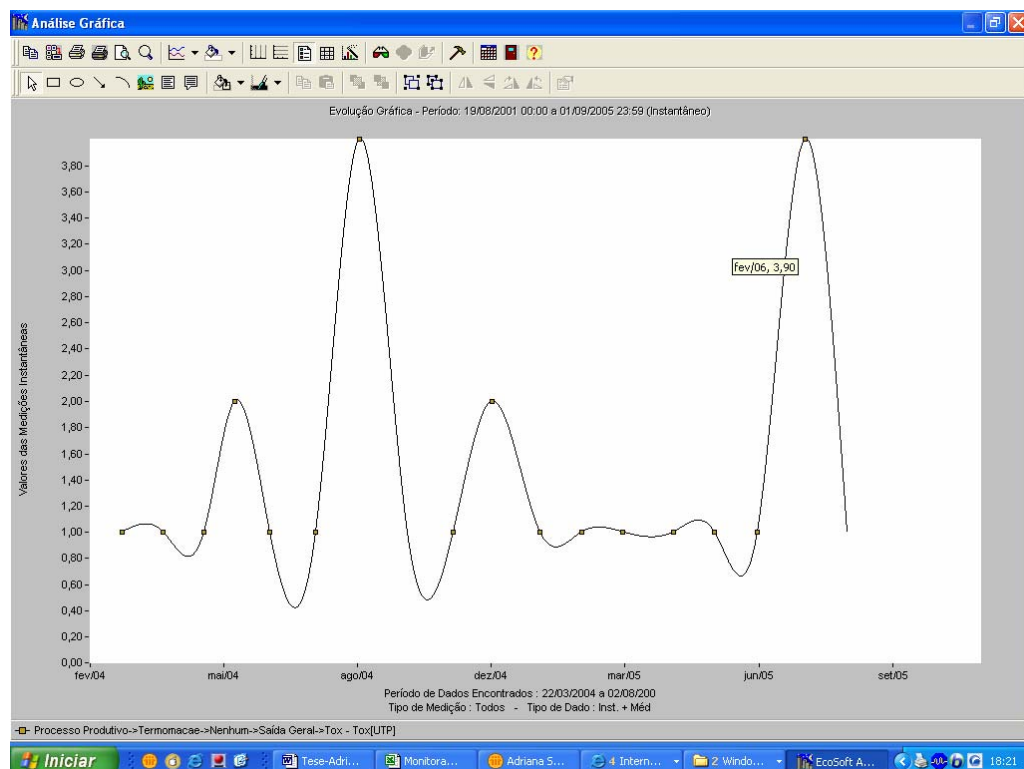
A partir de janeiro de 2008, com a informação obtida em entrevistas na usina a cerca da alteração no tratamento químico das torres de resfriamento, tendo sido introduzido o uso de agentes passivadores para controle de corrosão e incrustação à base de fosfato no controle químico, recomenda-se monitorar o parâmetro de modo a garantir que haja controle do lançamento de teores de fósforo nos efluentes provenientes do *blow down* das Torres de Resfriamento com objetivo de garantir conformidade com o limite máximo de 1,0 mg/L de fósforo no lançamento de efluentes.

Resultados de ensaios de caracterização de efluentes realizados a partir de fevereiro de 2008, com a usina a plena carga, frente aos principais parâmetros e limites da NT- 202 R10 da FEEMA, revelaram a presença de Alumínio e Fósforo em quantidades superiores aos limites aplicáveis, fato este que reforça a recomendação de monitorar o parâmetro e controlar teores de fósforo nos efluentes da UTE Mário Lago.

Como já mencionado, a UTE Mário Lago prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, sendo também recomendável considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade eventual de ocorrência de fósforo proveniente da introdução de fosfato no tratamento químico e eventuais problemas no controle químico ou mesmo dosagens de fosfato fora de controle.

#### **4.1.3.12 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Toxicidade na Saída Geral de Efluentes T212**

O resultado da avaliação para o parâmetro Toxicidade na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 43.



**Ilustração 43 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Toxicidade na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Toxicidade é regulado pela NT- 213 R4 da FEEMA, que estabelece critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais, utilizando testes de toxicidade com organismos aquáticos vivos, de modo a proteger os corpos d'água da ocorrência de toxicidade aguda ou crônica.

A concentração de efeito não observado – CENO é a maior concentração de efluente líquido que não causa efeito letal nos peixes (*Brachydanio rerio*), em um prazo de 48 (quarenta e oito) horas e o número de unidade de toxicidade referente a teste em peixes é expresso em UTP.

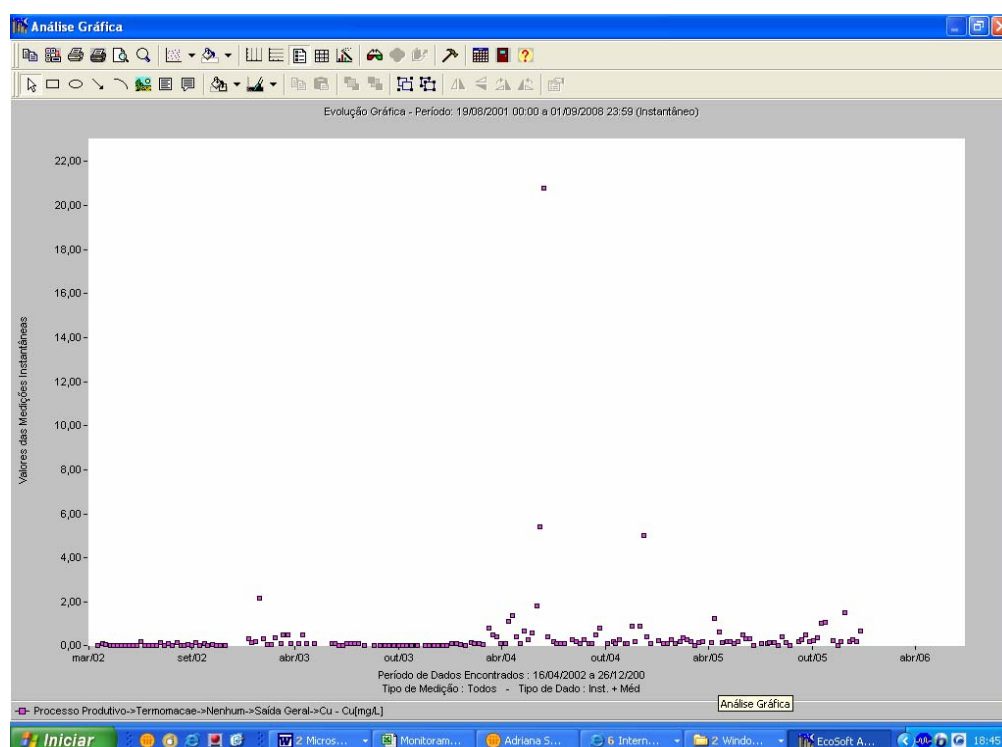
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Toxicidade no período do ano de 2004 e ao longo de 2005 revela conformidade em relação à NT- 213 R4 da FEEMA, que estabelece o limite de 8 UTP.

Assim é possível concluir que o ensaio de toxicidade realizado com amostras mensais coletadas em 2004 e 2005 na saída geral dos efluentes da usina indicou que, sem nenhuma diluição no laboratório, o efluente gerado não causou efeito letal em peixes.

A partir de 2006 o parâmetro deixou de ser monitorado, o que foi consequência de uma série de reuniões com a FEEMA baseada nestes resultados do monitoramento.

#### 4.1.3.13 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Cobre na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro Cobre na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 44.



**Ilustração 44 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Cobre na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Cobre regulado tanto pela a NT- 202 R10 da FEEMA quanto a Resolução CONAMA 357/05 ART. 34 estabelecem, respectivamente, o limite de 0,5 e 1,0 mg/L.



A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Cobre no período entre os anos de 2002 e 2006 revela conformidade, salvo raras exceções, em relação às regulamentações brasileiras aplicáveis e referências internacionais do Banco Mundial que recomendam o limite mais restritivo de 0,5 mg/L. As exceções analisadas revelam que parâmetro apresentou certa instabilidade permitindo a interpretação de ocorrência de processos corrosivos associados aos condensadores dos sistemas *Chillers* ligados às Torres de Resfriamento e tratamento químico anticorrosivos potencialmente ineficiente.

Entre maio de 2005 e maio de 2006 a usina passou a monitorar também o parâmetro Cobre Dissolvido, tendo os resultados das análises mostrado conformidade total sendo a grande maioria destes resultados sido inferiores a 0,1 mg/L.

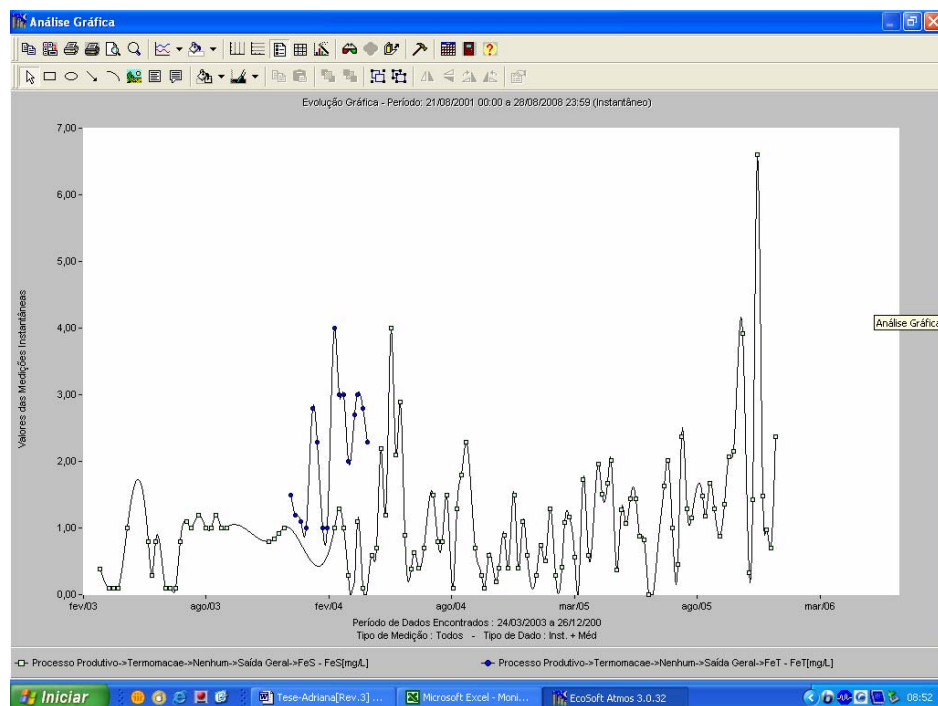
A partir de junho de 2006 o parâmetro deixou de ser monitorado, o que foi conseqüência de uma série de reuniões com a FEEMA baseada nestes resultados do monitoramento.

A partir de janeiro de 2008, com a introdução de agentes passivadores no tratamento químico para controle de corrosão e com base nos resultados de ensaios de caracterização de efluentes realizados em 2008 com a usina a plena carga, frente aos principais parâmetros e limites da NT- 202 R10 da FEEMA, pode-se concluir que o parâmetro cobre foi completamente controlado pela UTE Mário Lago, uma vez que não houve mais nenhuma ocorrência de teores de cobre acima do limite de 0,5 mg/L.

Como já mencionado, a UTE Mário Lago prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, sendo também recomendável considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade eventual de ocorrência de cobre proveniente de eventuais processos corrosivos oriundos de problemas no controle químico.

#### **4.1.3.14 Resultado de Avaliação de Conformidade Ferro Total e Ferro Solúvel na Saída Geral de Efluentes T212**

O resultado da avaliação para os parâmetros Ferro Total e Ferro Solúvel na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 45.



**Ilustração 45– Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para os Parâmetros Ferro Total e Ferro Solúvel na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.**

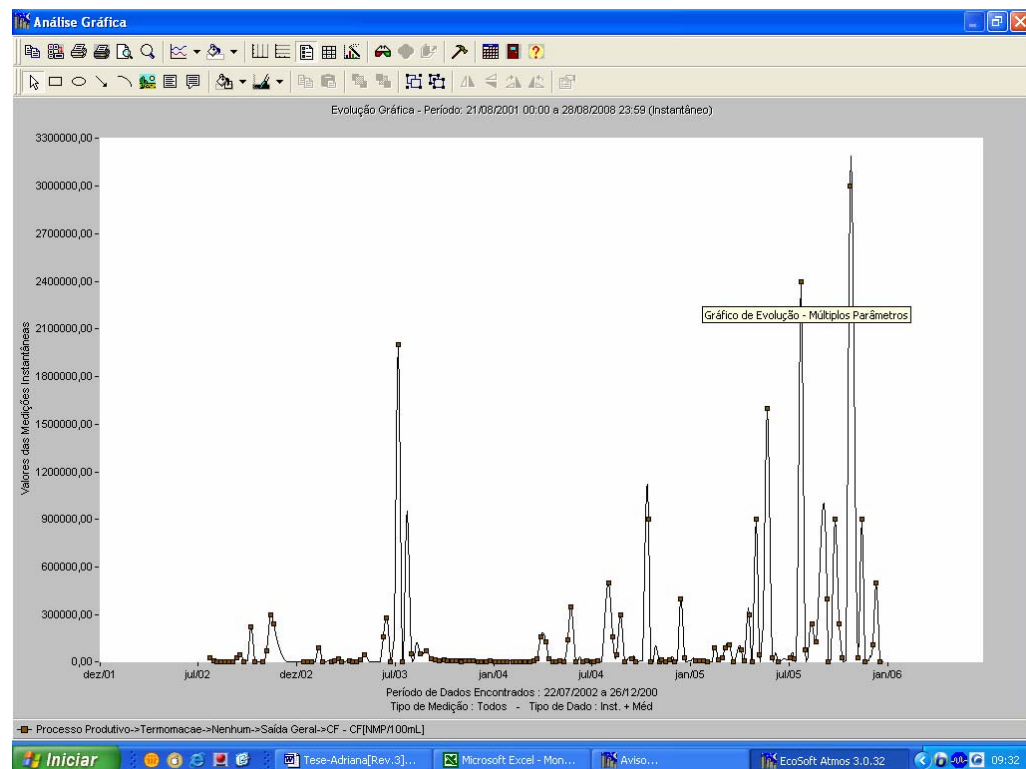
Fonte: Elaboração Própria, 2008

Em relação aos teores de ferro, apenas o parâmetro Ferro Solúvel é regulado tanto pela a NT-202 R10 da FEEMA quanto a Resolução CONAMA 357/05 ART. 34 estabelecem o limite de 15 mg/L.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Ferro Solúvel no período entre os anos de 2002 e 2006 revela conformidade total, sem nenhuma exceção, em relação às regulamentações brasileiras aplicáveis que estabelecem o limite de 15 mg/L. A partir de 2006 o parâmetro deixou de ser monitorado, o que foi consequência de uma série de reuniões com a FEEMA baseada nestes resultados do monitoramento. O resultado da análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Ferro Total foi analisado no ano de 2004, obtida através de análises semanais realizadas nos meses de janeiro a abril, também revela conformidade total. Uma comparação feita plotando-se simultaneamente os dois gráficos para respectivamente os parâmetros Ferro Total e Ferro Solúvel permite visualizar a curva para o parâmetro Ferro Total acima da curva do parâmetro Ferro Solúvel, o que já era o esperado.

#### 4.1.3.15 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro Coliformes Fecais na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro Coliformes Fecais na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 46.



**Ilustração 46 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro Coliforme Feca na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Coliformes Fecais não é regulado nem pela NT- 202 R10 da FEEMA nem pela Resolução CONAMA 357/05 ART. 34, podendo ser controlado via DBO.

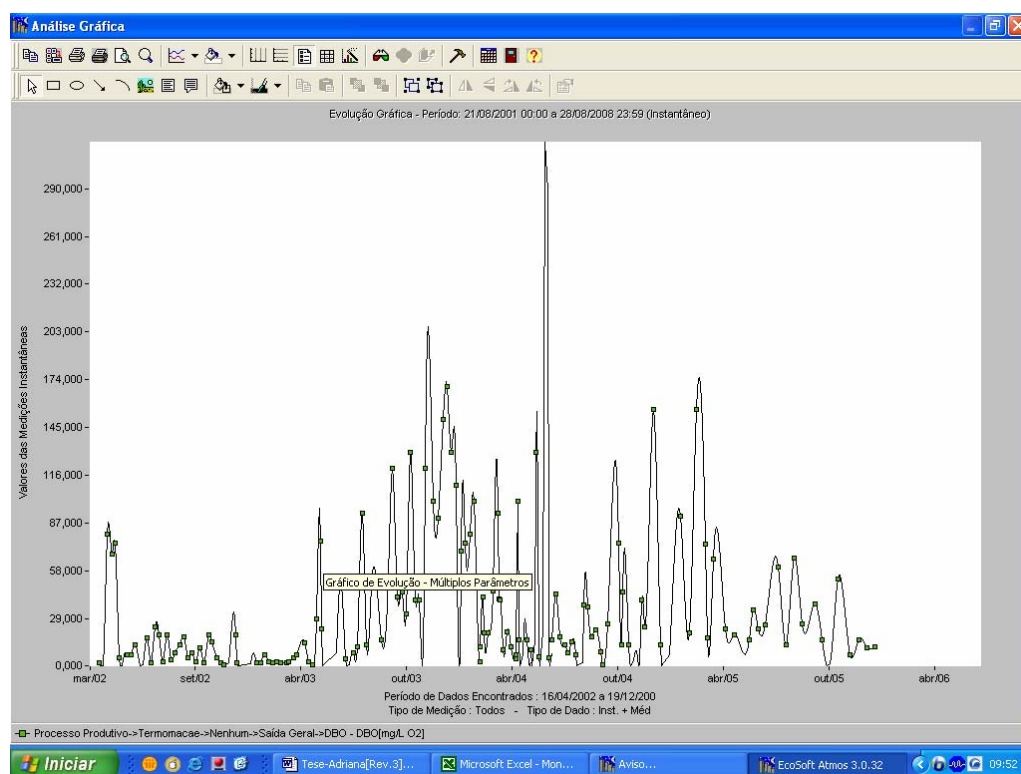
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Coliformes Fecais na saída geral de efluentes o período entre 2002 e janeiro de 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se relativamente instável, permitindo interpretar relação com os resultados de instabilidade também apresentados na Estação de Tratamento de Esgoto para os parâmetros RNFT e Materiais Sedimentáveis, indicando eventual necessidade de ajustes operacionais. A avaliação do parâmetro Coliformes Fecais na saída geral reforça a avaliação anteriormente mencionada

de oportunidade para melhorias no projeto da ETE, bem como oportunidade para ajustes de O&M.

Omo já mencionado, a UTE Mário Lago ainda prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, sendo recomendável considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade de ocorrência de Coliformes Fecais, sendo uma referência de boa prática buscar limites internacionalmente praticados para o parâmetro, como por exemplo o limite de 400/100mL do Banco Mundial.

#### 4.1.3.16 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro DBO na Saída Geral de Efluentes T212

O resultado da avaliação para o parâmetro Toxicidade na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 47.



**Ilustração 47 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro DBO na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro DBO não é regulado nem pela NT- 202 R10 da FEEMA nem pela Resolução CONAMA 357/05. A DZ 205 não estipula limite para DBO mas fala em eficiência de remoção mínima para carga orgânica biodegradável em relação a DBO para efluentes industriais. No caso da saída geral de efluentes o parâmetro deveria seguir a DZ 205 em termos de eficiência de remoção de DBO de 70% que é o caso para efluentes industriais. Neste sentido não há o tratamento de efluentes industriais no tanque de saída geral dos efluentes T212, o que seria uma oportunidade de melhoria, a qual já está sendo considerada pela UTE Mário Lago.

O limite atualmente aplicável para o parâmetro de DBO para a UTE Mário Lago é de 100 mg/L na Estação de Tratamento de Esgoto e não no T212 de acordo com a DZ-215 R.4 de setembro de 2007.

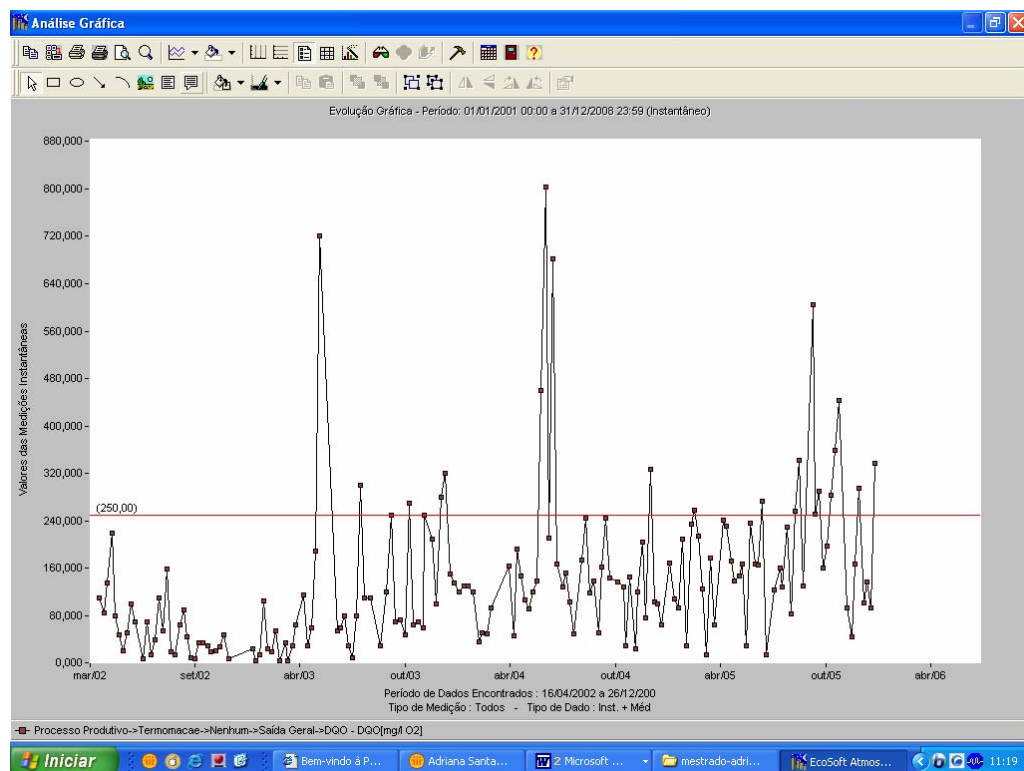
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro DBO no período entre os anos de 2002 e janeiro de 2006 mostra que o parâmetro apresentou ocorrências de instabilidade em 2003 e 2004 permitindo interpretar relação com a Estação de Tratamento de Esgoto, que, no período mencionado, não removeu satisfatoriamente a DBO de entrada necessitando de ajustes operacionais.

A partir de 2006 o parâmetro deixou de ser monitorado, o que foi consequência de uma série de reuniões com a FEEMA baseada nestes resultados do monitoramento.

A avaliação do parâmetro DBO indicam oportunidade para melhorias no projeto da ETE e da ETDI, bem como oportunidade para ajustes de O&M.

#### **4.1.3.17 Resultado de Avaliação de Conformidade para o parâmetro DQO na Saída Geral de Efluentes T212**

O resultado da avaliação para o parâmetro DQO na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 48



**Ilustração 48 – Análise Gráfica Apresentando Resultados do Monitoramento para o Parâmetro DQO na Saída Geral de Efluentes T212 no período de 2004 e 2005.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO) é regulado pela DZ 205-R5 uma vez que a legislação estadual não apresenta um valor específico de lançamento para a atividade das usinas termoelétricas, por isso foi adotado inicialmente pela usina o limite utilizado para as indústrias químicas e petroquímicas de 250 mg/L, e as Diretrizes Gerais do Banco Mundial definem o mesmo valor para este parâmetro.

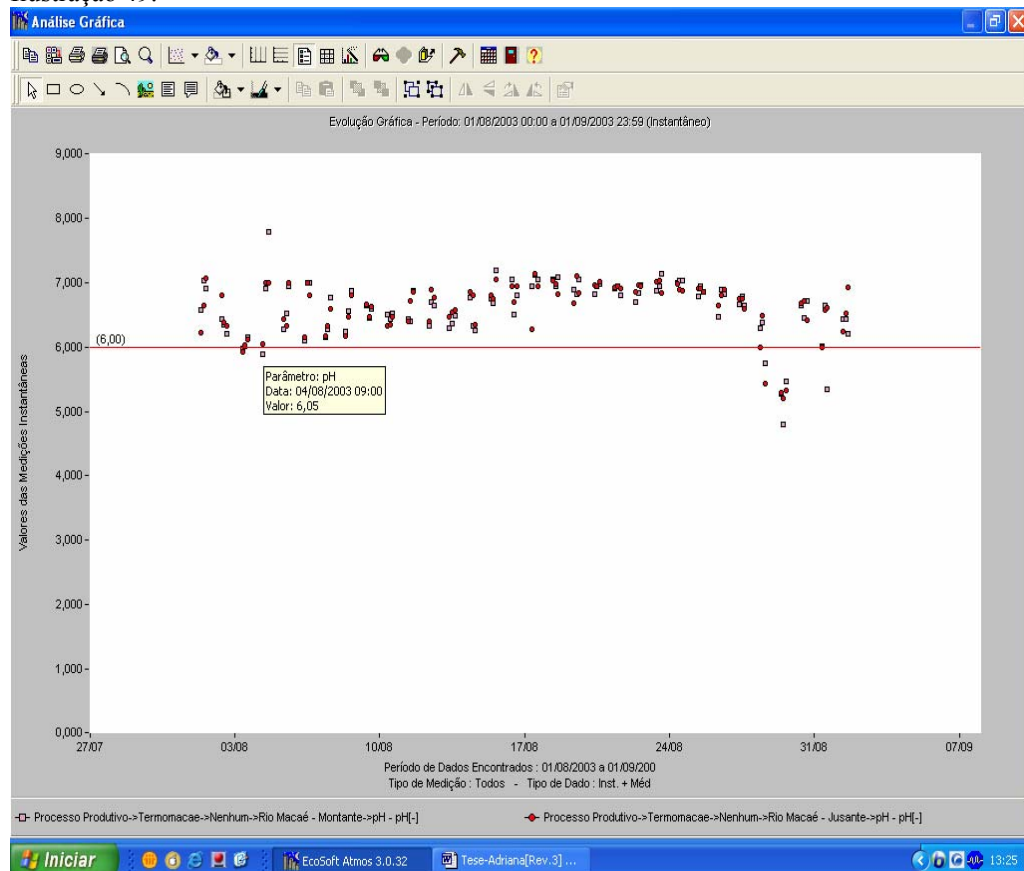
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro DQO no período entre os anos de 2002 e janeiro de 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se conforme na grande maioria das análises realizadas, apresentando algumas ocorrências de não conformidade nos meses de maio, julho, outubro de dezembro de 2003; maio, junho e dezembro de 2004; fevereiro, junho e entre agosto e dezembro de 2005, as quais podem ser observadas no gráfico acima. A partir de 2006 o parâmetro deixou de ser monitorado, o que foi consequência de uma série de reuniões com a FEEMA baseada nestes resultados do monitoramento.

A avaliação do parâmetro DQO indica oportunidade para melhorias no projeto de tratamento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### 4.1.4 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé

##### 4.1.4.1 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro pH

O resultado da avaliação para o parâmetro pH no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 49.



**Ilustração 49 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro pH**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

No monitoramento da qualidade da água no corpo hídrico receptor, o parâmetro pH é regulado pela Resolução CONAMA 357/05 artigo 15 que estabelece o limite entre 6,0 e 9,0.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro pH no Rio Macaé no período entre 2002 e 2008 mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade, ou seja, dentro dos limites da Resolução CONAMA 357/05 artigo 15, exceto algumas ocorrências, como por exemplo no dia 04/08/2003 tendo atingido o valor de 5,9 a montante do lançamento de efluentes da usina. No mesmo dia a análise a jusante revelou o valor de pH de 6,05, permitindo a interpretação de impacto positivo, ou seja, pode-se observar ligeira melhora da qualidade da água na referida ocorrência fora dos limites aceitáveis.

O valor mais baixo de pH observado no período selecionado do mês de agosto de 2003 foi de 4,80 no dia 29/08/2003, ocorrência também a montante do lançamento da usina, sendo que a análise de pH a jusante neste mesmo dia revelou também a interpretação de impacto positivo, ou seja, ligeira melhora da qualidade da água na referida ocorrência fora dos limites aceitáveis.

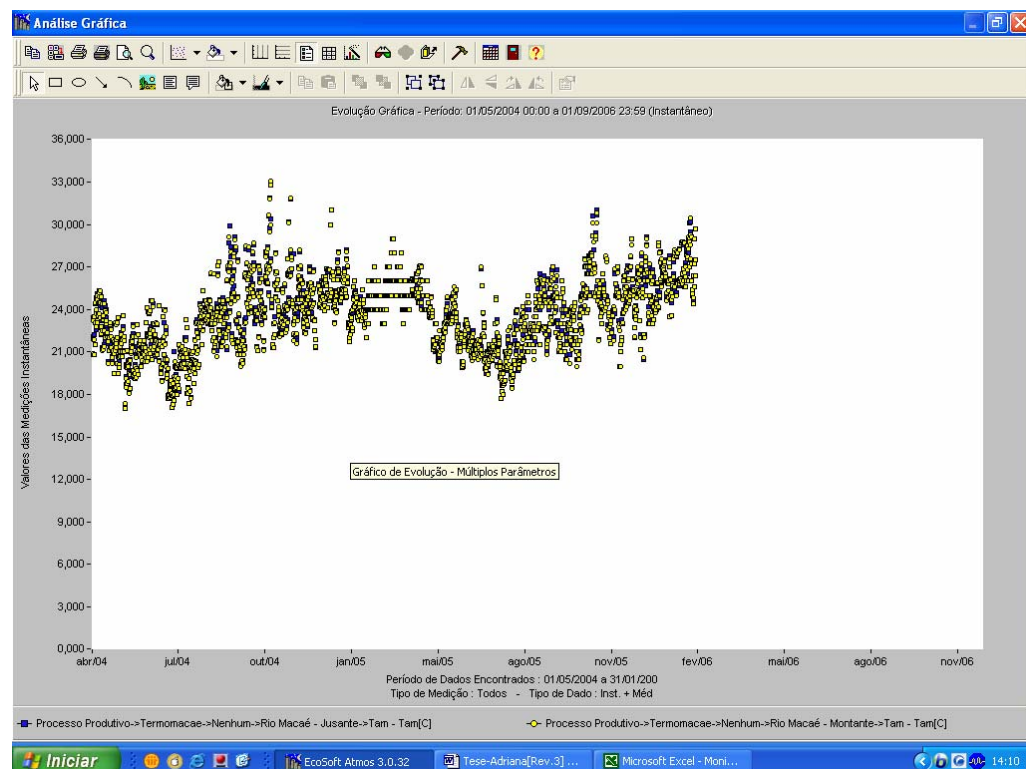
Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou-se dentro dos limites aceitáveis entre 6,0 e 9,0 na grande maioria das medições realizadas no rio Macaé tanto a montante quanto a jusante do lançamento de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, com raríssimas exceções, onde o pH tende a uma ligeira queda em relação ao limite inferior estabelecido para o parâmetro, chegando por exemplo a oscilar em torno de 5 nestas raras ocorrências analisadas.

De modo geral, o parâmetro pH monitorado no rio Macaé referente ao período entre 2002 e 2008 apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago, salvo raríssimas exceções, como por exemplo a ocorrência de não conformidade em relação ao parâmetro no dia 28/08/2003 quando o pH atingiu 5,75 a montante e 5,44 a jusante. Entretanto, a grande maioria dos dados estiveram em conformidade ao prescrito pelo CONAMA nº 20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.



#### 4.1.4.2 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Temperatura

O resultado da avaliação para o parâmetro Temperatura no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 50.



**Ilustração 50 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Temperatura.**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

No monitoramento da qualidade da água no corpo hídrico receptor, o parâmetro Temperatura é regulado pela Resolução CONAMA 357/05 artigo 15 que estabelece o limite máximo de 40°C e um aumento menor que 3°C na zona de mistura do efluente.

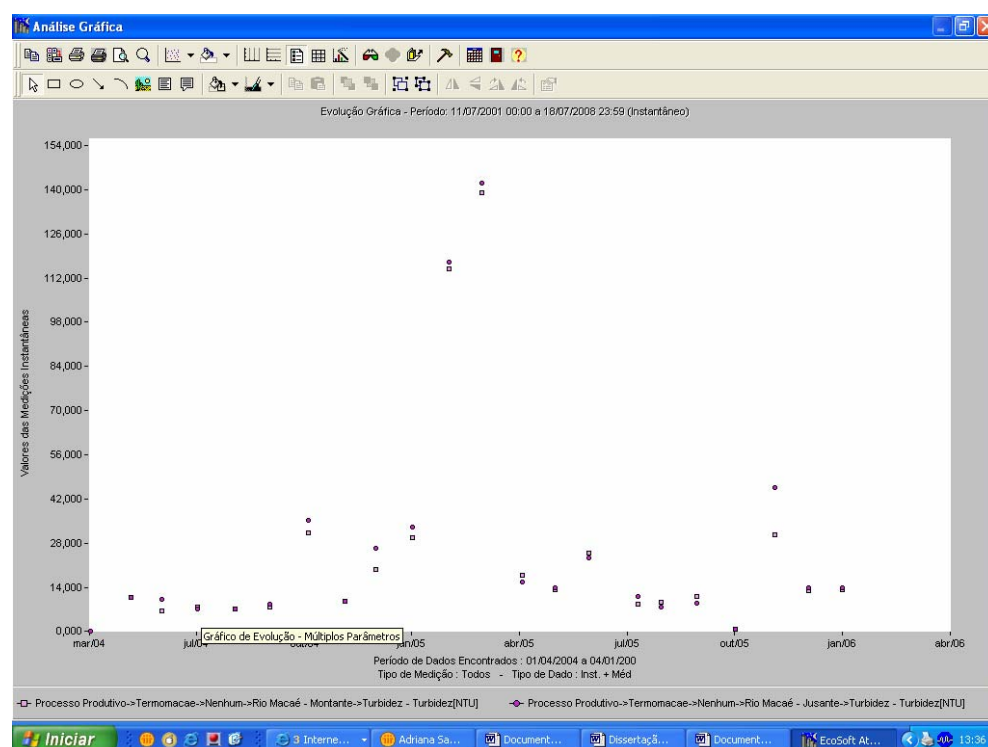
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Temperatura no rio Macaé no período entre 2004 e 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade total com os limites da Resolução CONAMA 357/05 artigo 15, sem apresentar nenhuma exceção. Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou-se também dentro dos limites aceitáveis de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o

monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, sem nenhuma ocorrência de não conformidade.

De modo geral, o parâmetro Temperatura monitorado no rio Macaé referente ao período entre 2002 e 2008 apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago. A grande maioria dos dados estiveram em conformidade ao prescrito pelo CONAMA nº 20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

#### 4.1.4.3 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Turbidez

O resultado da avaliação para o parâmetro Turbidez no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 51.



**Ilustração 51 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Turbidez**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Turbidez é regulado pela Resolução CONAMA 357/05 artigo 15 que estabelece o limite máximo de 100 NTU.

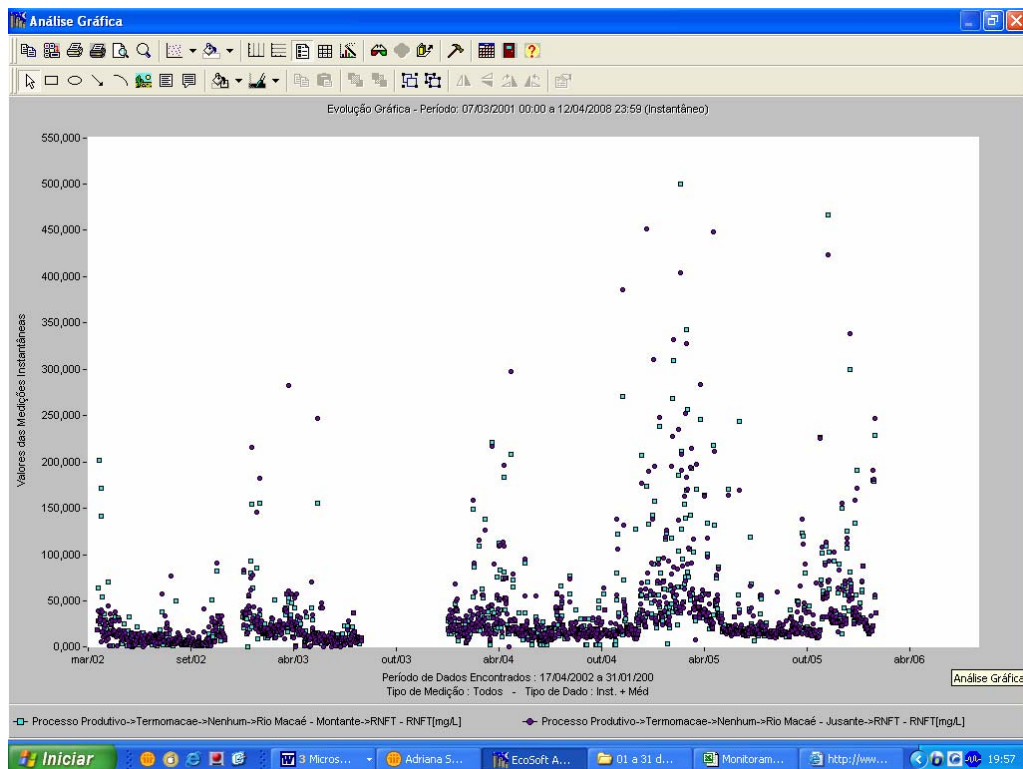
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Turbidez no rio Macaé no período entre 2004 e 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se em conformidade com os limites da Resolução CONAMA 357/05 artigo 15, com apenas duas ocorrências pontuais a montante e duas a jusante nos meses de fevereiro e março de 2005.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou-se também dentro dos limites aceitáveis de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, sem nenhuma ocorrência de não conformidade.

De modo geral, o parâmetro Turbidez monitorado no rio Macaé referente ao período entre 2002 e 2008 apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago. A grande maioria dos dados esteve em conformidade com a Resolução CONAMA nº 20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

#### **4.1.4.4 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro RNFT**

O resultado da avaliação para o parâmetro RNFT no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 52.



**Ilustração 52 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro RNFT**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

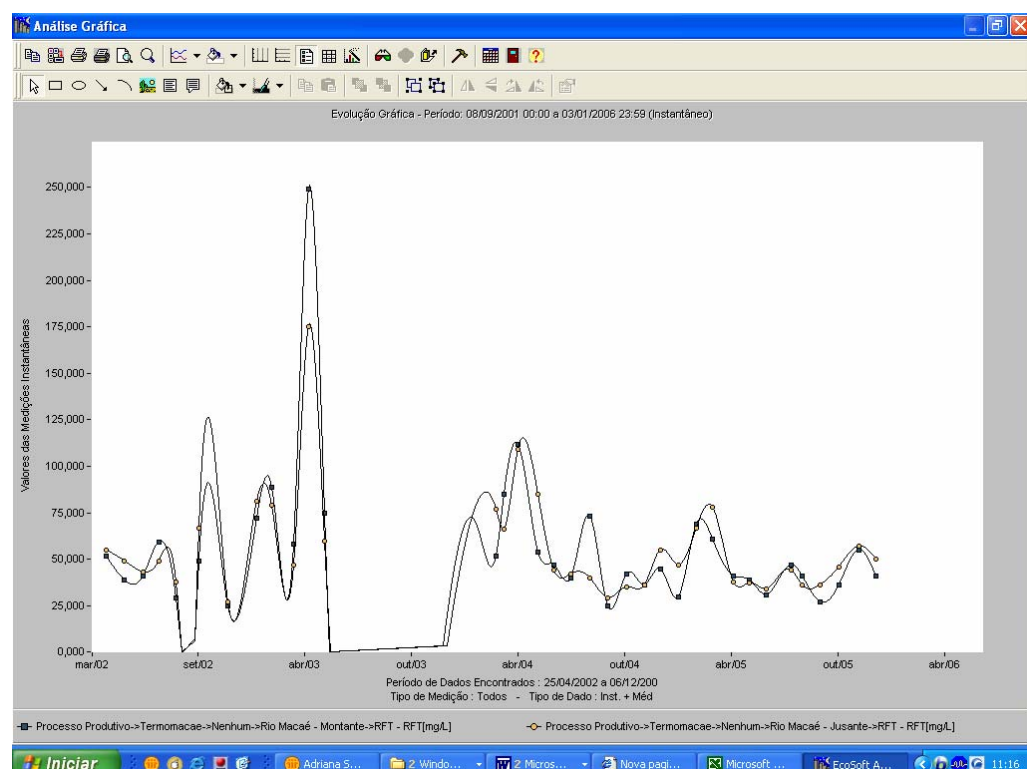
O parâmetro de resíduos não filtráveis total, também conhecido como sólidos totais em suspensão, não é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro RNFT no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se baixo na maioria das medições tendo atingido o valor máximo de 500 mg/L apenas em uma única ocorrência no dia 18/02/2005 e ainda assim a montante do lançamento da UTE Mário Lago. O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, salvo raríssimas exceções, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### 4.1.4.5 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro RFT

O resultado da avaliação para o parâmetro Resíduos Filtráveis Total no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 53.



**Ilustração 53 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro RFT entre os anos de 2002 e 2006**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

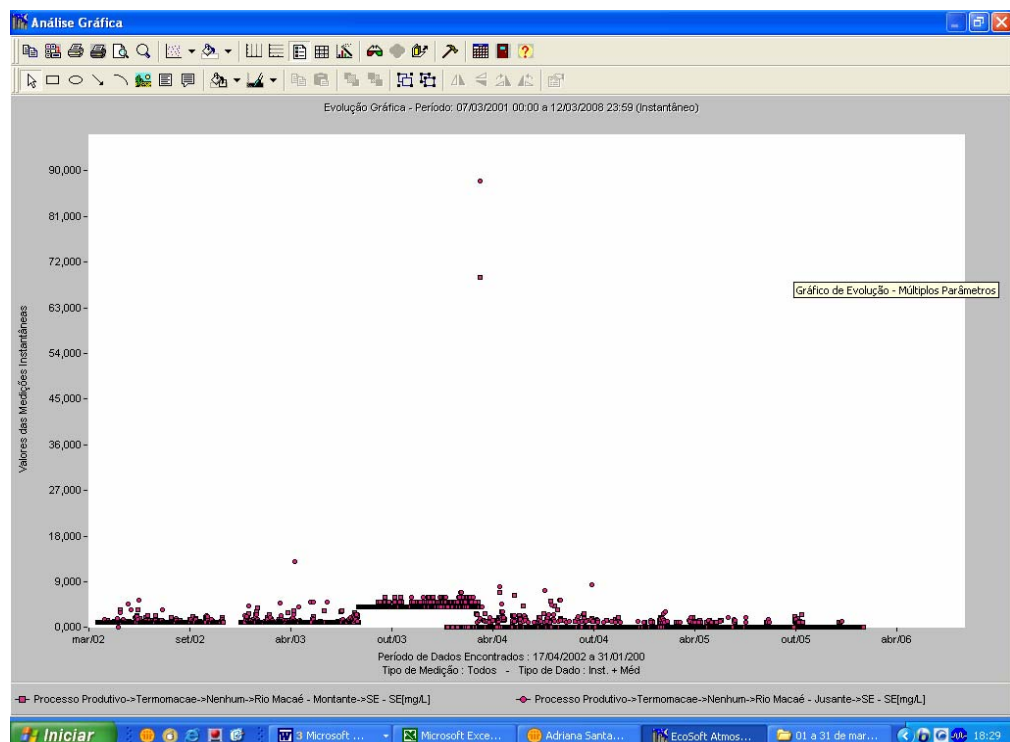
O parâmetro de resíduos filtráveis total, também conhecido como sólidos totais, é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357, tendo o limite de 500 mg/L.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro RFT no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se estável. O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago. Todos os resultados estiveram em conformidade com os limites da Resolução CONAMA 20/86 vigente na época e atualmente substituída pela Resolução CONAMA 357/05.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, salvo raríssimas exceções, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### **4.1.4.6 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Óleos e Graxas**

O resultado da avaliação para o parâmetro OG no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 54.



**Ilustração 54 – Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro OG**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Óleos e Graxas Minerais é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357, sendo seu limite definido como “virtualmente ausente” para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro OG no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 revela que na grande maioria das vezes o parâmetro apresentou-se abaixo de 1,0 mg/L que foi o limite de detecção do método analítico para medição do parâmetro.

O monitoramento do parâmetro óleos e graxas indicou que alguns resultados estiveram acima do valor de 1,0 mg/L, considerado pelo método de ensaio como limite para o virtualmente ausente, condição esta estabelecida pela Resolução CONAMA n.20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

Vários resultados estiveram em não conformidade, especialmente a montante do lançamento da usina, caracterizando impacto no rio Macaé, porém oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago, vindo de seções a montante do lançamento da usina.

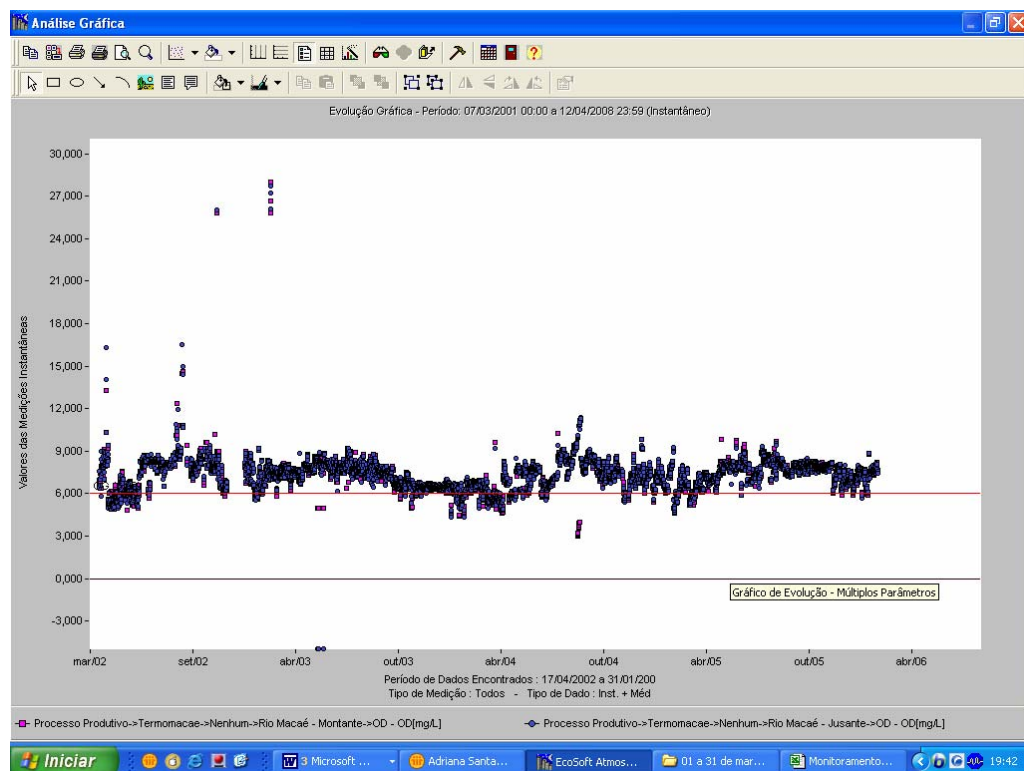
De um modo geral, o parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé porém não houve registro de impactos negativos por influência da UTE Mário Lago, com raríssimas exceções, por exemplo no dia 09/03/04, foi evidenciando alta concentração decorrente de um problema pontual ocorrido no SAO B, com transbordamento do óleo carreados para a saída geral dos efluentes da usina, o que foi observado no monitoramento do rio Macaé.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, salvo raríssimas exceções, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### **4.1.4.7 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro OD**

O resultado da avaliação para o parâmetro OD no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 55.





**Ilustração 55 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro OD**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Oxigênio Dissolvido é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357, sendo seu limite definido como não inferior a 6 mg/L para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro ODG no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 revela que na grande maioria das vezes o parâmetro apresentou-se acima de 6,0 mg/L, exceto alguns períodos como entre abril e junho de 2002, janeiro, outubro e novembro de 2003, entre janeiro e junho de 2004, novembro e dezembro de 2004, fevereiro e março de 2005, uma única ocorrência não conforme no mês de junho de 2005 e em janeiro de 2006, com algumas ocorrências menores que 6 mg/L de OD.

O monitoramento do parâmetro OD tanto a montante quanto a jusante do lançamento da usina indicou que alguns resultados estiveram abaixo do limite de 6,0 mg/L, estabelecido pela

Resolução CONAMA n.20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

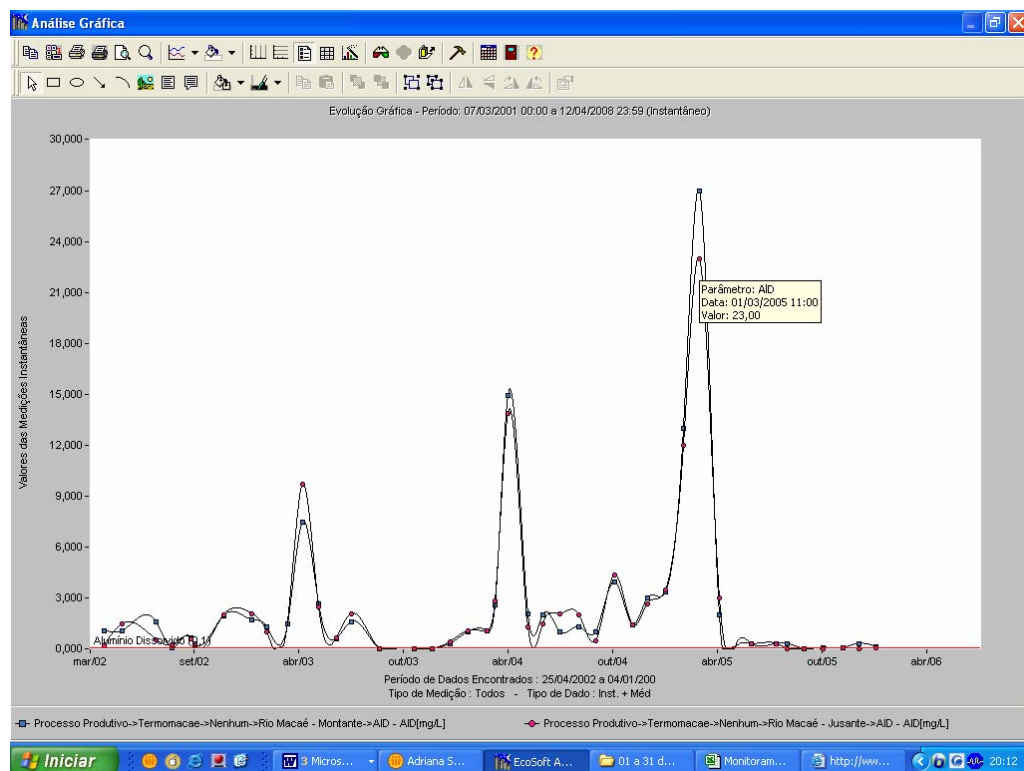
Vários resultados estiveram em não conformidade, especialmente a montante do lançamento da usina, caracterizando impacto no rio Macaé, porém oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago, vindo de seções a montante do lançamento da usina.

De um modo geral, o parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé porém não houve registro de impactos negativos por influência da UTE Mário Lago, salvo as exceções já mencionadas acima.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, salvo raríssimas exceções, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### **4.1.4.8 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Alumínio Dissolvido**

O resultado da avaliação para o parâmetro Alumínio no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 56.



**Ilustração 56 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Alumínio Dissolvido**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Alumínio Dissolvido é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357, sendo seu limite definido como 0,1 mg/L para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Alumínio Dissolvido no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 revela que na grande maioria das vezes o parâmetro já vem apresentando-se acima do limite de 0,1 mg/L a montante do lançamento de efluentes da usina, ou seja, a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro Alumínio Dissolvido já encontra-se fora do padrão para águas de classe 2 de acordo com o estipulado pela Resolução CONAMA n.20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

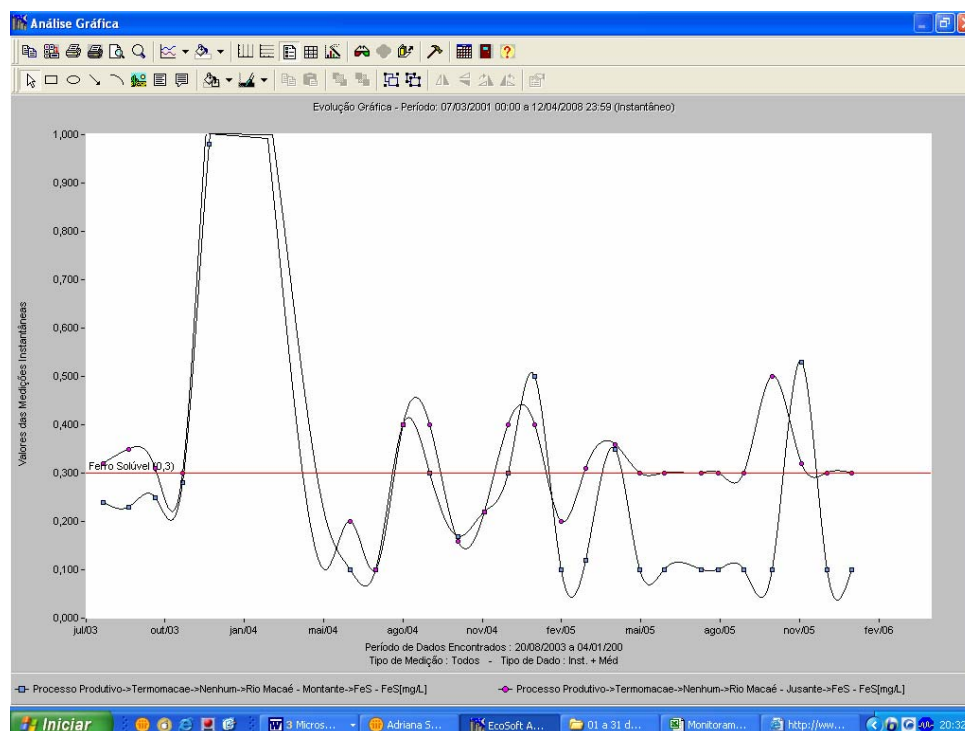
Estes resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé porém não houve registro de impactos negativos por influência da UTE Mário Lago.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### 4.1.4.9 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Ferro Solúvel

O resultado da avaliação para o parâmetro Ferro Solúvel no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 57.



**Ilustração 57 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Ferro Solúvel**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Ferro Solúvel, também chamado Ferro Dissolvido, é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357, sendo seu limite definido como 0,3 mg/L para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

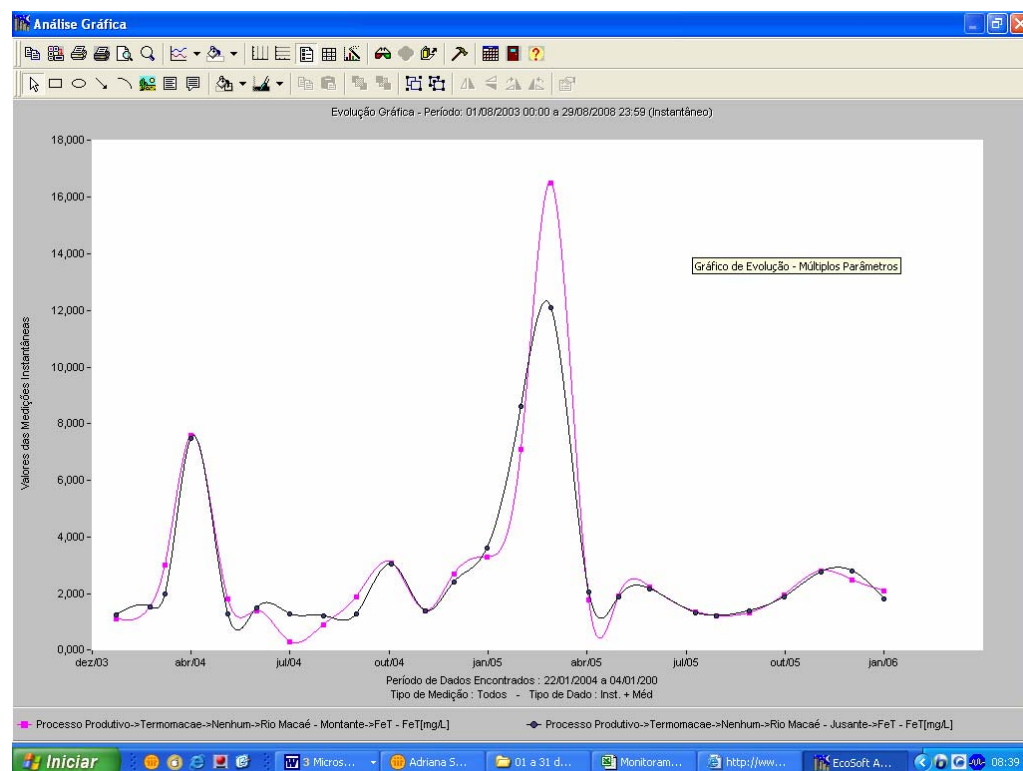
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Ferro Solúvel no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2006 revela que o parâmetro apresentou-se acima do limite de 0,3 mg/L por várias vezes em ocorrências tanto a montante quanto a jusante do lançamento de efluentes da usina, a saber: nos meses de agosto a outubro de 2003 as ocorrências foram a jusante, em dezembro de 2003 uma ocorrência a montante, em agosto, setembro e dezembro de 2004 ocorrências também a jusante. Em janeiro e novembro de 2005 as ocorrências acima do limite já vem desde a montante ou seja, a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro já encontra-se fora do padrão para águas de classe 2 de acordo com o estipulado pela Resolução CONAMA n.20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente. O impacto da usina nestes casos foi positivo, ou seja, de melhora na qualidade da água para aproximando mais o parâmetro de seu limite para águas de classe 2.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé vindo em alguns caso de origens a montante do lançamento da usina. Estes resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago. Entretanto, também algumas exceções ao limite em pontos a jusante do lançamento da usina, a saber: nos meses de março, abril e outubro de 2005, não atendendo aos limites estipulados na regulamentação brasileira.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### 4.1.4.10 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Ferro Total

O resultado da avaliação para o parâmetro Ferro Total no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 58.



**Ilustração 58 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Ferro Total**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Ferro Total não é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357 para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Ferro Solúvel no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2006 revela que o parâmetro apresentou-se similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. A análise gráfica permite a observação de uma ocorrência máxima de 16,49 mg/L em 01/03/2005 a montante do lançamento da usina e 12,09 mg/L a jusante. Este

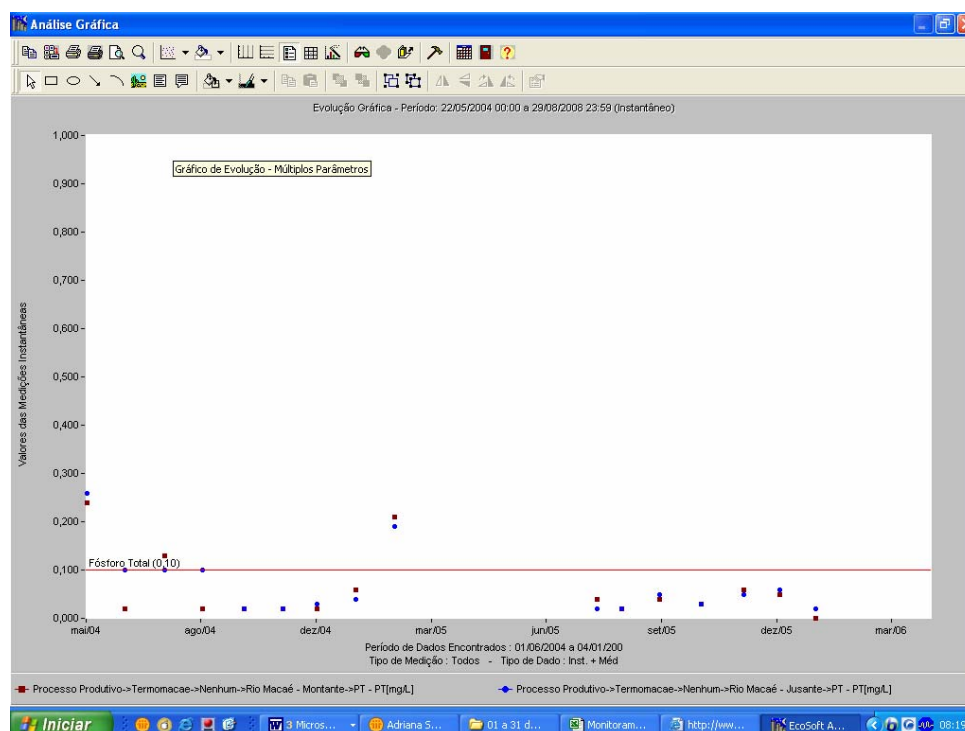
resultado mostra que o rio Macaé já veio com essa contribuição de Ferro Total, tendo sido observada uma diminuição neste valor após o lançamento de efluentes da usina.

Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir certo impacto positivo neste ponto monitorado.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### 4.1.4.11 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Fósforo Total

O resultado da avaliação para o parâmetro Fósforo Total no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 59.



**Ilustração 59 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Fósforo Total**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Fósforo Total é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357, sendo seu limite definido como 0,1 mg/L para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Fósforo Total no rio Macaé no período entre junho de 2004 e janeiro de 2006 revela que o parâmetro apresentou-se acima do limite de 0,1 mg/L tanto a montante quanto a jusante do lançamento de efluentes da usina, a saber: nos meses de junho e agosto de 2004, e fevereiro de 2005 com ocorrências vindas de trechos a montante do lançamento da usina. As ocorrências acima do limite vindas desde a montante indicam que a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro já se encontra fora do padrão para águas de classe 2 de acordo com o estipulado pela Resolução CONAMA n.20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

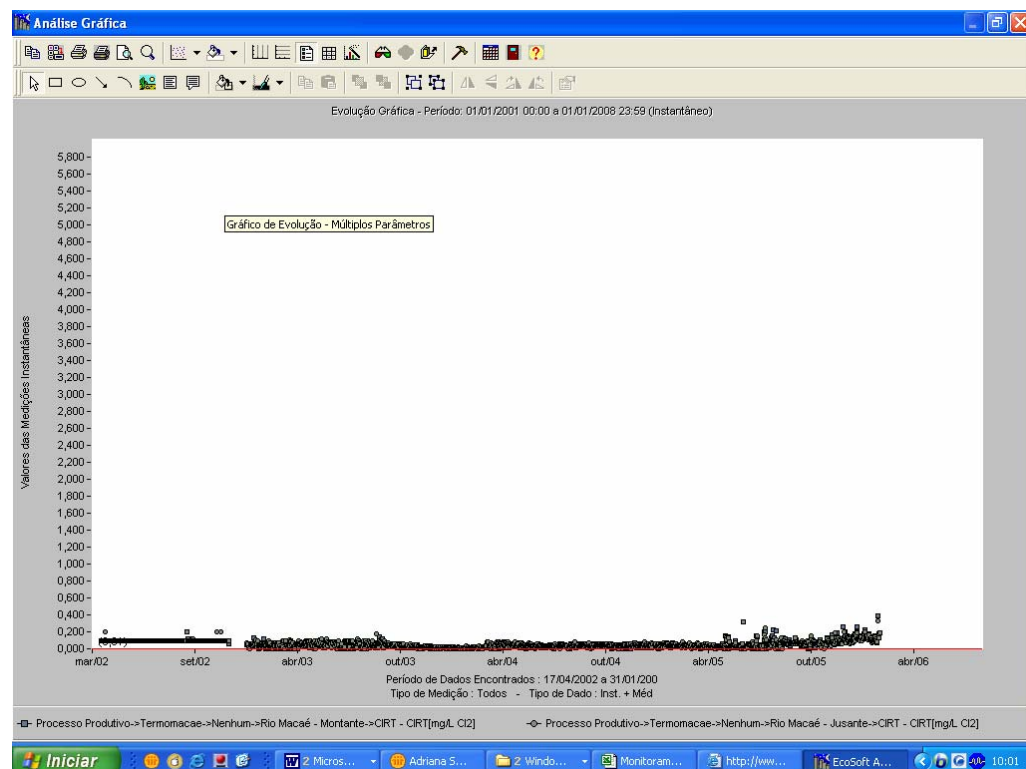
O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé vindo em alguns caso de origens a montante do lançamento da usina. Estes resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.



#### 4.1.4.12 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro cloro residual total

O resultado da avaliação para o parâmetro Cloro Residual Total na saída geral de efluentes é apresentado a seguir na Ilustração 60.



**Ilustração 60 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Cloro Residual Total**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Cloro Residual Total é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357, sendo seu limite definido como 0,01 mg/L para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Cloro Residual Total no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 revela que na grande maioria das vezes em que o parâmetro já vem apresentando-se acima do limite de 0,1 mg/L, as ocorrências são a montante do lançamento de efluentes da usina, ou seja, a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro Cloro Residual Total já encontra-se fora do padrão para águas de classe 2 de acordo com o estipulado pela Resolução CONAMA n.20/86,

vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

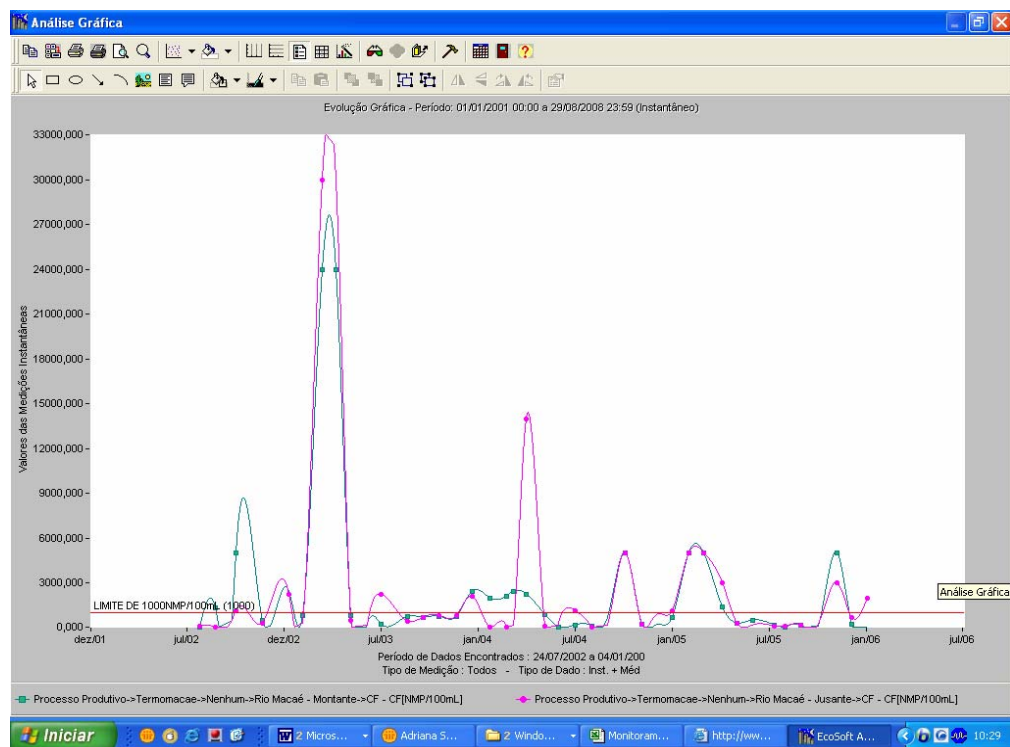
Estes resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### **4.1.4.13 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Coliformes Fecais**

O resultado da avaliação para o parâmetro Coliformes Fecais no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 61.



**Ilustração 61 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Coliformes Fecais**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Coliformes Fecais é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357, sendo seu limite definido como 1000 NMP/100mL para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Coliformes Fecais no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 revela a ocorrência de não conformidades, a saber em 01/10/2002, entre 21/12/2003 e 08/03/2004 e nos dias 01/02/2005 e 01/03/2005 o parâmetro apresentou valores superiores ao limite aplicável, entretanto a montante do lançamento de efluentes da usina, ou seja, a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro Coliformes Fecais já se encontrava fora do padrão para águas de classe 2 de acordo com o estipulado pela Resolução CONAMA n.20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

Os resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago. Entretanto, nos meses

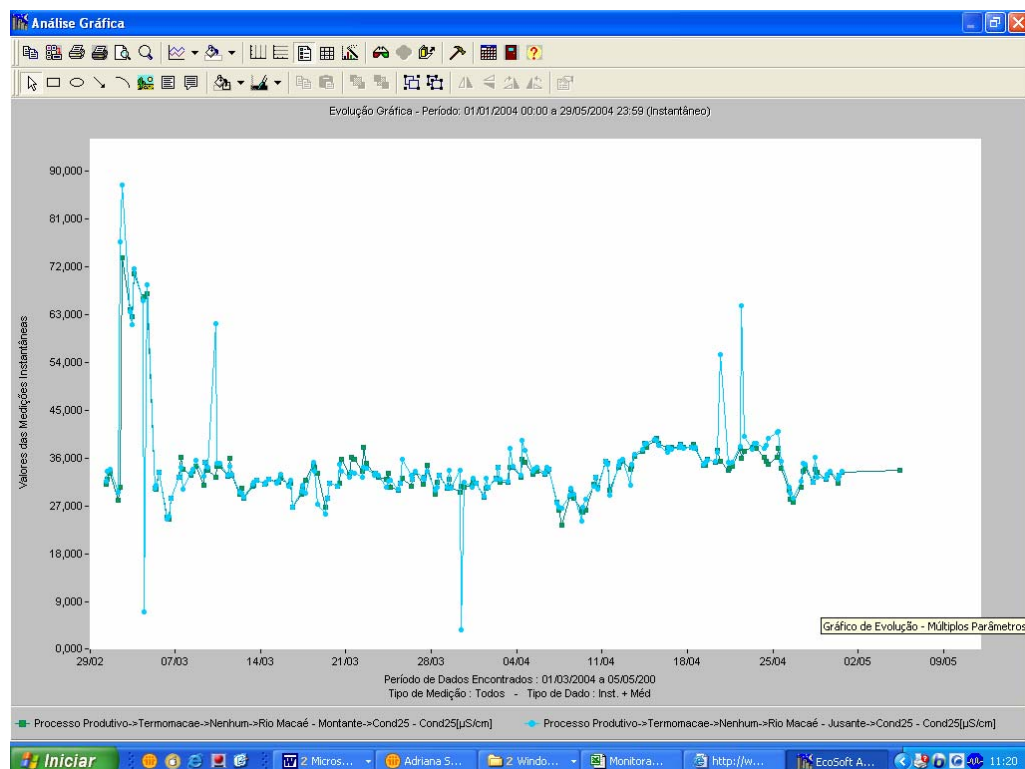
de fevereiro, março e abril de 2003 e no dia 01/04/2004 ocorreram não conformidades em relação ao parâmetro tanto a montante quanto a jusante do lançamento, atingindo um valor máximo de 30000 NMP/100mL de coliformes fecais e gerando um segundo pico de 14000 NMP/100mL a jusante do lançamento.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### **4.1.4.14 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Condutividade**

O resultado da avaliação para o parâmetro Condutividade no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 62.



**Ilustração 62 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro Condutividade**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro Condutividade para águas de classe 2 não é regulado pela Resolução CONAMA 357.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Condutividade no rio Macaé no período entre os meses de março e maio de 2004 não revela a ocorrência de não conformidades, uma vez que não há limites aplicáveis para o parâmetro nas regulamentações brasileiras para águas de classe 2, como é o caso do rio Macaé, corpo hídrico receptor dos efluentes da usina.

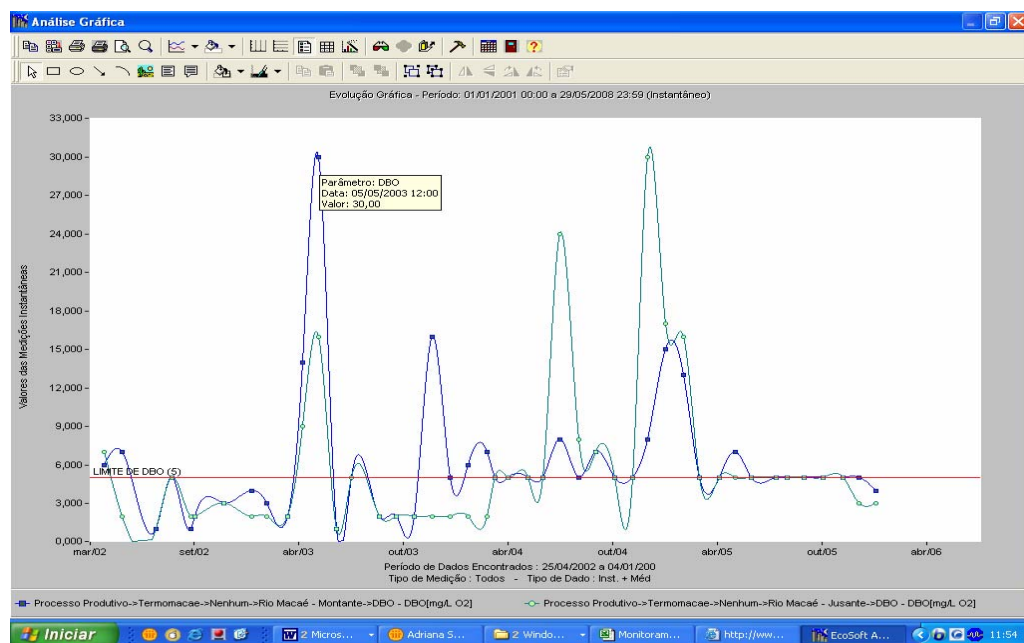
O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes, exceto em algumas ocorrências, a saber: no dia 10/03/2004 quando a medição a jusante atingiu um valor de 61,30  $\mu\text{S}/\text{Cm}$ , não apresentando tanta similaridade com a medição do parâmetro a montante neste dia. A mesma observação foi possível realizar nas ocorrências de picos a jusante nos dias

10/03/2004 e nos dias 20 e 22/04/2004. Entretanto, nos dias 04/03/2004 e 30/03/2004 pode-se observar valores de condutividade a jusante inferiores dos valores a montante.

A partir de meados de 2004 o parâmetro Condutividade deixou de ser monitorado pela usina.

#### 4.1.4.15 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro DBO

O resultado da avaliação para o parâmetro DBO no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 63.



**Ilustração 63 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro DBO**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro DBO é regulado no corpo hídrico receptor pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357, sendo seu limite definido como até 5 mg/L para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro DBO no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 revela a ocorrência de não conformidades tanto a montante quanto a jusante, a saber nos meses de abril de 2002; abril, maio e novembro de 2003; janeiro e fevereiro de 2004; julho, agosto, setembro e dezembro de 2004; janeiro,

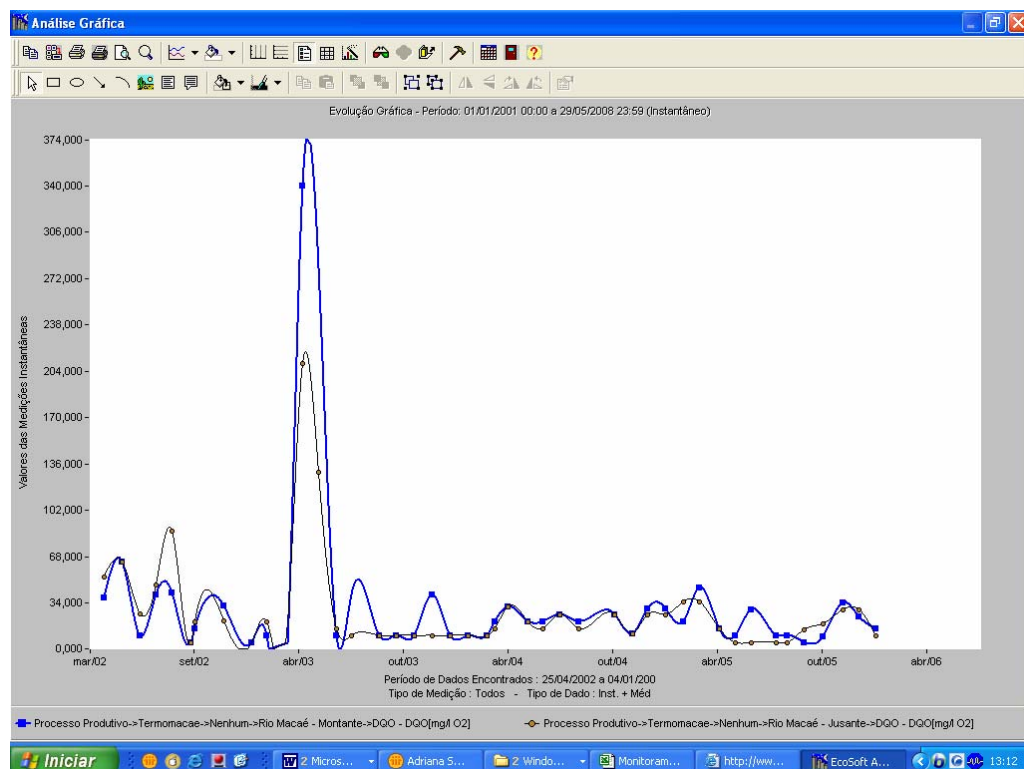
fevereiro e maio de 2005; quando o parâmetro apresentou valores superiores ao limite aplicável. Entretanto, as ocorrências não conformes a montante do lançamento de efluentes da usina indicam que a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro DBO já se encontrava fora do padrão para águas de classe 2 de acordo com o estipulado pela Resolução CONAMA n.20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente. Os resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

O parâmetro apresentou similaridade apenas em alguns pontos entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições, sendo observados valores não conformes a montante do lançamento, evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes na maioria das ocorrências. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé em relação ao parâmetro DBO.

De acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha Excel, em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes, bem como apresentou ocorrências de não conformidades a montante do lançamento da usina no rio Macaé evidenciando certo impacto no rio Macaé oriundo de fontes distintas da usina.

#### **4.1.4.16 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro DQO**

O resultado da avaliação para o parâmetro DBO no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 64.



**Ilustração 64 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro DBO**

Fonte: Elaboração Própria, 2008.

O parâmetro DQO não é regulado pelo artigo 15 da Resolução CONAMA 357 para águas de classe 2 como é o caso do rio Macaé.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro DQO no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 revela a maioria dos valores abaixo de 64 mg/L, não havendo não conformidades uma vez que não há limite aplicável para o parâmetro. Entretanto, pode-se observar picos no gráfico de DQO nos dias 22/08/2002 e 07/04/2003 quando o parâmetro registrou, respectivamente, os valores de 87 e 340 mg/L, sendo apenas o primeiro pico relativo ao ponto a jusante do lançamento da usina. O alto valor de 340 mg/L de DQO no pico mais alto do gráfico representa uma medição a montante do lançamento da usina, indicando que a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro já se encontrava alta, o que evidencia certo impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

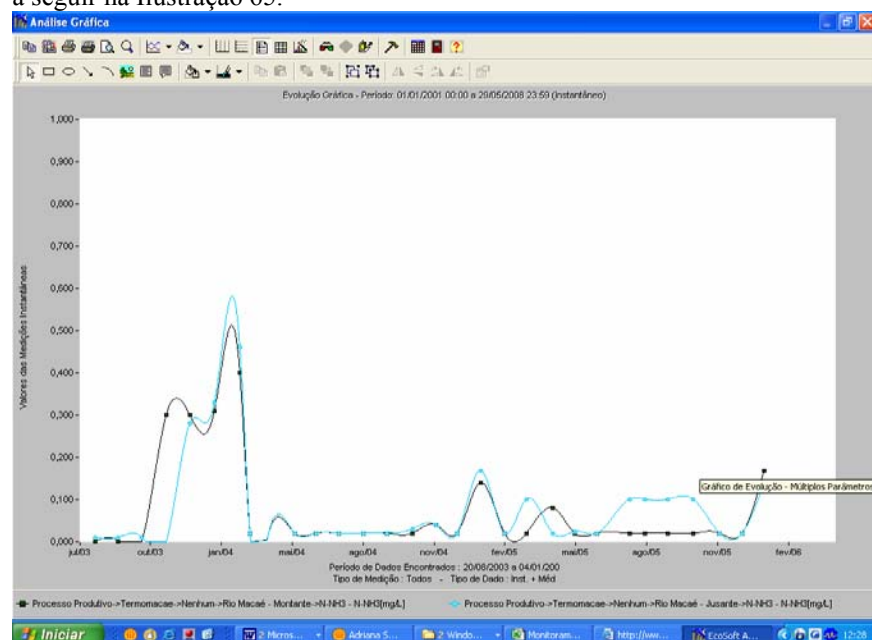


De um modo geral, o parâmetro apresentou similaridade nos pontos entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições, sendo observados alguns picos de DQO a montante do lançamento, evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes na maioria das ocorrências. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé em relação ao parâmetro DBO.

De acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha Excel, em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes, bem como apresentou ocorrências de não conformidades a montante do lançamento da usina no rio Macaé evidenciando certo impacto no rio Macaé oriundo de fontes distintas da usina.

#### 4.1.4.17 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro nitrogênio amoniacal

O resultado da avaliação para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 65.



**Ilustração 65 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro nitrogênio amoniacal**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Nitrogênio Amoniacal para águas de classe 2 não é regulado pela Resolução CONAMA 357 tendo o limite de 3,7 mg/L para o caso de  $\text{pH} < 7,5$ , que é o caso da usina conforme observado na análise do parâmetro pH.

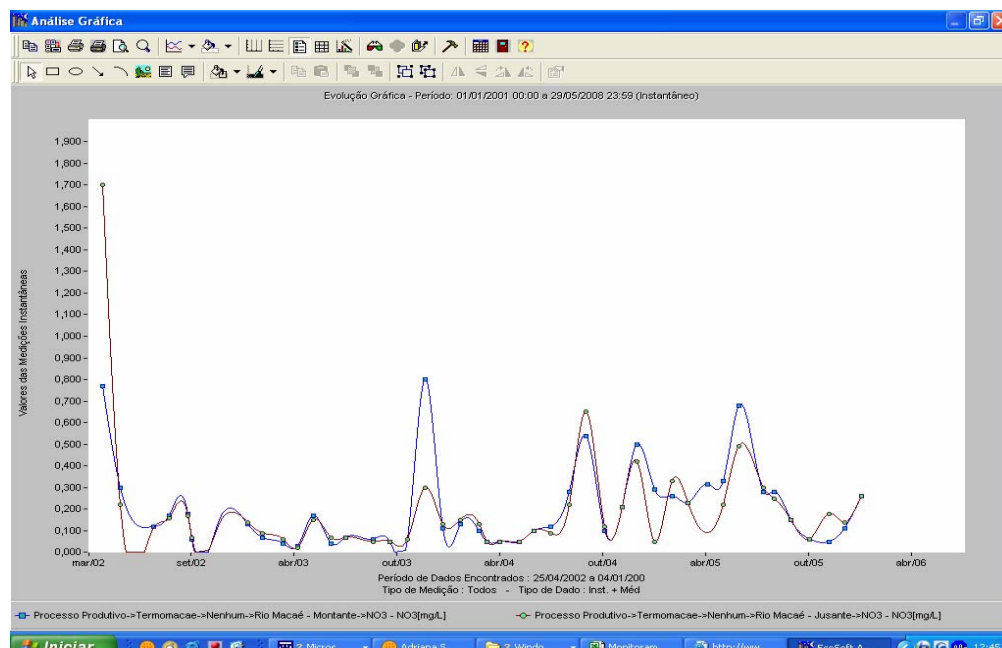
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2006 revela conformidade total, sem nenhuma exceção, uma vez todas as medições encontram-se abaixo do limite aplicável de 3,7 mg/L para o parâmetro.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de conformidade e similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### **4.1.4.18 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro nitrato**

O resultado da avaliação para o parâmetro Nitrato no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 66.



**Ilustração 66 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro nitrato**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Nitrato para águas de classe 2 é regulado pela Resolução CONAMA 357 tendo o limite de 10 mg/L.

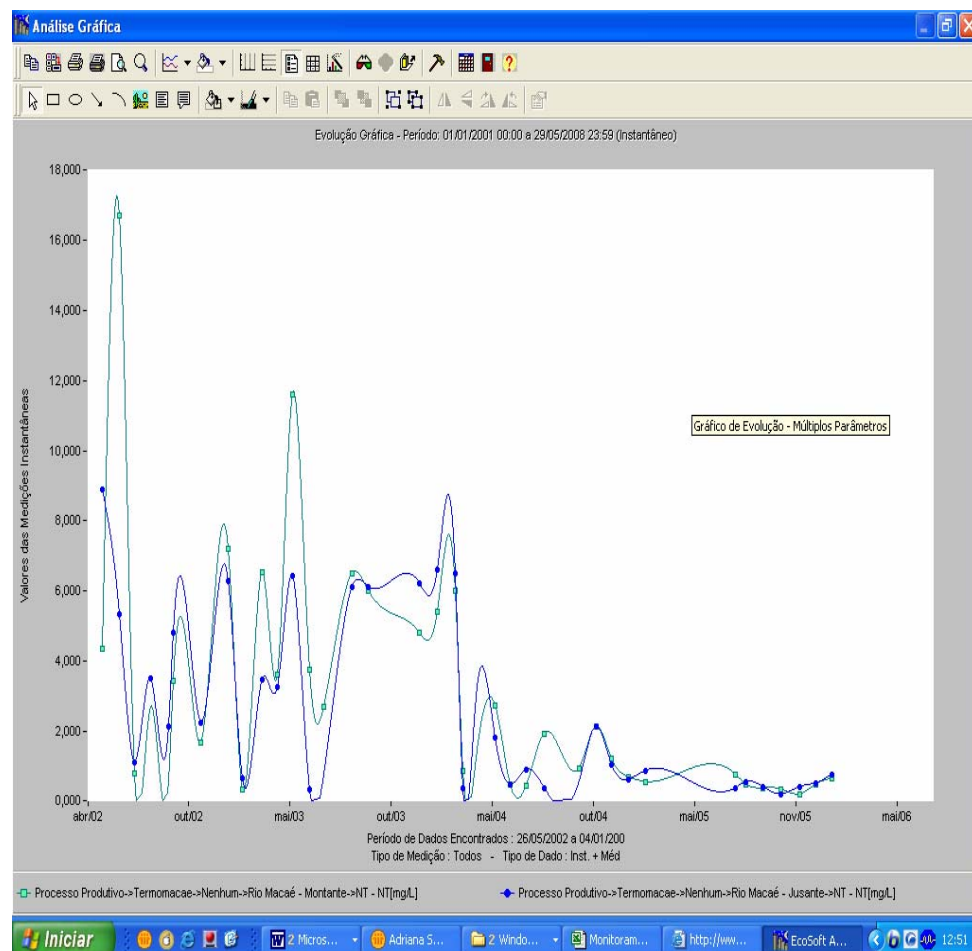
A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Nitrato no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2006 revela conformidade total, sem nenhuma exceção, uma vez todas as medições encontram-se abaixo do limite aplicável de 10 mg/L para o parâmetro.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de conformidade e similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### 4.1.4.19 Resultado de Avaliação de Conformidade no Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro nitrogênio total

O resultado da avaliação para o parâmetro Nitrogênio Total no rio Macaé é apresentado a seguir na Ilustração 67.



**Ilustração 67 - Análise Gráfica apresentando Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água no Rio Macaé para o parâmetro nitrogênio total**

Fonte: Elaboração Própria, 2008

O parâmetro Nitrogênio Total para águas de classe 2 não é regulado pela Resolução CONAMA 357. A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Nitrogênio total no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2006 revela que o parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do

efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago.

#### **4.1.4.20 Resultados do Monitoramento Biológico da Qualidade da Água no Rio Macaé**

Os Resultados do monitoramento da biota do Rio Macaé, referente às campanhas de amostragem realizadas em 2008 foram obtidos neste estudo de caso da UTE Mário Lago através de relatórios da empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago comparados com os resultados de monitoramentos realizados ao longo dos anos decorridos desde que a usina entrou em operação. A amostragem da biota referente aos parâmetros fitoplâncton, zooplâncton, perifiton e bentos teve como objetivo caracterizar a qualidade do Rio Macaé através desses bioindicadores, durante a etapa operacional da usina. A campanha de 2008 caracterizou-se por densidades populacionais fitoplanctônicas elevadas. As estações a jusante apresentaram maior abundância fitoplanctônica do que a estação a montante do lançamento do efluente. A comunidade foi muito pouco diversa. A cianobactéria *Synechocystis aquatilis* dominou maciçamente nas três estações de coleta e já havia sido registrada em abundâncias relativamente elevadas em julho de 2004. Pode-se ressaltar que o ponto a montante do lançamento apresentou a maior riqueza, enquanto a maior abundância de organismos zooplanctônicos foi registrada para o ponto a jusante do lançamento. Esta riqueza um pouco mais proeminente no ponto a montante do lançamento pode indicar, ainda que discretamente, uma melhor condição na qualidade da água. Já a maior abundância no ponto a jusante, principalmente pelas amebas testáceas, sugere melhores condições de crescimento populacional, o que normalmente parece estar associado a maior presença de nutrientes. A análise da comunidade bentônica demonstrou, com base nos índices de similaridade entre a seções, uma grande semelhança entre elas. A avaliação do monitoramento biológico continua indicando, através principalmente da comunidade perifítica, que deve estar ocorrendo algum impacto a montante deste trecho do Rio Macaé, promovendo um enriquecimento deste sistema. Os resultados de monitoramento da água no rio Macaé realizado na usina referente

aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, também permitiu detectar valores elevados para determinados parâmetros, em seções tanto a montante quanto a jusante do lançamento do efluente da usina, o que foi também observado com resultado do monitoramento biológico.

## 5 CONCLUSÕES

### 5.1 Considerações Finais e Recomendações

O gerenciamento hídrico ambiental em usinas termoeletricas brasileiras revelou a realização do monitoramento de efluentes e também o monitoramento de seu impacto no corpo hídrico receptor como sendo uma ferramenta de gestão ambiental amplamente utilizada sem diferenças significativas principalmente entre as termoeletricas. A afirmativa é verdadeira também para o caso do gerenciamento hídrico na indústria brasileira de modo geral, sendo observada através das visitas técnicas de campo, entrevistas e registros fotográficos realizados ao longo das etapas de elaboração desta pesquisa de dissertação. No âmbito do Parque Termoeletrico da Petrobrás, uma recomendação de melhoria seria a utilização de um sistema corporativo de dados que viabiliza o registro de todo o banco de dados relativo ao monitoramento de efluentes e monitoramento de qualidade de água em corpo hídrico receptor. As termoeletricas da Petrobrás ainda não possuem uma forma sistematizada a exemplo de um banco de dados gerenciáveis e na maioria das vezes são utilizadas planilhas individualizadas para cada unidade. O sistema corporativo Data Hidro será implantado nas referidas térmicas, o que já é um avanço, entretanto, este sistema ainda não dispõe de módulos específicos para o registro do monitoramento da qualidade da água, sendo limitado ao monitoramento dos efluentes, da água captada e dos valores cobrados nas outorgas. Recomenda-se a criação de módulos específicos que permitam, além da consulta de dados do monitoramento da água do corpo hídrico receptor, a realização de análises relacionais entre parâmetros diversos, análises estatísticas, relatórios de monitoramento, análises gráficas de evolução de medições, possibilidade de exportação de dados. Recomenda-se também que haja comunicação entre o sistema Data Hidro e o Sistema de Gestão por Resultados – SIGER para que seja eliminada a possibilidade de erro oriunda de alimentação manual de indicadores de efluentes.

No caso estudado mais especificamente, a Usina Termoeletrica Mário Lago, foi observado o atendimento às condicionantes de sua licença ambiental, a saber, Licença de Operação LO 439/2001, referente à implementação dos programas de monitoramento de efluentes líquidos e monitoramento de qualidade da água no corpo hídrico receptor, Rio Macaé.

O gerenciamento hídrico adotado pela UTE Mário Lago é aplicável a outras UTEs e Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, especialmente no que se refere à análise de resultados

através de comparações com limites de regulamentações aplicáveis em esfera estadual, nacional e internacional, a saber:

- Norma Técnica da FEEMA NT 202 R10 e diretrizes específicas deste órgão ambiental estadual do Rio de Janeiro, que tratam especificamente de controle de efluentes líquidos de origem industrial e sanitária;
- Resolução CONAMA 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e que substituiu a Resolução CONAMA 20/86 a partir de março de 2005;
- Referências de padrões internacionais como as Diretrizes de Meio Ambiente para Novas Plantas Termelétricas e as Diretrizes Ambientais Gerais do Banco Mundial de 1998.

No caso das térmicas e indústrias de outros estados deverá ser seguida a regulamentação estadual pertinente, sendo ainda aplicável as regulamentações em esfera nacional com caráter obrigatório e recomendações internacionais quando se desejar melhores práticas, entretanto, caberá ao órgão ambiental definir condicionantes nas respectivas licenças emitidas para cada empreendimento.

Considerações dos órgãos ambientais competentes à respeito da capacidade do corpo receptor, a vazão do mesmo, detalhamento específico para a zona de mistura e orientações sobre como deve ser feito o lançamento de efluente, se pontual, na margem ou no centro do corpo hídrico são pontos que merecem atenção especial nas etapas de licenciamento ambiental.

O gerenciamento hídrico ambiental da UTE Mário Lago também pode servir como referência para indústrias brasileiras e internacionais, observadas as particularidades de cada empreendimento expressas principalmente em suas respectivas licenças ambientais junto aos órgãos reguladores. Recomenda-se como melhoria a instalação de medidores de volume de água captada e lançada nas usinas termoelétricas e indústrias brasileiras, bem como constante monitoramento para fins de atendimento à outorgas de água bem como para uso futuro.

De modo geral, tanto a análise gráfica de evolução de medições no estudo de caso proposto para os parâmetros no período entre os anos de 2002 e primeiro semestre de 2008 quanto a análise da íntegra dos resultados da própria base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel mostram que a UTE Mário Lago lançou efluentes industriais em conformidade com as regulamentações brasileiras aplicáveis, e por vezes atingir níveis recomendáveis internacionalmente, entretanto, exceções foram observadas em determinados



sistemas e parâmetros em certos períodos monitorados, trazendo oportunidades de melhorias detalhadas mais a diante nos itens 5.1.1 a 5.1.4.

Conclui-se que a análise gráfica de evolução de medições realizada na UTE Mário Lago a partir da migração de banco de dados de monitoramento em planilha Excel para o Sistema SIA 3 Atmos mostrou-se eficiente ferramenta de gerenciamento ambiental para avaliação de qualidade de efluentes e corpo hídrico receptor.

### **5.1.1 Estação de Tratamento de Esgoto**

As análises da ETE para os parâmetros pH e Óleos e Graxas no período entre 2002 e janeiro de 2008 mostram que os parâmetros apresentaram-se em conformidade com os limites da NT-202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, exceto em uma única ocorrência no dia 03/02/2003 quando o pH atingiu o valor de 9,6 no efluente da ETE. A grande maioria das medições de OG foram menores que o limite de detecção do método.

Já em relação ao parâmetro RNFT, a análise dos dados permite concluir que a Estação de Tratamento de Esgoto não removeu satisfatoriamente os sólidos necessitando de ajustes operacionais, os quais foram perceptíveis através da análise dos dados entre os anos de 2004 e 2006 pois todos os resultados de RNFT revelaram uma melhora de performance da ETE, uma vez que os valores de RNFT estiveram em conformidade com o limite de 100 mg/L da DZ-215 R.4, exceto uma única ocorrência em junho de 2005. Ainda assim é recomendável que a UTE Mário Lago promova certos ajustes na ETE e o monitore o parâmetro RNFT não apenas no efluente de sua ETE, mas também no afluente de modo que passe a monitorar a ETE em termos de eficiência de remoção de RNFT para melhorar ainda mais a performance da estação de tratamento em busca de padrões internacionais e excelência em SMS.

Em relação ao parâmetro DBO foi possível observar ocorrências de instabilidade em 2004 permitindo concluir que a Estação de Tratamento de Esgoto não removeu satisfatoriamente a DBO de entrada necessitando de ajustes operacionais. A partir de 2005 a maior parte dos dados de DBO estiveram dentro dos limites de 30% eficiência de acordo com a diretriz DZ-215 vigente na época permitindo a interpretação de que ajustes operacionais foram realizados para melhorar a performance da ETE. Em relação aos anos de 2007 e 2008, a eficiência esteve acima do limite de 65% de remoção de DBO na maior parte dos dados apresentando instabilidade operacional em alguns períodos analisados.

O parâmetro Materiais Sedimentáveis na ETE apresentou ocorrências de instabilidade em 2003. Entre 2004 e 2006 a avaliação de performance do parâmetro indica que houve uma melhora operacional da ETE, com algumas ocorrências não conformes. A partir de 2004 e 2005 a maior parte dos dados estiveram dentro dos limites. Em relação aos anos de 2007 e 2008, o parâmetro também apresentou instabilidade. A avaliação do parâmetro Materiais Sedimentáveis frente aos limites aplicáveis da DZ 215 R4 reforça a avaliação anteriormente mencionada de oportunidade para melhorias na ETE.

A ETE da usina foi dimensionada inicialmente para 60 pessoas, sofreu um *upgrape* para 150 pessoas.

A avaliação da ETE apresenta oportunidade para melhorias de projeto para suportar a demanda atual com perspectiva de aumento de pessoal após a aquisição da usina pela Petrobrás, bem como necessita de ajustes de O&M.

Uma boa prática recomendável seria a contratação de empresa especializada em operação de tratamento de efluentes especialmente pelo motivo de não ser esta a finalidade de uma usina termoeletrica, já que seu produto final é a geração de energia elétrica e existem boas empresas no mercado com *expertise* e *know how*, muitas já trabalhando junto ao Sistema Petrobrás.

### **5.1.2 Sistemas Separadores Água e Óleo**

Os resultados das análises de OG e Sulfetos indicam a eficiência dos sistemas separadores de água e óleo da UTE Mário Lago.

A análise de Óleos e Graxas nos efluentes dos quatro SAOs existentes na usina revelou conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, exceto em uma única ocorrência pontual nos quatro SAOs no mês de maio de 2004. Esta ocorrência não se verificou na saída geral dos efluentes (T212) em nenhum dos dias do referido mês, quando todos os resultados de óleos e graxas estiveram abaixo do limite de 20mg/L. Referências internacionais do Banco mundial recomendam o limite de 10,0 mg/L de OG na saída geral de efluentes, o que também ocorreu dentro de especificação no referido período de maio de 2004.

Em relação aos anos de 2007 e 2008, os parâmetros OG e Sulfetos também apresentaram-se dentro dos limites aceitáveis com raríssimas exceções, quando foi necessário providenciar

limpeza do SAO ou solicitar descarte de água oleosa por meio de empresa licenciada pelo órgão ambiental através de sistema de manifesto de resíduo industrial.

### **5.1.3 Tanque de Saída Geral dos Efluentes T212**

A análise da vazão de saída dos efluentes no T212 mostrou plena conformidade com o limite da outorga de 12L/s, ou seja, 1036,8 m<sup>3</sup>/dia.

Em 2005 a grande maioria dos descartes de efluentes foram realizados com vazões de 85 m<sup>3</sup>/dia em no máximo três dias seguidos, tendo sido observados períodos de até 7 dias sem descarte algum, ou seja a vazão medida foi zero nestes casos.

A vazão máxima no período foi de 255 m<sup>3</sup>/dia.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008 a UTE Mário Lago chegou a apresentar períodos de até 25 dias com medição de vazão igual a zero na saída dos efluentes do T212 indicando longos períodos sem descarte em consequência da baixa demanda de operação da usina no período.

Entre fevereiro e julho de 2008 as ocorrências de medições de vazão iguais a zero foram de no máximo 6 dias, não tendo havido descarte de efluentes nestes dias. A usina a partir de fevereiro de 2008 voltou a operar praticamente em plena capacidade em função da demanda solicitada pelo Operador Nacional do Sistema - ONS.

A outorga exige como condicionante instalar e manter em funcionamento equipamentos de medição para monitoramento contínuo de volume de água captada e lançada, e neste sentido a UTE Mário Lago está não conforme uma vez que não possui medição contínua de seu volume de efluentes lançado no rio Macaé. Paliativamente, a usina realizou, e vem realizando até o momento do presente estudo de caso, medição de vazão de saída em seu efluente final no T212 por meio de operações em batelada.

Recomenda-se que a UTE Mário Lago considere em seu novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, a instalação de equipamentos para medição do volume de água captada e lançada. Paralelamente também é recomendável a contratação de empresa para realização de serviços externos de calibração e manutenção dos equipamentos de medição da usina em geral.

Em relação ao parâmetro OG, o T212 apresentou-se em conformidade com os limites da NT-202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, exceto em uma única ocorrência no dia 08/03/04 quando o OG ultrapassou o limite de 20,0 mg/L.

A grande maioria dos resultados das análises de OG no tanque de saída geral de efluentes reforça a conclusão a cerca da eficiência dos sistemas separadores de água e óleo a montante do T 212 da UTE Mário Lago.

O parâmetro Zinco no período entre os anos de 2002 e o primeiro trimestre de 2004 revelou-se em conformidade total em relação às regulamentações brasileiras aplicáveis e referências internacionais nos primeiros anos de operação da usina. A partir do segundo trimestre de 2004 até o ano de 2007 o parâmetro apresentou certa instabilidade associada à ocorrência de processos corrosivos nas Torres de Resfriamento e tratamento químico anticorrosivos potencialmente ineficiente.

A partir de janeiro de 2008 a avaliação de performance do parâmetro Zinco indica que houve uma melhora operacional com a introdução de agentes passivadores para controle de corrosão e incrustação à base de fosfato no controle químico das Torres de Resfriamento. Esta ação foi solicitada pela área de SMS através do Setor de Laboratório Químico. O parâmetro apresenta-se desde então em conformidade total em relação às regulamentações brasileiras aplicáveis e boas práticas de referências internacionais como, por exemplo, as diretrizes do Banco Mundial.

Os resultados de análises mensais de Zinco realizadas a partir de março de 2005 no rio Macaé, corpo hídrico receptor dos efluentes da usina, revelam similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago, ou seja, não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago. Os resultados de Zinco no corpo hídrico receptor estiveram em conformidade com a Resolução CONAMA nº 20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

O parâmetro Materiais sedimentáveis na saída geral de efluentes o período entre 2002 e janeiro de 2008 apresentou-se em conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, com algumas exceções relacionadas à instabilidade também apresentada na Estação de Tratamento de Esgoto para o mesmo parâmetro indicando eventual necessidade de ajustes operacionais. A avaliação do parâmetro Materiais Sedimentáveis na

saída geral reforça a avaliação a oportunidade para melhorias no projeto da ETE, bem como oportunidade para ajustes de O&M.

O projeto da nova estação foi uma solicitação da área de SMS e já está sendo providenciado pela UTE Mário Lago, estando em fase de licitação no momento deste estudo de caso, sendo previsto para ser projetado em 2008 e implantado até o ano de 2009 para melhorar ainda mais a performance da usina em busca de padrões de excelência de SMS.

O parâmetro Alumínio apresentou-se em conformidade com a NT- 202 R10 da FEEMA, entretanto, com a introdução de policloreto de Alumínio como agente coagulante no tratamento químico da ETA, recomenda-se monitorar o parâmetro de modo a garantir que haja controle do lançamento de teores de Alumínio nos efluentes provenientes da ETA. Resultados de ensaios de caracterização de efluentes realizados em 2008, com a usina a plena carga, frente aos principais parâmetros e limites da NT- 202 R10 da FEEMA, revelaram a presença de Alumínio e Fósforo em quantidades superiores aos limites aplicáveis, fato este que reforça a recomendação de monitorar o parâmetro e controlar teores de Alumínio nos efluentes da UTE Mário Lago.

O parâmetro pH na saída geral de efluentes o período entre 2002 e 2005 apresentou-se em conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, exceto algumas ocorrências que foram devidamente neutralizadas manualmente através da adição de neutralizantes para garantir a conformidade dos efluentes da UTE Mário Lago.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou-se dentro dos limites aceitáveis entre 6,0 e 9,0 em todas as medições realizadas na saída geral de efluentes de acordo com a análise dos resultados da base de dados não importada para o Atmos, através de planilha excel disponibilizada pela empresa contratada para o monitoramento dos efluentes da UTE Mário Lago, sem nenhuma ocorrência de não conformidade nestes três últimos anos.

O parâmetro RNFT no período entre abril de 2002 e janeiro de 2008 apresentou-se abaixo do limite recomendável na grande maioria das medições, entretanto recomenda-se o monitoramento do parâmetro RNFT em pontos de afluente e efluente da ETE, antes do ponto de saída geral dos efluentes, de modo a permitir um monitoramento da eficiência de remoção de RNFT para melhorar ainda mais a performance da estação de tratamento, em busca de padrões internacionais. Assim será evitada a ocorrência do arraste de sólidos para o tanque de saída geral dos efluentes.

Como já mencionado, a UTE Mário Lago ainda prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, que deverá considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade de ocorrência eventual de RNFT acima de limites recomendáveis.

O parâmetro Temperatura na saída geral de efluentes o período entre 2002 e 2008 apresentou-se em conformidade total com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA e da Resolução CONAMA 357/05, sem apresentar nenhuma exceção. Este resultado também é evidenciado na análise do parâmetro no rio Macaé, o qual não causou alteração na qualidade da água do corpo hídrico receptor.

O parâmetro Cloro Residual Total apresentou-se em conformidade com os limites da NT- 202 R10 da FEEMA em todas as medições realizadas na saída geral, sem nenhuma ocorrência de não conformidade.

O parâmetro Ortofosfato no período entre os anos de 2002 e janeiro de 2006 revela conformidade em relação às regulamentações de referência internacional do Banco Mundial, com apenas três ocorrências não conformes, revelando certa instabilidade ao longo do ano de 2005.

Recomenda-se monitorar o parâmetro de modo a garantir que haja controle do lançamento de teores de fósforo nos efluentes provenientes do *blow down* das Torres de Resfriamento e, a pesar de não haver limites estipulados na regulamentação brasileira para este parâmetro, é recomendável a utilização de referências internacionais como, por exemplo, as Diretrizes do Banco Mundial, que recomendam o limite máximo de 6,0 mg/L de fósforo no lançamento de efluentes.

O parâmetro Fósforo Total no período do ano de 2002 e ao longo de 2003 revela conformidade em relação à NT- 202 R10 da FEEMA, com apenas três ocorrências não conformes, revelando certa instabilidade nos anos de 2004 e 2005.

Resultados de ensaios de caracterização de efluentes realizados em 2008, com a usina a plena carga, revelaram presença de Fósforo em quantidades superiores aos limites aplicáveis, assim recomenda-se monitorar o parâmetro de modo a garantir que haja controle do lançamento de teores de fósforo nos efluentes provenientes do *blow down* das Torres de Resfriamento com objetivo de garantir conformidade com o limite máximo de 1,0 mg/L de fósforo no lançamento de efluentes, dada a possibilidade eventual de ocorrência de fósforo proveniente

da introdução de fosfato no tratamento químico e eventuais problemas no controle químico ou mesmo dosagens de fosfato fora de controle.

O parâmetro Toxicidade no período do ano de 2004 e ao longo de 2005 revela conformidade em relação à NT- 213 R4 da FEEMA, sendo possível concluir que o ensaio de toxicidade realizado com amostras mensais coletadas em 2004 e 2005 na saída geral dos efluentes da usina indicou que, sem nenhuma diluição no laboratório, o efluente gerado não causou efeito letal em peixes.

O parâmetro Cobre no período entre os anos de 2002 e 2006 revela conformidade, salvo raras exceções, em relação às regulamentações brasileiras aplicáveis e referências internacionais do Banco Mundial, associadas a processos corrosivos nos condensadores dos *Chillers* ligados às Torres de Resfriamento e tratamento químico anticorrosivos potencialmente ineficiente.

A partir de janeiro de 2008, com a introdução de agentes passivadores no tratamento químico para controle de corrosão e com base nos resultados de ensaios de caracterização de efluentes realizados em 2008 com a usina a plena carga, frente aos principais parâmetros e limites da NT- 202 R10 da FEEMA, pode-se concluir que o parâmetro cobre foi completamente controlado pela UTE Mário Lago, uma vez que não houve mais nenhuma ocorrência de teores de cobre acima do limite de 0,5 mg/L.

A UTE Mário Lago prevê melhorias em sua unidade, através de um novo projeto de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, sendo também recomendável considerar, entre outros parâmetros, a possibilidade eventual de ocorrência de cobre proveniente de eventuais processos corrosivos oriundos de problemas no controle químico.

O parâmetro Ferro Solúvel no período entre os anos de 2002 e 2006 revela conformidade total, sem nenhuma exceção, em relação às regulamentações brasileiras aplicáveis. A partir de 2006 o parâmetro deixou de ser monitorado, o que foi consequência de uma série de reuniões com a FEEMA baseada nestes resultados do monitoramento.

O resultado da análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro Ferro Total foi analisado no ano de 2004, obtida através de análises semanais realizadas nos meses de janeiro a abril, também revela conformidade total.

O parâmetro Coliformes Fecais na saída geral de efluentes o período entre 2002 e janeiro de 2006 apresentou-se relativamente instável, estando relacionado com a instabilidade observada na Estação de Tratamento de Esgoto para os parâmetros RNFT e Materiais Sedimentáveis, indicando eventual necessidade de ajustes operacionais. A avaliação do parâmetro Coliformes

Fecais na saída geral reforça a avaliação anteriormente mencionada de oportunidade para melhorias no projeto da ETE, bem como oportunidade para ajustes de O&M.

É recomendável considerar na ETDI, entre outros parâmetros, a possibilidade de ocorrência de Coliformes Fecais, sendo uma referência de boa prática buscar limites internacionalmente praticados para o parâmetro, como por exemplo o limite de 400/100mL do Banco Mundial.

A DZ 205 não estipula limite para DBO mas fala em eficiência de remoção mínima para carga orgânica biodegradável em relação a DBO para efluentes industriais. No caso da saída geral de efluentes o parâmetro deveria seguir a DZ 205 em termos de eficiência de remoção de DBO de 70% que é o caso para efluentes industriais. Neste sentido não há o tratamento de efluentes industriais no tanque de saída geral dos efluentes T212, o que seria uma oportunidade de melhoria para a UTE Mário Lago.

O parâmetro DBO no período entre os anos de 2002 e janeiro de 2006 mostra ocorrências de instabilidade em 2003 e 2004 relacionada à Estação de Tratamento de Esgoto, que, no período mencionado, não removeu satisfatoriamente a DBO de entrada necessitando de ajustes operacionais.

O parâmetro DQO no período entre os anos de 2002 e janeiro de 2006 apresentou-se conforme na grande maioria das análises realizadas, apresentando algumas ocorrências de não conformidade.

A avaliação do parâmetro DQO indica oportunidade para melhorias no projeto de tratamento dos efluentes da usina.

É recomendável a UTE Mário Lago considerar a instalação de medidores de volume de água lançada e captada, bem como a possibilidade eventual de ocorrência de violações em relação a parâmetros como por exemplo óleos e graxas, zinco, materiais sedimentáveis, alumínio, pH, resíduos não filtráveis totais, temperatura, cloro residual total, fósforo, ortofosfato, cobre, ferro solúvel, coliformes, DBO e DQO, mesmo que estes tenham apresentado não conformidades apenas em certos períodos.

Em busca de excelência, recomenda-se considerar operação da ETE e ETDI com automação total e amigável da estação de tratamento de efluentes e de esgoto, através de um PC com um supervisor, sinais de alarme e possibilidade de monitoramento a distância. Recomenda-se que o projeto executivo seja apresentado a UTE Mário Lago em etapas intermediárias à execução do projeto. O Projeto deverá considerar a legislação e normas técnicas vigentes na



data de sua execução, levando em consideração minimamente a Resolução CONAMA 357/05, NT-202 R.10, DZ-205, DZ-215 e Outorga de Água da usina.

#### **5.1.4 Qualidade da Água no Rio Macaé**

Algumas ocorrências de pH fora dos limites aplicáveis foram observadas a montante do lançamento de efluentes da usina permitem concluir impacto positivo, podendo se observar ligeira melhora da qualidade da água.

Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago, salvo raríssimas exceções.

De modo geral, o parâmetro pH monitorado no rio Macaé referente ao período entre 2002 e 2008 apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago, tendo se apresentado em conformidade com a Resolução CONAMA nº 20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme o artigo 15 da Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

O parâmetro Temperatura no rio Macaé no período entre 2004 e 2008 apresentou-se em conformidade total com os limites aplicáveis, sem apresentar nenhuma exceção, apresentando similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Pode-se concluir, referente a este parâmetro, que não houve impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago.

O parâmetro Turbidez no rio Macaé no período entre 2004 e 2006 apresentou-se em conformidade com os limites, com apenas duas ocorrências pontuais a montante e duas a jusante nos meses de fevereiro e março de 2005.

Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, o parâmetro apresentou-se também dentro dos limites aceitáveis, sem nenhuma ocorrência de não conformidade.

De modo geral, o parâmetro Turbidez monitorado no rio Macaé referente ao período entre 2002 e 2008 apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Pode-se concluir que não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago, tendo sido observado que a grande maioria dos dados esteve em conformidade com a Resolução

CONAMA nº 20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

A análise gráfica de evolução de medições para o parâmetro RNFT no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 mostra que o parâmetro apresentou-se baixo na maioria das medições tendo atingido o valor máximo de 500 mg/L apenas em uma única ocorrência no dia 18/02/2005 e ainda assim a montante do lançamento da UTE Mário Lago. O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Pode-se concluir que não houve registro de impactos negativos nas águas do rio Macaé por influência da UTE Mário Lago.

De modo geral, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes.

O parâmetro RFT no período entre abril de 2002 e janeiro de 2006 apresentou-se estável. O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Todos os resultados estiveram em conformidade com os limites da Resolução CONAMA 20/86 vigente na época e atualmente substituída pela Resolução CONAMA 357/05. Em relação ao período entre os anos de 2006 e 2008, salvo raríssimas exceções, o parâmetro apresentou o mesmo comportamento de similaridade nas medições realizadas a montante e a jusante do lançamento efluentes.

O parâmetro OG no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2008 apresentou-se, na grande maioria das vezes, abaixo de 1,0 mg/L que foi o limite de detecção do método analítico para medição do parâmetro.

Vários resultados em não conformidade foram observados, especialmente a montante do lançamento da usina, caracterizando impacto no rio Macaé, porém oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago, vindo de seções a montante do lançamento da usina.

De um modo geral, o parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago.

Pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé porém não houve registro de impactos negativos por influência da UTE Mário Lago, com raríssimas exceções, por exemplo no dia 09/03/04, foi evidenciando alta concentração decorrente de um problema pontual ocorrido no SAO B, com transbordamento do óleo carreados para a saída geral dos efluentes da usina, o que foi observado no monitoramento do rio Macaé.

O parâmetro OD no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2008, na grande maioria das vezes, apresentou-se em conformidade, exceto alguns períodos pois o monitoramento do parâmetro OD, tanto a montante quanto a jusante do lançamento da usina, indicou alguns resultados abaixo do limite de 6,0 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA n.20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

De um modo geral, o parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago, entretanto vários dos resultados estiveram em não conformidade, especialmente a montante do lançamento da usina, caracterizando impacto no rio Macaé, porém oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago, vindo de seções a montante do lançamento da usina.

Pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé.

O parâmetro Alumínio Dissolvido no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2008, na grande maioria das vezes, já vem apresentando-se acima do limite de 0,1 mg/L a montante do lançamento de efluentes da usina, ou seja, a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro já encontra-se fora do padrão para águas de classe 2.

Estes resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

O parâmetro Alumínio Dissolvido apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé porém não houve registro de impactos negativos por influência da UTE Mário Lago.

O parâmetro Ferro Solúvel no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2008 apresentou-se acima do limite de 0,3 mg/L por várias vezes em ocorrências tanto a montante quanto a jusante do lançamento de efluentes da usina, ou seja, a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro já encontra-se fora do padrão para águas de classe 2 de acordo com o estipulado pela Resolução CONAMA n.20/86, vigente na época e a partir de março de 2005 conforme a Resolução CONAMA 357/05, vigente atualmente.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé vindo em alguns caso de origens a montante do lançamento da usina. Estes resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam

impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago. Entretanto, também ocorreram não conformidades em pontos a jusante do lançamento da usina nos meses de março, abril e outubro de 2005, não atendendo aos limites estipulados na regulamentação brasileira.

O parâmetro Ferro Solúvel no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2008 apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Uma ocorrência máxima de 16,49 mg/L em 01/03/2005 a montante do lançamento da usina e uma de 12,09 mg/L a jusante mostra que o rio Macaé já veio com essa contribuição de Ferro Total, tendo sido observada uma diminuição neste valor após o lançamento de efluentes da usina, pode-se concluir certo impacto positivo neste sentido no ponto monitorado.

O parâmetro Fósforo Total no rio Macaé no período entre junho de 2004 e janeiro de 2008 apresentou-se acima do limite de 0,1 mg/L tanto a montante quanto a jusante do lançamento de efluentes da usina, com ocorrências vindas de trechos a montante do lançamento da usina. As ocorrências acima do limite vindas desde a montante indicam que a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro já se encontra fora do padrão para águas de classe 2.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé vindo em alguns caso de origens a montante do lançamento da usina. Estes resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

O parâmetro Cloro Residual Total no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2008, na grande maioria das vezes, apresentou-se acima do limite de 0,1 mg/L com ocorrências a montante do lançamento de efluentes da usina, ou seja, a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro Cloro Residual Total já encontra-se fora do padrão para águas de classe 2.

Estes resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago. Pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé.

O parâmetro Coliformes Fecais no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2008 revelou a ocorrência de não conformidades a montante do lançamento de efluentes da usina, ou seja, a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro Coliformes Fecais, que já se encontrava fora do padrão para águas de classe 2.

Os resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

Entretanto, nos meses de fevereiro, março e abril de 2003 e no dia 01/04/2004 ocorreram não conformidades em relação ao parâmetro tanto a montante quanto a jusante do lançamento.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes. Considerando que o monitoramento na seção a montante do ponto de lançamento, serve para caracterizar a qualidade do rio Macaé, pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé.

O parâmetro Condutividade no rio Macaé no período entre os meses de março e maio de 2004 não revelou a ocorrência de não conformidades, uma vez que não há limites aplicáveis para o mesmo nas regulamentações brasileiras para águas de classe 2, como é o caso do rio Macaé, corpo hídrico receptor dos efluentes da usina.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes, exceto em algumas ocorrências pontuais.

O parâmetro DBO no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2008 revelou a ocorrência de não conformidades tanto a montante quanto a jusante. As ocorrências não conformes a montante do lançamento de efluentes da usina indicam que a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro DBO já se encontrava fora do padrão para águas de classe 2.

Os resultados em não conformidade, a montante do lançamento da usina, caracterizam impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

O parâmetro apresentou similaridade apenas em alguns pontos entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maioria das medições, sendo observados valores não conformes a montante do lançamento, evidenciando que a usina

não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes na maioria das ocorrências. Pode-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé em relação ao parâmetro DBO.

O parâmetro DQO no rio Macaé no período entre abril de 2002 e janeiro de 2008 revelou a maioria dos valores abaixo de 64 mg/L, não havendo não conformidades uma vez que não há limite aplicável para o parâmetro. Entretanto, pode-se observar picos no gráfico de DQO nos dias 22/08/2002 e 07/04/2003 quando o parâmetro registrou, respectivamente, os valores de 87 e 340 mg/L, sendo apenas o primeiro pico relativo ao ponto a jusante do lançamento da usina. O alto valor de 340 mg/L de DQO no pico mais alto do gráfico representa uma medição a montante do lançamento da usina, indicando que a qualidade da água do rio Macaé em relação ao parâmetro já se encontrava alta, o que evidencia certo impacto no rio Macaé oriundos de fontes distintas da UTE Mário Lago.

De um modo geral, o parâmetro apresentou similaridade nos pontos entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maioria das medições. Foi evidenciado que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes na maioria das ocorrências, podendo-se concluir que já existe certo impacto nas águas do rio Macaé em relação ao parâmetro DBO.

O parâmetro Nitrogênio Amoniacal no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2008 revela conformidade total, sem nenhuma exceção, uma vez todas as medições encontram-se abaixo do limite aplicável de 3,7 mg/L para o parâmetro.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes.

O parâmetro Nitrato no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2008 revelou conformidade total, sem nenhuma exceção, uma vez todas as medições encontram-se abaixo do limite aplicável de 10 mg/L para o parâmetro.

O parâmetro apresentou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes.

O parâmetro Nitrogênio total no rio Macaé no período entre agosto de 2003 e janeiro de 2008 revelou similaridade entre as seções de montante e jusante do ponto de lançamento do

efluente da UTE Mário Lago na maiorias das medições evidenciando que a usina não alterou a qualidade da água com seu lançamento de efluentes.

### **5.1.5 Monitoramento Biológico da Qualidade da Água no Rio Macaé**

Os Resultados do monitoramento da biota do Rio Macaé, referente às campanhas de amostragem de fitoplâncton, zooplâncton, perifiton e bentos realizadas em 2008 foram comparados com os resultados de monitoramentos realizados ao longo dos anos decorridos desde que a usina entrou em operação. A avaliação do monitoramento biológico continua indicando, através principalmente da comunidade perifítica, que deve estar ocorrendo algum impacto a montante deste trecho do Rio Macaé, promovendo um enriquecimento deste sistema. Os resultados de monitoramento da água no rio Macaé realizado na usina referente aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, também permitiu detectar valores elevados para determinados parâmetros, em seções tanto a montante quanto a jusante do lançamento do efluente da usina, o que foi também observado com resultado do monitoramento biológico.

### **5.1.6 Oportunidades de Trabalhos Futuros**

O tratamento estatístico dos dados de monitoramento de efluentes e qualidade da água no rio Macaé pode ser considerado uma oportunidade de trabalho futuro considerando testes de hipótese, Teste Qui-quadrado, coeficiente de correlação que confirmem o que se percebe visualmente através das análises gráficas. Outra possibilidade é a realização de um estudo mais detalhado de violações a padrões de qualidade de efluentes através de análises relacionais com parâmetros de qualidade da água.

O estudo de vazões do rio Macaé comparativamente ao lançamento de efluentes também merece aprofundamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12250 – Indicadores de desempenho de sistema local de transportes urbanos.** Rio de Janeiro, 1990.

\_\_\_\_\_. **NBR 14724 – Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos - Apresentação.** Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR ISO 14050 Gestão ambiental – Vocabulário. Rio de Janeiro, 2004a.

\_\_\_\_\_. NBR ISO 14001 Sistemas da gestão ambiental – Especificação e Diretrizes para Uso. Rio de Janeiro, 2004b.

AL-DEGS, Y. *et al.* Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluent, *Wat. Res.*, v 34, n.3, p. 927-935, 2000.

ALCÂNTARA, A. S. **Combinação de tecnologia é melhor opção para tratamento de efluentes industriais.** Agência FAPESP. 2008. Disponível em < <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=tratamento-de-efluentes-industriais-sanitarios>>. Acesso em 12 jun. 2008.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Apoio à Gestão de Recursos Hídricos.** 2008. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em 18 jul. 2008.

AVIGNON, A. **Manual de auditoria ambiental.** Emílio Lebre La Rovere. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2001.

BARROS, S. C. M. Apostila do Curso de Gerenciamento Ambiental, uma abordagem multidisciplinar. Março de 2005.

BITTON, G. **Wastewater microbiology,** Wiley-Liss, Inc., New York (1994).

BRAILE, M. Envirochemie Tratamentos Especializados Ltda. **Entrevista Realizada em Teleconferência após Visita Técnica na UTE Mário Lago,** Rio de Janeiro, 20 maio 2008.

BRASIL. Lei das Águas. **Lei nº 9.433,** de 8 de janeiro de 1997.

\_\_\_\_\_. **CONAMA Resolução nº 357,** de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONSTANZI, R. N.; DANIEL, L. A.; REALI, M. A. P. **Tratamento de efluentes de fábrica de papel por processos físico-químicos empregando flotação por ar dissolvido e ozônio.** XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001

DE MARTINI Ambiental. **Relatório de Auditoria Ambiental.** El Paso UTE Mario Lago, 2005.



ECOLOGUS Engenharia Consultiva, **Estudo de Impacto Ambiental**. El Paso UTE Mario Lago, outubro de 2000.

FEEMA. **Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente**. Disponível em <<http://www.feema.rj.gov.br/>> . Acesso em 24 set. 2007.

FERREIRA, M. I. P., *et al.* **Desafios da integração entre os usos múltiplos e a qualidade da água para a bacia hidrográfica do Rio Macaé**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. v.1 n.2 - Edição Especial. 2007. pp 99 - 114.

GIULIO, G. **Águas: Brasil precisa difundir tecnologias e ampliar políticas públicas**. Labjor/Un Kemp. Inovação Un Kemp v.3 n.1 Campinas jan./fev. 2007. Disponível em [http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1808-23942007000100020&lng=es&nrm=iso](http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000100020&lng=es&nrm=iso)>. Acesso em 15 mar. 2008.

GLEICK P. H., *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press, New York, 1993.

GUSMÃO, Apostila do Curso de Legislação e Direito Ambiental. Agosto de 2005

KUNZ, A. *et al.* **Novas Tendências no Tratamento de Efluentes Têxteis**. Química Nova. Vol 25, n. 1, jan./fev. 2002.

LORA, E. E. S.; SALOMON, K. R. Estimate of ecological efficiency for thermal power plants in Brazil. *Energy Conversion & Management*. 2004.

MACHADO, M. D. *et al.* Removal of heavy metals using a brewer's yeast strain of *Saccharomyces cerevisiae*: The flocculation as a separation process. *Bioresource Technology*. 2007.

MARTINI, J. **Gestão Ambiental na Indústria** Rio de Janeiro: Destaque, 2003

\_\_\_\_\_. **Redução de Resíduos Industriais como produzir mais com menos**. Rio de Janeiro: Fundação BioRio: Aquarius, 2005.

MATOS, A. S. T. Autora do Registro Fotográfico dos sistemas de Efluentes da UTE Mário Lago. "**Sem Título**". Macaé, RJ, 2006.

MEIO Filtrante. **Revista e Portal Meio Filtrante**. Ano V, edição número 23, nov/dez de 2006. Disponível em <<http://www.meiofiltrante.com.br>>. Acesso em 25 jul. 2008.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Procedimentos e técnicas de tratamento de efluentes para eliminar o potencial de riscos**. 2005. Disponível em <<http://www.tratamentodeagua.com.br/a1/informativos/acervo.php?chave=123&cp=est>>. Acesso em 15 mar. 2008.

MONTENEGRO, M. **Meio ambiente e responsabilidade civil** – São Paulo: IOB Thomson, 2005.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental** – 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

PEDROSA, E. **Respirometria**. Disponível em <http://www.cetrel.com.br/salaImprensa/artigosDetalhe.asp?codigo=509>>. Acesso em 20 jun. 2008.

PERES, A. L. Rio de Janeiro, Petrobrás S.A. **Entrevista Realizada a Coordenação de Recursos Hídricos da Petrobrás S.A. em Teleconferência com o setor de SMS Corporativo**, 23 mar. 2008.

PERES, A. L. Rio de Janeiro, Petrobrás S.A. **Material Didático de Curso de Gerenciamento de Efluentes Elaborado Para a Turma de Pós Graduação da Unigranrio**, 2003.

PETROBRAS. **Diagnóstico da água produzida enviada pela Bacia de Campos para os terminais**. Rio de Janeiro. 31 jul. 2002.

POPULATION Reference Bureau. **La Dinámica entre la población y el medio ambiente**, Washington D.C., outubro, 1997.

QUINTAS, J.S. **Introdução à gestão ambiental pública**. Brasília, DF: IBAMA, 2005.

RODRIGUES, P. P. G. W., *et al.* **Importância de modelos matemáticos em estudos ambientais - estudo de caso: o Rio Macaé**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. v.1 n.2 - Edição Especial. 2007. pp 115 - 127.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo, Acad. Bras. Cien./IEA-USP, 1999. 717 p.

RIO de Janeiro. **NT-202.R-10**, de 04 de dezembro de 1986. Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos. 1986.

\_\_\_\_\_. **DZ-205 R-5**, de 25 de setembro de 2007. Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes de origem industrial. 2007a

\_\_\_\_\_. **DZ-215 R-4**, de 5 de outubro de 2007. Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária. 2007b.

\_\_\_\_\_. **DZ-942 R-7**, de 08 de novembro de 2007. Diretriz do programa de autocontrole de efluentes líquidos - PROCON ÁGUA. 2007c.

\_\_\_\_\_. **Lei n° 3239**, de 02 de agosto de 1999. Institui a política estadual de recursos hídricos. 1999.

\_\_\_\_\_. **Lei n° 4247**, de 16 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos. 2003.

\_\_\_\_\_. **NT-213 R-4**, de 04 de setembro de 1990. Critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais. 1990.

RIVIÈRE, J.W.M. **Threats to the world's water**. Scientific American. 1989.

RODRIGUES, P.P.G.W.; LUGON, J. J.; MATOS, A.S.T. Simulação Numérica de Transporte Bidimensional de Contaminantes em Meio Fluvial. Experimento de Campo na UTE Mário Lago e Rio Macaé. Macaé, 2008.

SERLA – **Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas**. Disponível em: <http://www.serla.rj.gov.br>. Acesso em 18 jul. 2008.

SANTOS, A.S.R.. **Princípios do Direito Ambiental**. Meio Ambiente Industrial, São Paulo, n. 40, p.52-54, jan/fev. 2003.

SANTOS, I. E. Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica – 5. ed. Niterói, RJ: Impetus, 2005.

SCHIANETZ, B. **Passivos Ambientais: levantamento histórico: avaliação da periculosidade: ações de recuperação** - Curitiba: SENAI, 1999.

TVE Brasil. **Controle Social** Disponível em: <<http://www.tvebrasil.com.br/SALTO/boletins2001/cont/cont0.htm>>. Acesso em 18 jul. 2008.

UNESCO. **El agua como fuente de conflictos: repaso de los conflictos em el mundo**. In Oficina Regional de Ciência e Tecnologia da UNESCO, 2006

UNITED Nations (ONU). Critical Trends, Global Change and Sustainable Development. New York, 1997.

UTE Mario Lago. **ATMOS: Software de Gerenciamento Ambiental**. Sistema informatizado desenvolvido pela Ecosoft Consultoria e Softwares Ambientais Ltda. Versão 3.0.32 Acesso em 15 ago. 2008a.

\_\_\_\_\_. **Relatório Técnico Biota Janeiro a março de 2008**. Elaborado por Tecma Tecnologia em Meio ambiente. 2008e.

\_\_\_\_\_. **SISLEG Sistema de Gerenciamento, Legislação, Normas e Procedimentos**. Sistema informatizado desenvolvido pela GB Consultoria ADV. Assessoria de Gestão Integrada, Versão 6. Acesso em 15 ago. 2008f.

\_\_\_\_\_. **SiSGIU Sistema Simplificado de Gerenciamento de Informações da Usina**. Sistema informatizado de gerenciamento de informações da UTE Mário Lago, desenvolvido internamente. Acesso em 15 ago. 2008g.

VERA, L. R. V.; DI BERNARDO, L. **Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas - FIME**. Eng. Sanit. Ambient., jan./mar. 2008, vol.13, no.1, p.109-116.

VIEIRA, M. M. F. **Por uma boa pesquisa (qualitativa) em administração**, in VIEIRA, Marcelo M. F. e ZOUAIN, Débora M. (Coordenadores), Pesquisa Qualitativa em Administração, Editora FGV, 2004.

WALDMAN, M. **Recursos hídricos e a rede urbana mundial: Dimensões globais da escassez**. XIII Encontro Nacional de Geógrafos, João Pessoa, Paraíba, Julho de 2002.

WORLD Bank Group, General Environmental Guidelines – Pollution Prevention and Abatement Handbook. Effective July 1998a.

\_\_\_\_\_. Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial – Indicadores de Desenvolvimento Mundial, 1992.

\_\_\_\_\_. Thermal Power: Guidelines for New Plants – Pollution Prevention and Abatement Handbook, Effective July 1998b.

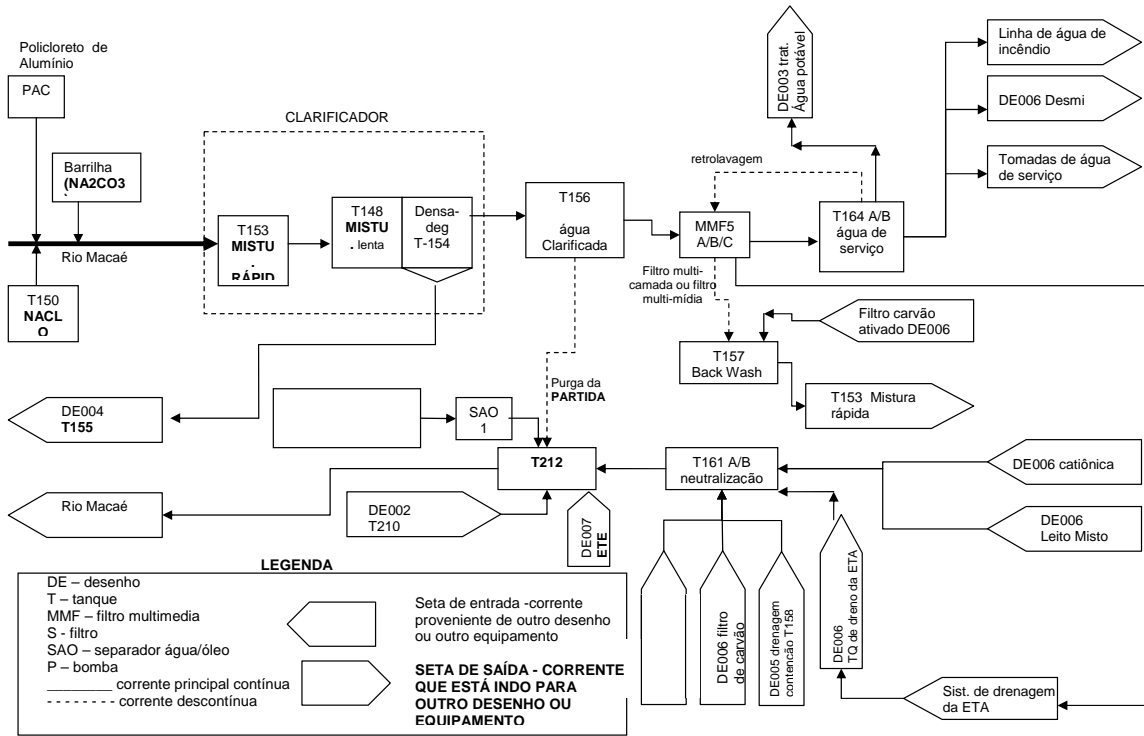
WWF-BRASIL. **Cadernos de Educação Ambiental: Água para a vida, água para todos**, Brasília: WWF Brasil, 2006

\_\_\_\_\_. **O que é desenvolvimento sustentável?** Disponível em <[http://www.wwf.org.br/informacoes/questoes\\_ambientais/desenvolvimento\\_sustentavel/index.cfm](http://www.wwf.org.br/informacoes/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/index.cfm)>. Acesso em 25 set. 2007.

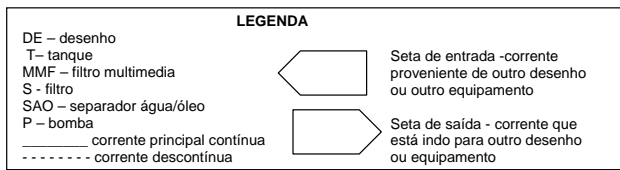
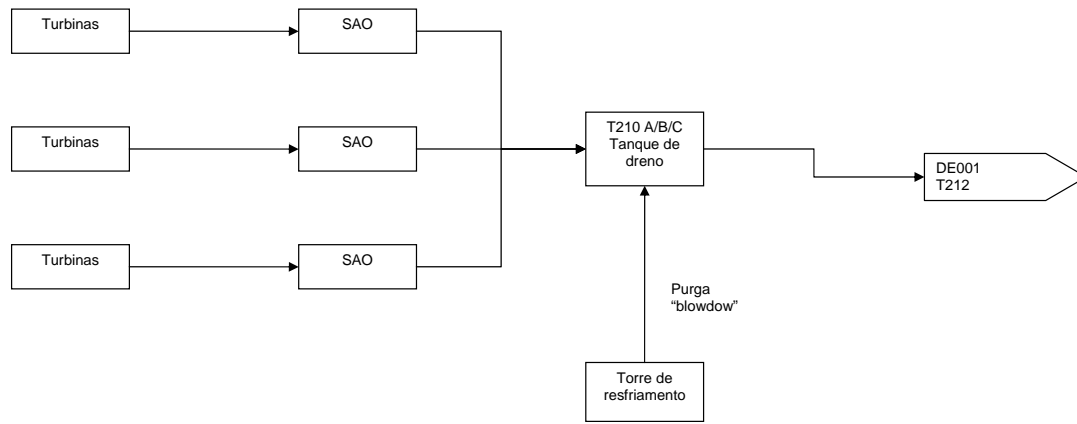
YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3ª Ed. Porto Alegre, 2005.

**APÊNDICE A – FLUXOGRAMAS DAS PRINCIPAIS CORRENTES DE  
EFLUENTES, BALANÇO HÍDRICO E HISTÓRICO DE GERAÇÃO E  
CONSUMO DE GÁS DA UTE MÁRIO LAGO**

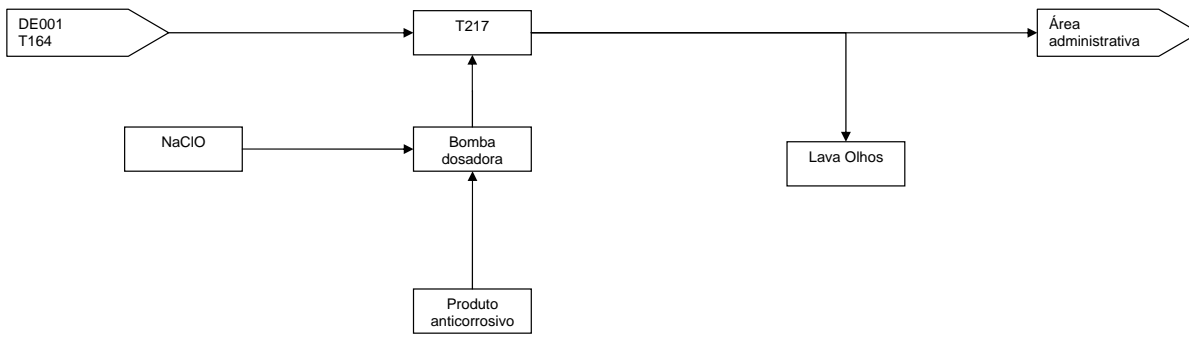
## DE001 - FLUXOGRAMA DE EFLUENTES – UTE MÁRIO L.



## DE002 - FLUXOGRAMA DE EFLUENTES – UTE MÁRIO LUIZ



DE003 - FLUXOGRAMA DE EFLUENTES – UTE MÁRIO L/  
SISTEMA DE ÁGUA POTÁVEL



**LEGENDA**

T- tanque  
MMF – filtro multimedia  
S - filtro  
SAO – separador água/óleo  
P – bomba

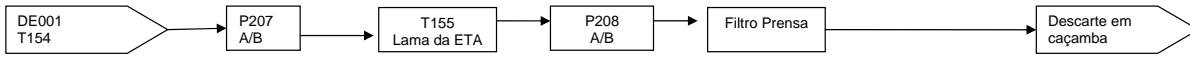
— corrente principal contínua  
- - - - - corrente descontinua

Seta de entrada - corrente proveniente de outro desenho ou outro equipamento

Seta de saída - corrente que está indo para outro desenho ou equipamento



## DE004 - FLUXOGRAMA DE EFLUENTES – UTE MÁRIO L.



### LEGENDA

DE – desenho

T– tanque

MMF – filtro multimedia

S - filtro

SAC – separador água/óleo

P – bomba

———— corrente principal continua

----- corrente descontinua

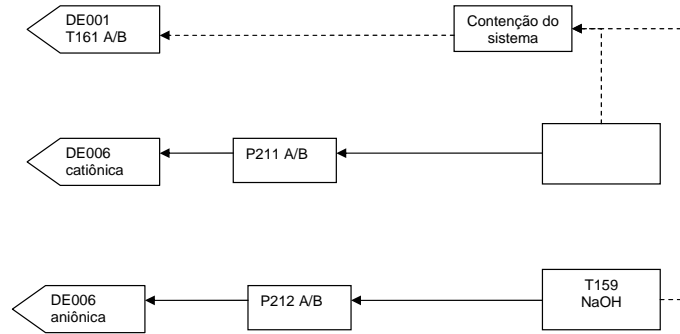


Seta de entrada -corrente proveniente de outro desenho ou outro equipamento





Seta de saída - corrente que está indo para outro desenho ou equipamento

## DE005 - FLUXOGRAMA DE EFLUENTES – UTE MÁRIO L.

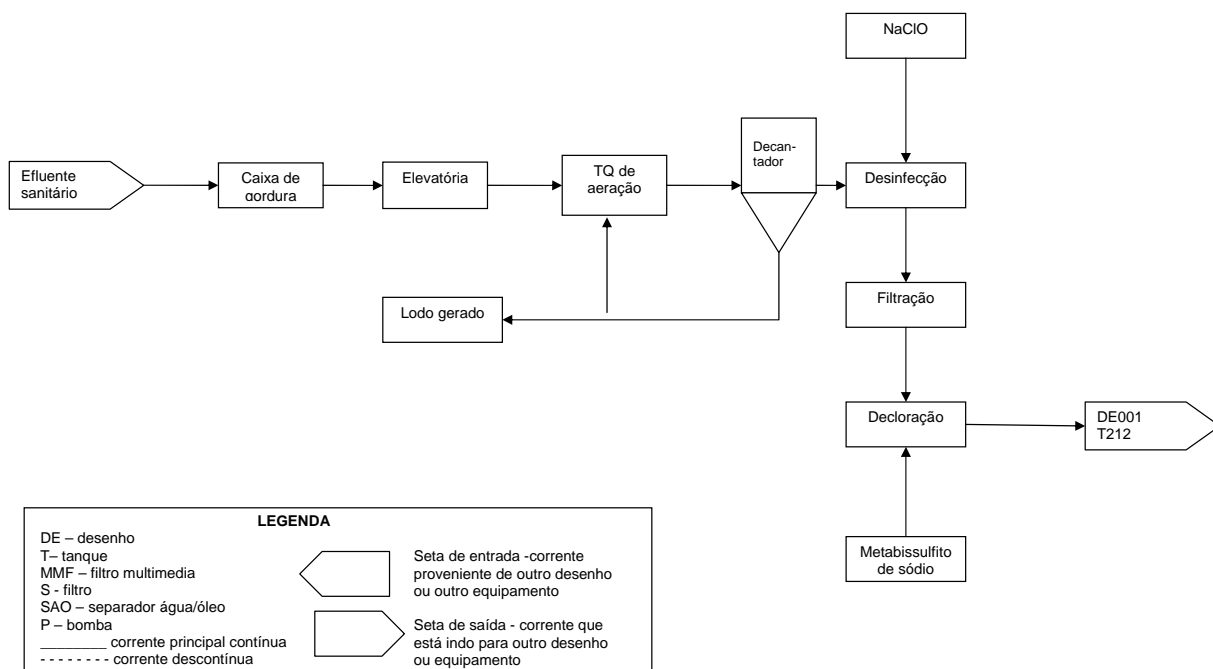


### LEGENDA

DE – desenho		
T – tanque		
MMF – filtro multimedia		
S – filtro		
SAO – separador água/óleo		
P – bomba		
———— corrente principal continua		Seta de entrada -corrente proveniente de outro desenho ou outro equipamento
----- corrente descontinua		Seta de saída - corrente que está indo para outro desenho ou equipamento



**DE007 - FLUXOGRAMA DE EFLUENTES – UTE MÁRIO LA  
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO**



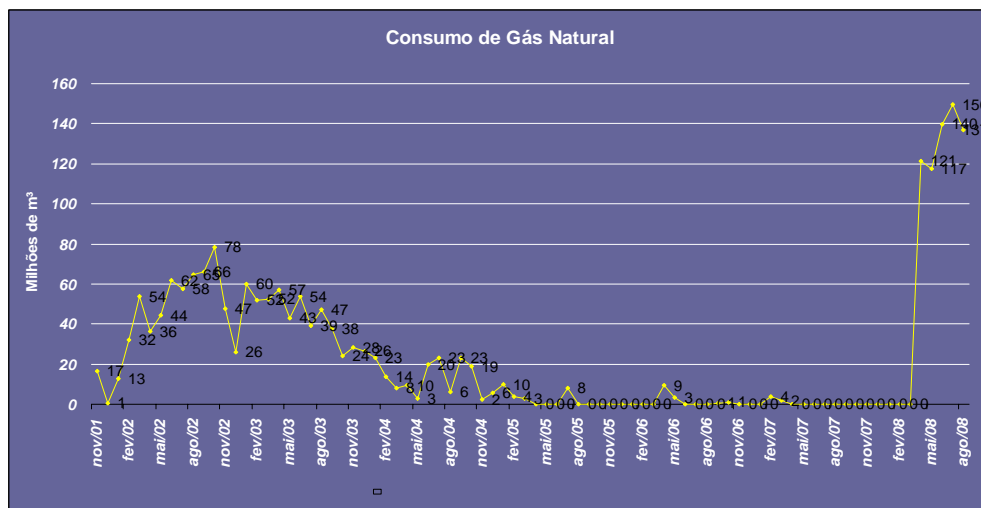
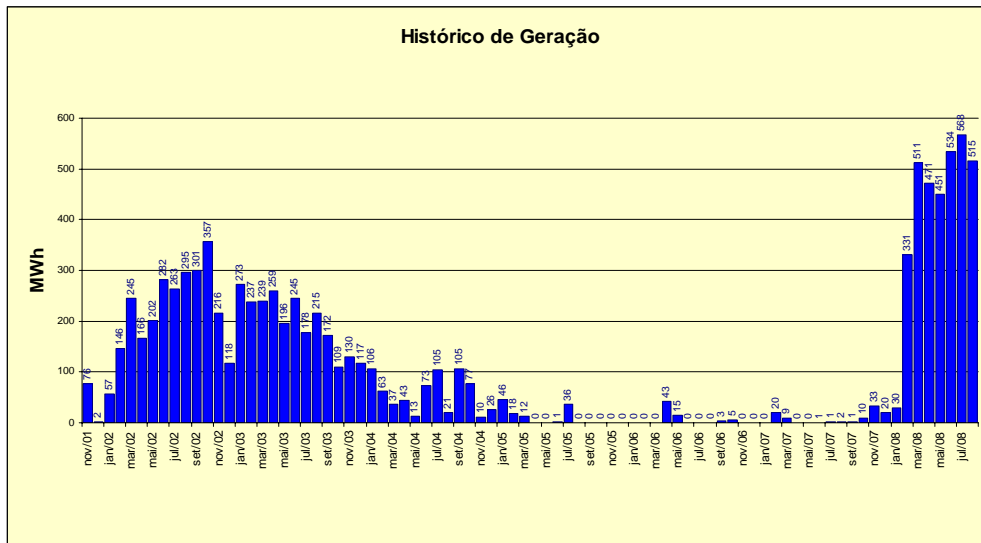
**LEGENDA**

- |                                |  |   |
|--------------------------------|--|---|
| DE – desenho                   |  | Seta de entrada -corrente proveniente de outro desenho ou outro equipamento |
| T- tanque                      |  |   |
| MMF – filtro multimedia        |  |   |
| S - filtro                     |  |   |
| SAO – separador água/óleo      |  |   |
| P – bomba                      |  |   |
| — corrente principal contínua  |  |   |
| - - - - - corrente descontinua |  |   |

**BALANÇO HÍDRICO – UTE MÁRIO LAGO**  
**VOLUME DE ÁGUA CAPTADA E VOLUME DE EFLUENTE LANÇADO**

BALANÇO HÍDRICO											
UO:	UTE - M.L.G (Mário Lago)		UN / UN:					OPE (Operações e Participações em Empresas)			AN / SUBSIDIÁRIA:
Volume		jun	jul	ago	set	out	jun	jul	ago	set	out
Correntes Hídricas de Entrada											
Água Doce Captada	UTE M.L.G. - Captação	-	-	-	-	-	114.540,00	113.101,10	113.451,70	-	-
	<b>Total</b>	-	-	-	-	-	114.540,00	113.101,10	113.451,70	-	-
Correntes Hídricas de Saída											
Efluentes Lançados	UTE M.L.G. - Saida Geral de Efluentes (I-212)	70,2	1.197,2	871,10	981,1	101	1.011,4	1.101	1.141	-	-
	<b>Total</b>	70,2	1.197,2	871,10	981,1	101	1.011,4	1.101	1.141	-	-
Correntes Hídricas Não Incluídas No Balanço											
<b>Total</b>		70,2	1.197,2	871,10	981,1	101	114.641,40	114.642,10	114.642,70	-	-

## HISTÓRICO DE GERAÇÃO E CONSUMO DE GÁS ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2008 – UTE MÁRIO LAGO



Fonte: UTE Mário Lago / Dados de O&M, 2008

**APÊNDICE B – REGISTO FOTOGRÁFICO DE USINAS**  
**TERMOELÉTRICAS BRASILEIRAS**



**Ilustração 68 - Fotografia aérea da UTE GLB (Termorio)**  
Fonte: Visita Técnica de Campo – SIMPEP, 2007



**Ilustração 69 - Fotografia aérea da UTE BLS**  
Fonte: Visita Técnica de Campo – SIMPEP, 2007



**Ilustração 70 – Detalhes do Lançamento de Efluentes da UTE BLS no corpo hídrico receptor Rio Guandú**  
 Fonte: Visita Técnica de Campo - SIMPEP, 2007



**Ilustração 71 - UTE Aureliano Chaves - Usina de geração termelétrica à gás natural, ciclo combinado.**  
 Fonte: UTE ACH IBIRITÊ -MG





**Ilustração 72 - UTE-ST - Usina Termelétrica Sepé Tiaraju, geração termelétrica com turbina a gás de ciclo simples, localizada em Canoas, Rio Grande do Sul.**

Fonte: SINPEP, 2007



**Ilustração 73 - UTE CF – Usina Termoeletrica Celso Furtado - Usina de geração termelétrica a gás natural, ciclo combinado e co-geração de vapor.**

Fonte: SINPEP, 2008 e Refinaria Landolfo Alves-Mataripe

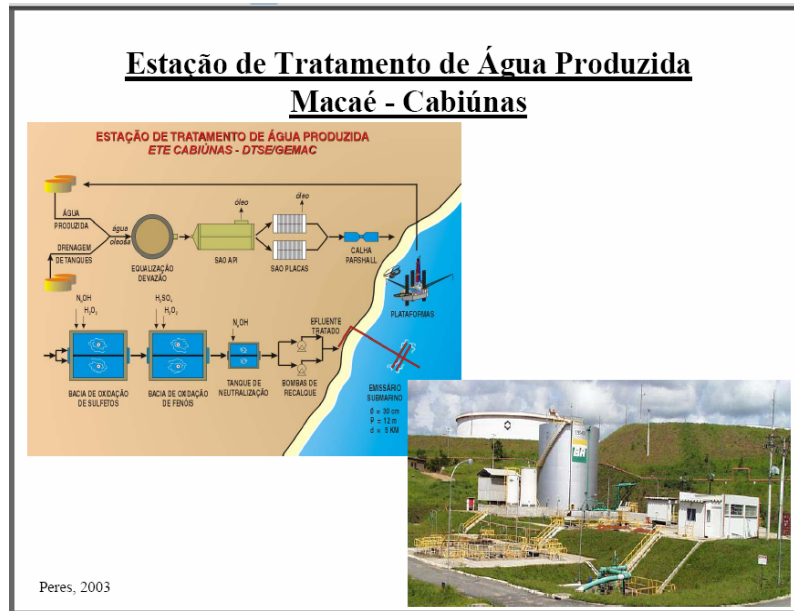


**Ilustração 74 - Complexo Termelétrico Piratininga (UTE-FEG e UTE-Piratininga) UTE - FEG – Usina Termelétrica Fernando Gasparian Usina Termelétrica a Gás Natural em Ciclo Combinado**



**Ilustração 75 - Fotografia aérea da UTE-LCP UTE - LCP – Usina Termelétrica Luís Carlos Prestes Usina Termelétrica a Gás Natural em Ciclo Simples , Três Lagoas – MS - Brasil**

**APÊNDICE C – REGISTO FOTOGRÁFICO DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES EM INDÚSTRIAS BRASILEIRAS**



**Ilustração 76 - Registro Fotográfico de Visita Técnica de Campo e Fluxograma Esquemático da ETE de Cabiúnas**

Fonte: TRANSPETRO – Terminal de Cabiúnas, 2007



**Ilustração 77 - Estação de Tratamento de Efluentes com Tecnologia de Tratamento Físico Químico e Biológico pela Envirochemie**

Fonte: Visita Técnica de Campo na Halliburton, Macaé



**Ilustração 78 - Detalhe do Tratamento Biológico implantado pela Envirochemie**

Fonte: Visita Técnica de Campo na Halliburton, Macaé



**Ilustração 79 - Detalhe do Tratamento Físico-Químico implantado pela Envirochemie**  
Fonte: Visita Técnica de Campo na Halliburton, Macaé



**Ilustração 80 - Tecnologia de Tratamento Aeróbio implantado na Altana-Pharma em Jaguariúna, São Paulo**  
Fonte: Envirochemie, 2008



**Ilustração 81 - Tecnologia de Tratamento Aeróbio implantado na Beiersdorf/Nívea – Itatiba, São Paulo**  
Fonte: Envirochemie, 2008



**Ilustração 82 - Tecnologia de Tratamento Aeróbio implantado na Michelin, Rio de Janeiro**  
Fonte: Envirochemie, 2008



**Ilustração 83 - Tecnologia de Tratamento de Neutralização, Tratamento aeróbio e Filtração implantado na Eurofarma - Itapevi, São Paulo**  
Fonte: Envirochemie, 2008





**Ilustração 84 - Tecnologia Para Tratamento de Pequenos Volumes implantado na Envirochemie, Rio de Janeiro**

Fonte: Envirochemie, 2008