

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS



**A EFICIÊNCIA DESINFETANTE DO HIPOCLORITO DE SÓDIO EM
EFLUENTES DE PEQUENAS COMUNIDADES**

LUÍS HENRIQUE SCHERER

PORTO ALEGRE 2004

*...o que acontece à terra, acontece aos filhos dela
o homem não teceu a malha da vida
é apenas um fio dentro dela
o que ele faz à teia, faz a si próprio...*

**Trecho da resposta do chefe da tribo dos
“pele vermelha” índio Seattle, à proposta de
compra das terras indígenas pelo governo
americano em 1847.**

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob orientação do Prof. Sérgio João de Luca.

Ao término deste trabalho quero agradecer às pessoas e entidades que contribuíram para a sua conclusão, a saber:

Ao Professor Sérgio João de Luca pelo grande auxílio prestado através de seu conhecimento e sua grande acolhida.

Ao laboratorista Éverton Régio pela companhia e incansável empenho durante a elaboração do experimento e realização das análises.

Ao técnico em Hidrologia Álvaro Frantz pelo conhecimento e sugestões para o bom andamento do trabalho.

Ao DMAE e à CORSAN pelo apoio técnico e incentivo para a realização do experimento.

À CAPES e ao CNPq pelo apoio em forma de bolsa para a realização do curso e do experimento.

À minha noiva Ana Paula pelo incentivo para conclusão e paciência pela minha ausência durante o trabalho.

A todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para que fosse possível conduzir a bom termo todas as etapas dessa empreitada.

RESUMO

A EFICIÊNCIA DESINFETANTE DO HIPOCLORITO DE SÓDIO EM EFLUENTES DE PEQUENAS COMUNIDADES

Luís Henrique Scherer

Esse trabalho apresenta os resultados obtidos através de ensaios realizados com diferentes tipos de efluentes tratados de diferentes formas de tratamento de esgotos. Foi selecionado um tipo de desinfetante, o Hipoclorito de Sódio para testar sua capacidade como agente desinfetante desses esgotos tratados e avaliar a sanidade das águas após sua aplicação.

Foram avaliados quatro diferentes tipos de sistemas de tratamento de esgotos: lodos ativados de aeração extendida, lagoas de estabilização, reator anaeróbio de manto de lodos de fluxo ascendente e reator seqüencial em batelada.

O experimento foi dividido basicamente em duas etapas; na primeira foram realizados testes de batelada em laboratório, tentando verificar os resultados quando os esgotos são submetidos à desinfecção na forma estática. A segunda etapa, constituiu-se no teste de desinfecção utilizando uma estação piloto tentando dessa forma simular a desinfecção quando o material é submetido a um regime hidrodinâmico.

Foi mensurada a eficiência do desinfetante através do teste de coliformes fecais e totais nos diferentes tipos de esgotos e em variados tipos de dosagens. Simultaneamente verificou-se a formação de Trihalometanos, subproduto da Hipocloração.

Eficiências de inativação de 99,99% foram obtidas em tempos de detenção e doses típicas de sistemas de tratamento em escala real. Nos tempos de detenção e dosagens adotadas não houve formação considerável de Trihalometanos.

Palavras Chave: Hipoclorito de sódio, coliformes fecais, subprodutos, efluentes tratados.

ABSTRACT

THE SODIUM HIPOCLORITE EFICIENCY IN WASTEWATER DISINFECTION OF SMAL COMUNITIES

By Luís Henrique Scherer

This work give results obtained betwen assay maked whith different types of wastewater than different treatment forms. Was selected one form of disinfectant, the sodium hipoclorite to test your disinfectant agent capacity and check the sanity of the wather result.

In this work, the municipal wastewater are represented for the four main wastewater systems treatment plant.

The experiment can be divided at two stage; in the first was maked the tests at boat load laboratory scale, trying see the results when the wastewater is in the static form disinfected. The second stage is one similar test but, utilizing one pilot station trying simulate the disinfection when the material is in one hidrodinamic sistem.

In this experiment, the efficiency can be measured at the coliform elimination test in the different types of wastewater snd different dose. In this moment are measured the formation of Trihalometanes one by- product of disinfection.

In the times of this experiment no can see by- product formation. And at times and doses of this test they have obtained 99,99% efficiency of disinfection; that performance is similar to real scale.

Key words: wastewater, sodium hipoclorite, fecal coliform, disinfection by-products.

SUMÁRIO

Mensagem	i
Agradecimentos	ii
Resumo.....	iv
Abstract	v
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas.....	xvi
1 Introdução	01
2 Objetivos.....	06
3 Revisão Bibliográfica.....	08
3.1 Considerações Gerais.....	09
3.2. Variáveis da Desinfecção das Águas Residuárias.....	10
3.2.1. Sistemas de Lodos Ativados.....	11
3.2.2. Sistemas UASB.....	14
3.2.3. Variáveis da Desinfecção em Sistemas de Lagoas de Estabilização.....	14
3.2.3.1. Princípios de Funcionamento das Lagoas Anaeróbias.....	15
3.2.3.2. Princípios de Funcionamento das Lagoas Facultativas.....	16
3.2.3.3. Características da desinfecção nas Lagoas de Maturação.....	19
3.2.4. Sistemas de Lodos Ativados em Batelada.....	20
3.3. Fundamentos da Desinfecção com Hipoclorito.....	22
3.3.1. Cinética da Desinfecção com Hipoclorito.....	23
3.3.2. Influência do escoamento em reatores.....	23

3.3.3. Desenvolvimento Matemático da Cinética de Desinfecção.....	27
3.3.4. Influência da Concentração de NaCl na solução Eletrolítica.....	30
3.4. Química da Desinfecção das Águas Residuárias.....	32
3.5. Formação de Subprodutos da Desinfecção das Águas Residuárias.....	52
4. METODOLOGIA.....	45
4.1 Caracterização do Experimento.....	46
4.2 Etapas do Procedimento Experimental.....	47
4.2.1 Primeira Etapa do Procedimento Experimental.....	50
4.2.2 Segunda Etapa do Procedimento Experimental.....	51
4.3 Equipamento Experimental.....	52
4.3.1 Aparato Experimental para o teste em Batelada.....	52
4.3.2 Aparato Experimental para o teste em Estação Piloto.....	58
4.4 Procedimento Analítico.....	61
4.4.1 Procedimento Analítico da Primeira Fase Experimental.....	61
4.4.2 Procedimento Analítico da Segunda Fase Experimental.....	63
4.5 Validação Estatística.....	63
5. Resultados e Discussão.....	65
5.1 Resultados da Primeira Etapa Experimental.....	66
5.1.1 Resultados do Teste em Efluentes do Sistema de Lagoas de Estabilização..	66
5.1.2 Resultados do Teste em Efluentes do Sistema por Lodos Ativados.....	74
5.1.3 Resultados do Teste em Efluentes do Sistema por Reatores UASB.....	80
5.1.4 Resultados do Teste em Efluentes do Sistema por L. Ativados (ETE IPH).....	86
5.1.5 Resumo dos resultados em escala de batelada.....	91
5.2 Resultados e Discussão da Fase Experimental em Estação Piloto	92

5.2.1 Resultados do Teste Hidrodinâmico em Efluentes das L. de Estabilização.....	92
5.2.2 Resultados do Teste Hidrodinâmico em Efluentes (ETE SAPUCAIA) da CORSAN	99
5.2.3 Resultados do Teste Hidrodinâmico em Efluentes do Sistema Reatores UASB.....	103
5.2.4 Resultados do Teste Hidrodinâmico em Efluentes da ETE IPH UFRGS.....	109
5.2.5 Resumo dos Resultados em Estação Piloto.....	114
6 Conclusões e Recomendações.....	115
6.1 Quanto ao Desinfetante.....	116
6.2 Quanto a Eliminação de Patogênicos.....	117
6.3 Quanto aos Parâmetros Físicos – Químicos.....	117
6.4 Quanto aos Subprodutos.....	118
7 Referências Bibliográficas.....	119
8 Anexo I.....	125
9 Anexo II.....	142

LISTA DE FIGURAS

3.1. Esquema de Funcionamento dos Lodos Ativados.....	20
3.2. Curvas Características dos Regimes Hidráulicos dos Reatores.....	27
3.3. Esquema de Associação do Cloro nas Águas.....	33
3.4. Reações do Cloro em Água.....	34
3.5. Diagrama de Distribuição das Espécies de Cloro.....	35
3.6. Dissociação do Ácido Hipocloroso em Função do pH e da Temp.....	36
3.7 Curva de Cloro Dosado	37
3.8 Curva de Cloro Residual Em Função do Cloro Dosado pH 4,0.....	38
3.9 Curva de Cloro Residual Em Função do Cloro Dosado pH 5,0.....	39
3.10 Curva de Cloro Residual Em Função do Cloro Dosado pH 6,0.....	39
3.11 Curva de Cloro Residual Em Função do Cloro Dosado pH 7,0.....	39
3.12 Curva de Cloro Residual Em Função do Cloro Dosado pH 8,0.....	40
3.13 Curva de Cloro Residual Em Função do Cloro Dosado pH 9,0.....	40
3.14 Reações do Cloro com o Grupamento Fenol.....	42
3.15 Reações do Cloro com o Grupamento Fenol.....	43
3.16. Equações de Formação dos Trihalometanos.....	44
4.1. Equipamento para o Teste em Batelada.....	47
4.2. Equipamento para o Teste em Estação Piloto.....	48
4.3. Detalhe do Equipamento para o Teste Estação Piloto	48

4.4 Planta do Sistema de Estação Piloto	49
4.5. Detalhe do Equipamento Gerador de Hipoclorito.....	50
4.6. Coleta de Amostras.....	56
4.7. Separação do Volume.....	56
4.8. Separação do Volume.....	57
4.9. Análise da Amostra pela Sonda Analítica.....	57
4.10. Vista da Estação.....	58
4.11. Detalhe do Tanque de Desinfecção.....	59
4.11. Detalhe do Tanque de Desinfecção.....	59
5.1. Eficiência da Eliminação de Coliformes Fecais ETE Serraria.....	69
5.2. Resultados de Cor da ETE Serraria.....	70
5.3. Resultados de pH, Alcalinidade e DQO da ETE Serraria.....	71
5.4. Resultados de Fosfatos, Sulfatos e Nitrogênio Total da ETE Serraria	72
5.5. Resultados do Teste Cinético da ETE Serraria.....	73
5.6. Eficiência da Eliminação de Coliformes Fecais da ETE S. J. Navegantes .	76
5.7. Resultados de Análise de Cor da ETE S. J. Navegantes.....	76
5.8. Resultados de pH, Alcalinidade e DQO da ETE S. J. Navegantes	77
5.9. Resultados de Fosfatos, Sulfatos e Nitrogênio Total. da ETE S. J. Naveg.	78
5.10. Resultados do Teste Cinético da ETE S. J. Navegantes.....	79
5.11. Eficiência da Eliminação de Coliformes Fecais da ETE Esmeralda.....	82
5.12. Resultados de Análise de Cor da ETE Esmeralda.....	82

5.13. Resultados de pH, Alcalinidade e DQO da ETE Esmeralda	83
5.14. Resultados de Fosfatos, Sulfatos e Nitrogênio Total da ETE Esmeralda .	84
5.15. . Resultados do Teste Cinético da ETE Esmeralda.....	85
5.16. Eficiência da Eliminação de Coliformes Fecais da ETE IPH UFRGS.....	87
5.17. Resultados de Análise de Cor da ETE ETE IPH UFRGS.....	88
5.18. Resultados de pH, Alcalinidade e DQO da ETE ETE IPH UFRGS	89
5.19. Resultados de Fosfatos, Sulfatos e Nitrogênio Total. da ETE ETE IPH .	89
5.20. Resultados do Teste Cinético da ETE S ETE IPH UFRGS.....	90
5.21. Ponto de Coleta dos Esgotos	93
5.22. Resultados do Teste de Desinfecção em E. Piloto ETE Serraria/DMAE .	94
5.23. Resultados do Teste de Desinfecção em E. Piloto ETE Serraria/ DMAE	95
5.24. Resultados do Teste de Desinfecção em E. Piloto ETE Serraria/ DMAE	97
5.25. Resultados do Teste de Coliformes Fecais.....	98
5.26. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE Sapucaia CORSAN.....	99
5.27. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE Sapucaia CORSAN.....	100
5.28. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE Sapucaia CORSAN.....	102
5.29. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE Sapucaia CORSAN.....	103
5.30. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE Esmeralda DMAE.....	104
5.31. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE Esmeralda DMAE.....	106
5.32. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE Esmeralda DMAE.....	107

5.33. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE Esmeralda DMAE.....	108
5.34. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE IPH UFRGS.....	109
5.35. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE IPH UFRGS.....	110
5.36. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE IPH UFRGS.....	112
5.37. Resultados do Teste de Desinfecção da ETE IPH UFRGS.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. Parâmetros Químicos e Biológicos dos Efluentes de Lodos Ativados	13
Tabela 3.2. Parâmetros Químicos e Biológicos de Lagoas de Estabilização	18
Tabela 3.3. Parâmetros Físicos-químicos e Biológicos da ETE IPH UFRGS ...	21
Tabela 3.4. Influência da Concentração do NaCl na Produção de Cloro.....	31
Tabela 4.1. Resultados da análise por sonda (ETE S. J. Navegantes/ DMAE Porto Alegre)	54
Tabela 4.2. Resultados da análise por sonda (ETE Serraria/ DMAE Porto Alegre)	54
Tabela 4.3. Resultados da análise por sonda (ETE Esmeralda/ DMAE Porto Alegre)	55
Tabela 5.1. Resultados das Análises de Campo da ETE Serraria/ DMAE Porto Alegre – 2001	67
Tabela 5.2. Análise de Determinação de Cloro Residual da ETE Serraria/ DMAE Porto Alegre	68
Tabela 5.3. Análise de Determinação de Coliformes Fecais e Totais ETE Serraria/ DMAE	69
Tabela 5.4. Resultados do Teste Cinético ETE Serraria/ DMAE	73
Tabela 5.5. Resultados das Análises de Campo da ETE S. J. Navegantes/ DMAE Porto Alegre – 2001	74
Tabela 5.6. Análise de Determinação de Cloro Residual da ETE S. J. Navegantes/ DMAE Porto Alegre	75
Tabela 5.7. Análise de Determinação de Coliformes Fecais e Totais ETE S. J. Navegantes/ DMAE	75
Tabela 5.8. Resultados do Teste Cinético ETE S. J. Navegantes/ DMAE	79
Tabela 5.9. Resultados das Análises de Campo da ETE Esmeralda/ DMAE Porto Alegre – 2001	80
Tabela 5.10. Análise de Determinação de Cloro Residual da ETE Esmeralda/ DMAE Porto Alegre	81
Tabela 5.11. Análise de Determinação de Coliformes Fecais e Totais ETE Esmeralda / DMAE	81
Tabela 5.12 Análise de Determinação de Cloro Residual da ETE IPH UFRGS	86

Tabela 5.14 Análise de Determinação de Coliformes Fecais e Totais ETE IPH UFRGS	87
Tabela 5.15 Resultados do Teste Cinético ETE IPH UFRGS	90
Tabela 5.16 Resumo dos Resultados para os testes em Batelada	91
Tabela 5.17 Resultados do teste Cinético	91
Tabela 5.18 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 10,8 L/min	93
Tabela 5.19 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 10,8 L/min	94
Tabela 5.20 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 20 L/min	95
Tabela 5.21 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 20 L/min	96
Tabela 5.22 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 40 L/min	96
Tabela 5.23 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 40 L/min	97
Tabela 5.24 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria/ DMAE, dosagem 13 mg/L, Q= 10,8 L/min	98
Tabela 5.25 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria/ DMAE, dosagem 13 mg/L, Q= 10,8 L/min	98
Tabela 5.26 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia/ CORSAN, dosagem 6 mg/L, Q= 10,8 L/min	99
Tabela 5.27 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia/ CORSAN, dosagem 6 mg/L, Q= 20 L/min	100
Tabela 5.28 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia/ CORSAN, dosagem 6 mg/L, Q= 40 L/min	101
Tabela 5.29 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia/ CORSAN, dosagem 6 mg/L, Q= 40 L/min	101
Tabela 5.30 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia/ CORSAN, dosagem 13 mg/L, Q= 40 L/min	102
Tabela 5.31 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia/ CORSAN, dosagem 13 mg/L, Q= 40 L/min	103
Tabela 5.32 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 40 L/min	104
Tabela 5.33 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 40 L/min	104
Tabela 5.34 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 20 L/min	105

Tabela 5.35 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda/ DMAE, dosagem 6 mg/L, Q= 10,8 L/min	106
Tabela 5.36 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda/ DMAE, dosagem 13 mg/L, Q= 40 L/min	107
Tabela 5.37 Resultados do teste de desinfecção em Estação Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda/ DMAE, dosagem 13 mg/L, Q= 40 L/min	108
Tabela 5.38 Resultados do teste de desinfecção na ETE IPH UFRGS, dosagem 6 mg/L, Q= 10,8 L/min	110
Tabela 5.39 Resultados do teste de desinfecção na ETE IPH UFRGS, dosagem 6 mg/L, Q= 20 L/min	111
Tabela 5.40 Resultados do teste de desinfecção na ETE IPH UFRGS, dosagem 6 mg/L, Q= 40 L/min	111
Tabela 5.41 Resultados do teste de desinfecção na ETE IPH UFRGS, dosagem 6 mg/L, Q= 40 L/min	112
Tabela 5.42 Resultados do teste de desinfecção na ETE IPH UFRGS, dosagem 13 mg/L, Q= 40 L/min	113
Tabela 5.43 Resultados do teste de desinfecção na ETE IPH UFRGS, dosagem 13 mg/L, Q= 40 L/min	113
Tabela 5.44 Comparativo dos Resultados em Estação Piloto	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos

DPD – Difenil Posforic Demand

DAS – Dimensional Anode Stable

K_b – Constante de Decaimento Bacteriano

OPS – Organização Panamericana da Saúde

PROSAB – Programa de Saneamento Básico

THMs - Trihalometanos

UASB – Reator Anaeróbio de Manto de Lodo de Fluxo Ascendente

1. INTRODUÇÃO

A razão fundamental da desinfecção da água é diminuir o risco de enfermidades por ela transmitidas através da destruição ou inativação dos diversos organismos patogênicos que estão ou podem estar presentes nas fontes em que as pessoas utilizam para satisfazer suas necessidades básicas. Quando se necessita de um abastecimento contínuo e idôneo, a desinfecção se constitui numa das barreiras mais importantes contra as enfermidades transmitidas pela água.

Numerosos estudos nos últimos 50 anos têm demonstrado a grande importância e os benefícios da desinfecção da água potável. As experiências tem confirmado a factibilidade e eficácia da desinfecção e do dimensionamento correto de sistemas distribuidores no abastecimento seguro de água para beber, cozinhar, lavar talheres e pratos e para higiene pessoal como um meio de impedir a disseminação das enfermidades veiculadas pela água.

De acordo com (Yáñez, 1984), mesmo que as autoridades de saúde pública da América Latina e do Caribe tenham empreendidos grandes esforços, é inegável que as doenças oriundas do consumo de água em condições inadequadas assume proporções assustadoras. As enfermidades gastrointestinais ainda ocupam lugar de destaque no cenário do saneamento, uma vez que se constituem em uma das dez principais causas de óbitos nesses países e ainda, é a primeira ou segunda causa de morte nos 5 países com a menor expectativa de vida.

Uma das principais causas de mortalidade é devida à inadequada disposição das águas residuárias que em torno de 90% não são tratadas e simplesmente lançadas indiscriminadamente nos corpos receptores. É diante desse quadro desolador que surge a necessidade de lançarmos mão de técnicas que possibilitem minimizar a ação agressiva das águas residuárias despejadas nos mananciais tornando-os impróprios devido aos elevados índices de contaminação por excrementos humanos. A contaminação através das fezes dos animais de sangue quente se constituem em indicadores da situação de poluição dos corpos de água dentre as quais podem ser destacadas as cepas de **Salmonela**, **Shigella**, **Leptospira**, **Escherchia coli**, **Mycobacterium**, **Pasteurella**, **Vibrio**, **Endamoeba Histolytica**, ovos de helmintos e **Streptococos Fecais**.

A indiscutível eficiência da cloração como técnica de atenuação dos organismos patogênicos devido a sua grande ação bactericida tem contribuído para que seja largamente empregado com uma série e objetivos numericamente superiores aos comumente colimados na cloração convencional. Nos dias de hoje, no entanto, a desinfecção das águas residuárias utilizando o cloro tem se mostrado atualmente bastante problemática levando-se em consideração a vasta quantidade de subprodutos formados pela combinação do cloro com as demais substâncias presentes nos despejos, os principais subprodutos que podem ser destacados são os trihalometanos, benzenoclorados, clorofenóis e os ácidos haloacéticos, constituindo-se nos principais compostos carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos interferido na saúde humana.

Diante da impossibilidade da utilização do método convencional do cloro gasoso ou líquido como um agente desinfetante seguro, surge a necessidade da adoção de técnicas e produtos que proporcionem resultados de desinfecção tão eficientes como os obtidos com o cloro gasoso associado a um melhor desempenho frente a formação de subprodutos danosos à saúde humana.

Ao longo dos anos várias proposições vem sendo testadas para oferecer um substituto formal alternativo para as técnicas convencionais de desinfecção, bem como, eventuais associações de mais de um produto químico e ou processo físico. O emprego do Ozônio vem sendo realizado para essa finalidade com resultados bastante satisfatórios, além dele, o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), dióxido de cloro (ClO_2), permanganato de potássio, ferrato de sódio ou de potássio (K_2FeO_4) e o hipoclorito de sódio, bem como as técnicas de desinfecção física como o uso da radiação ultra violeta (UV) e osmose reversa.

Segundo (OPS 1995), a seleção de um desinfetante consiste em obter a máxima eficiência do produto frente a mais ampla variedade microbiológica esperada, maior economia geral e efeitos indesejáveis mínimos sobre a água que vai ser tratada. Em circunstâncias normais nenhum sistema de desinfecção atinge essas metas. É por isso então, uma iniciativa importante considerar primeiro a importância hierárquica dos objetivos para a aplicação específica e logo estabelecer um equilíbrio razoável entre as prioridades de desempenho.

Dentre as técnicas disponíveis, a desinfecção com o íon hipoclorito de sódio apresenta algumas vantagens em relação às demais e por isso, se constitui em objeto

de estudo sendo empregado mais largamente em experimentos correntes e joga papel importante na etapa de desinfecção em sistemas domiciliares e no meio rural.

Especificamente no caso do hipoclorito as principais vantagens que se pode enumerar são:

- ❖ capacidade de utilização sem a necessidade de armazenamento de grandes quantidades para posterior aplicação (para os casos de geração “*in situ*”).
- ❖ custo bastante favorável em relação à maioria dos demais desinfetantes similares.
- ❖ não apresentar a elevada produção de subprodutos e elementos indesejáveis para a preservação da saúde humana.
- ❖ apresentar grande facilidade de controle e de manutenção do processo.
- ❖ dispensar a utilização de grande espaço físico para a instalação do gerador (para os casos de geração “*in situ*”).
- ❖ necessitar apenas de energia elétrica para o funcionamento do gerador
- ❖ funcionar normalmente sob qualquer condição climática e ambiental.
- ❖ Apresentar eficiência compatível à do gás cloro (no caso específico do íon hipoclorito)

Os resultados podem ser tão bons que a SABESP começou a adotar o hipoclorito de sódio em várias ETE's do estado de São Paulo com resultados bastante satisfatórios em termos operacionais de custo e de qualidade sanitária e ambiental.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência desinfetante do íon hipoclorito de sódio, analisando comparativamente sua ação bactericida em efluentes tratados oriundos de quatro formas diferentes de tratamento. Além disso, o trabalho avaliou também quantitativamente e qualitativamente a eventual formação de subprodutos dessa desinfecção.

Os tipos de efluentes que foram investigados nesse estudo são:

- ❖ efluente tratado de reator UASB, Vila Esmeralda, do DMAE.

- ❖ efluente tratado do sistema de lagoas de estabilização, ETE Serraria, do DMAE.

- ❖ efluente tratado do sistema de lodos ativados, ETE S.João/Navegantes do DMAE. Sendo substituído pelo sistema da ETE SAPUCAIA da CORSAN durante a segunda fase do experimento.

- ❖ efluente tratado do sistema de Reator Seqüencial em Batelada, ETE Campus da UFRGS.

CAPÍTULO 4 METODOLOGIA

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização Do Experimento

Para realização do experimento, foi montada uma estação piloto a qual a princípio deveria ser deslocada para as quatro ETEs onde seria estudada a desinfecção das quatro diferentes formas de tratamento das águas residuárias. Devido a dificuldades de locomoção e aumento de custos optou-se por realizar a coleta através de caminhão e realizar o ensaio no laboratório.

Além do sistema piloto foram realizados testes de bancada usando para isso o laboratório do Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Observou-se a eficiência comparativa do íon hipoclorito como agente desinfetante frente aos quatro tipos de efluentes tratados e frente às duas formas testadas, bem como a incidência da formação de eventuais subprodutos devido à ação desse desinfetante.

A realização deste experimento consistiu basicamente na abordagem de esgotos de natureza doméstica, sendo avaliados três efluentes originários de coleta do sistema público municipal e um referente aos despejos do sistema de esgotamento do campus do vale da UFRGS. Os esgotos que integram este experimento cumprem as formas principais de tratamento e apresentam comportamentos e resultados diferentes frente à ação bactericida do produto que foi ministrado.

As formas de tratamento de efluentes que integraram o experimento são:

- ❖ sistema de tratamento por lagoas de estabilização,
- ❖ sistema de tratamento por lodos ativados com aeração estendida,
- ❖ sistema de tratamento de reator UASB,
- ❖ sistema de tratamento por lodos ativados em batelada,

4.2 Etapas do procedimento experimental

O experimento foi dividido em duas etapas, na primeira serão realizados testes em batelada de desinfecção com hipoclorito de sódio dos quatro tipos diferentes de esgotos tratados. Foi realizado ainda o processo de decloração com o auxílio do sulfito de sódio.

A segunda etapa compreendeu a utilização de uma estação piloto onde se simulava uma situação mais próxima da real para a mistura do hipoclorito de sódio. Para a realização das duas etapas do experimento, em nível estático e hidrodinâmico, foi disponibilizado o equipamento que se encontra mostrado nas figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4.

Tanto na estação piloto como no teste estático de bancada, foram adotadas diferentes dosagens de hipoclorito de sódio a fim de mensurar sua eficiência diante de diferentes concentrações.



Fig 4.1 Equipamento para o teste em batelada (Jar Test).



Fig 4.2: Equipamento para o teste em estação piloto.

Fig 4.3: Detalhe do equipamento para o teste em estação piloto.



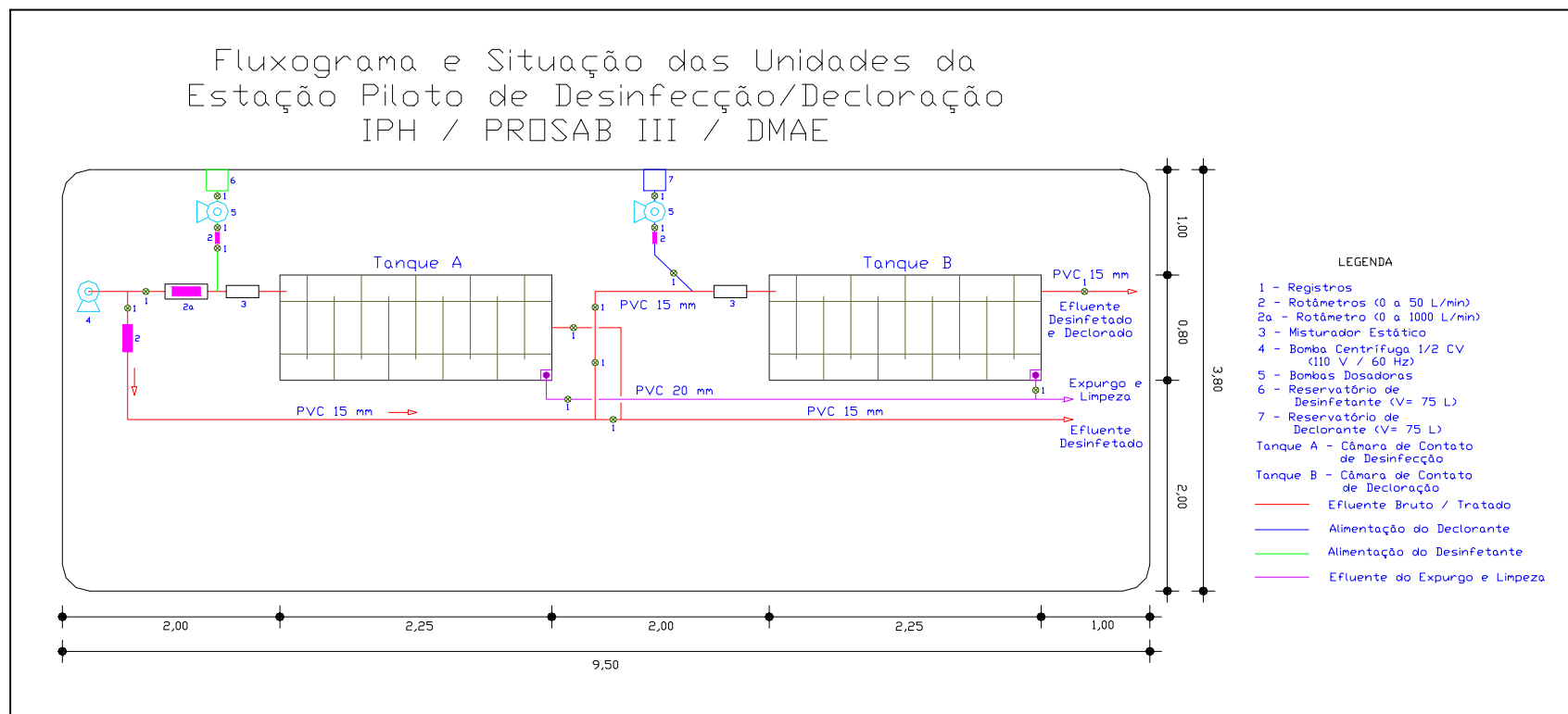


Fig. 4.4: Planta do sistema de estação piloto.

4.2.1 Primeira etapa do procedimento experimental

A primeira etapa do experimento foi realizada através dos testes de batelada. Através do modelo de batelada foi medida a eficiência da desinfecção dos quatro tipos de efluentes através da hipocloração *in situ* com o desinfetante hipoclorito de sódio, produzido por via eletrolítica a partir da salmoura. O procedimento foi viabilizado através da produção de hipoclorito de sódio por um gerador de 25L de hipoclorito a 0,9% , durante 8 horas de produção. Para realização dos testes foram utilizadas as dosagens de cloro total de 0,0; 0,5; 1,2; 2,7; 3,6; 4,9 e 6,9mg/L considerando-se ainda um tempo padrão de 30 minutos, conforme recomendação de Metcalf e Edy para tanques de contato de cloro desinfetando efluentes tratados. A figura 4.5 ilustra o equipamento utilizado para a geração do hipoclorito de sódio



Fig 4.5: Detalhe do equipamento gerador de hipoclorito.

Determinada a melhor dosagem, utilizando-se uma escala logarítmica a fim de evitar tendenciosidades, utilizando ainda intervalos de tempo variando de 0 a 40 minutos foram realizados os testes cinéticos. Uma vez determinada a melhor dosagem, foram ensaiadas concentrações diferentes de sulfito de sódio na forma líquida.

4.2.2 Segunda etapa do procedimento experimental

O teste hidrodinâmico foi realizado tomando-se por base a dosagem mais conveniente obtida por ocasião dos testes em batelada. Essas dosagens foram ministradas em valores proporcionais à vazão através do auxílio de bombas dosadoras se produto líquido ou de dispensers se produto sólido. Os tempos de duração dos testes foram de 2, 4, 6, 8 e 20 horas dependendo da conveniência ou necessidade do teste. Conseqüentemente, tivemos um grande número de testes hidrodinâmicos uma vez que, tínhamos duas dosagens, um desinfetante; três, quatro ou cinco tempos de duração e quatro tipos diferentes de efluentes.

No método hidrodinâmico, foram adotadas as vazões de 10,8; 20 e 40L/s, o que reflete um equivalente populacional de 130, 240 e 480 habitantes respectivamente. O volume da estação piloto será de 900L sendo que as vazões lhe conferirá três diferentes tempos de detenção. A estação foi composta por chicanas que permitiram um melhor desempenho do agente desinfetante empregado. Foi ainda realizada uma verificação do real tempo de detenção através da utilização de um traçador de Lítio lançado em água limpa.

Na estação piloto também será realizada a etapa de decloração dos efluentes tratados com a concentração otimizada nos testes em batelada. Foi utilizado um tanque com as mesmas características hidráulicas para decloração, que foi utilizada para a cloração uma vez que, os tempos e a cinética de reação para a decloração é a mesma para a cloração.

Ainda nessa fase, foram investigadas a ocorrência de níveis de cloro residual livre e a presença de subprodutos da desinfecção clorada.

4.3 Equipamento experimental

Da mesma forma que o procedimento experimental, os equipamentos utilizados para a execução do experimento podem ser divididos em dois grupos. O primeiro grupo compreende os equipamentos associados ao trabalho dos testes de batelada e o segundo aos testes em estação piloto.

4.3.1 Equipamento experimental para o teste de batelada

O teste de batelada foi realizado utilizando o mesmo aparelho usado para realizar o teste de clarificação de água (Jar Test). Nos seis jarros do aparelho foram distribuídas as seis dosagens previstas no experimento. O processo foi repetido para os quatro tipos de efluentes que foram utilizados no experimento. Para cada tipo de efluente que foi estudado, foi determinada dosagem de hipoclorito de sódio ideal conforme sua eficiência na remoção de organismos patogênicos

Para a determinação dos residuais de cloro presente nas amostras de esgoto clorado foi usado o método do DPD, onde foram determinadas as quantidades de cloro residual livre, combinado e total. Para a realização do ensaio em batelada, primeiramente foi feita a coleta das amostras de águas residuárias. Nos quatro tipos de efluentes analisados a coleta se deu de forma que se tivesse uma amostragem mais representativa possível das características dos esgotos presentes no sistema de tratamento. Foram coletados um total de 25 litros de cada tipo de esgoto, sendo que os 25 litros foram divididos em oito coletas ao longo do dia em intervalos de uma hora entre cada coleta. Essa prática observa de maneira muito boa os diferentes estágios em que se apresentam os esgotos no sistema de tratamento ao longo do dia

Na medida que os esgotos eram coletados, no exato momento da coleta eram medidos os valores dos parâmetros físico-químico das amostras através de uma sonda. Os principais parâmetros que foram medidos eram:

- ❖ Temperatura

- ❖ Sólidos dissolvidos totais (STD)

- ❖ Oxigênio dissolvido (OD)

- ❖ Salinidade

- ❖ Condutividade

As planilhas mostram o comportamento dos efluentes frente ao tratamento, bem como seu comportamento ao longo do dia especificamente no período considerado na coleta.

Tão logo eram encerradas as coletas, já no laboratório iam sendo realizadas as análises de coliformes fecais e totais para que se tivesse uma amostragem fiel do grau de contaminação por esses organismos quando se encerrava a etapa do tratamento na estação. Além das análises de coliformes, eram determinados os valores de oxigênio dissolvido, uma vez que esse se constitui também em um parâmetro de grande importância para o experimento. Os valores de OD eram determinados no momento da coleta porém, a sonda que fornecia os dados poderia sofrer alterações devido ao grande número de vezes que era utilizada ao longo do período. A análise de OD feita em bancada no laboratório, se constituía em uma confirmação dos dados fornecidos pela sonda e representava a média dos valores obtidos ao longo dos intervalos do período da coleta.

O material coletado era acondicionado em um refrigerador para que no dia seguinte fossem realizados os testes de desinfecção. Depois de realizados os testes de bancada com hipoclorito e processada a decoloração as amostras de esgoto desinfetado/decolorado eram armazenadas em diferentes tipos de recipientes de diferentes volumes para que em seguida fossem realizadas as análises pertinentes. As tabelas 4.1, 4.2 e 4.3, mostram os resultados obtidos durante as coletas.

Tab. 4.1: Resultados da análise por sonda (ETE S. J. Navegantes/ DMAE Porto Alegre).

Estação de Tratamento de Esgoto - São João/ Navegantes				
Hora	Coleta (07/05/2001)			
	pH	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	SDT (g/L)
10h	7,9	8,00	22,0	0,29
11h	7,8	7,09	21,9	0,31
12h	7,8	6,90	21,9	0,3
13h	7,8	7,10	22,1	0,32
14h	7,9	6,80	22,2	0,33
15h	7,8	6,70	22,1	0,34
16h	7,9	6,50	22,1	0,34
17h	7,9	6,30	22,1	0,34

Tab. 4.2: Resultados análise por sonda (ETE Serraria/ DMAE Porto Alegre).

Estação de Tratamento de Esgoto – Serraria/ DMAE				
Hora	Coleta (18/04/2001)			
	pH	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	SDT (g/L)
10h	7,2	7,64	23,2	0,18
11h	8,0	7,36	23,6	0,179
12h	7,9	6,02	24,2	0,181
13h	7,0	6,85	25,1	0,186
14h	7,8	6,79	25,5	0,191
15h	7,3	7,01	26,2	0,196
16h	8,2	7,45	26,1	0,19
17h	8,3	7,48	25,6	0,187

Tab. 4.3: Resultados análise por sonda (ETE Esmeralda/ DMAE Porto Alegre).

Estação de Tratamento de Esgoto – Esmeralda/ DMAE				
Hora	Coleta (07/05/2001)			
	pH	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	SDT (g/L)
10h30min	6,8	5,57	19	0,488
11h30min	6,8	5,11	19,2	0,490
12h30min	6,8	4,16	19,2	0,490
13h30min	6,8	4,00	19	0,490
14h30min	Coleta interrompida devido à chuva.			
15h30min				
16h30min				
17h30min				

O sistema operacional da ETE Esmeralda obriga que a estação seja desligada em casos de chuva, e a amostra diária ficou reduzida a esses horários.

As figuras 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 ilustram os procedimentos de campo para a coleta.



Fig. 4.6: Coleta de amostras



Fig. 4.7: Separação de volume



Fig. 4.8: Separação do volume



Fig. 4.9: Análise da amostra pela sonda analítica.

4.3.2 Equipamento experimental para o teste em estação piloto

Na segunda fase do procedimento experimental foram feitas algumas substituições de procedimentos em relação aos verificados na etapa dos testes em batelada. No caso da coleta, essa teve de ser feita através de um caminhão sugador semelhante aos utilizados para limpezas de fossas domiciliares. O efluente do sistema de tratamento de São João / Navegantes foi substituído pelo sistema ETE Sapucaia/ CORSAN.

Para o teste em estação piloto, além dos quatro diferentes tipos de efluentes, foram realizadas variações de vazão (que representam diferentes tipos de tempos de detenção) e variações de dosagens de hipoclorito. O esgoto coletado através do caminhão era analisado pela sonda de forma semelhante ao do teste em batelada, em seguida passava a ser realizado o teste propriamente dito. O principal objetivo da estação piloto é o de fornecer ao experimento uma simulação muito próxima das condições verificadas em escala real. O equipamento foi desenvolvido de forma a fornecer aos esgotos a serem ensaiados condições adequadas de mistura e de tempo de detenção

As figuras 4.10, 4.11 e 4.12 ilustram o equipamento utilizado para a realização do teste.



Fig. 4.10: Vista da estação piloto.

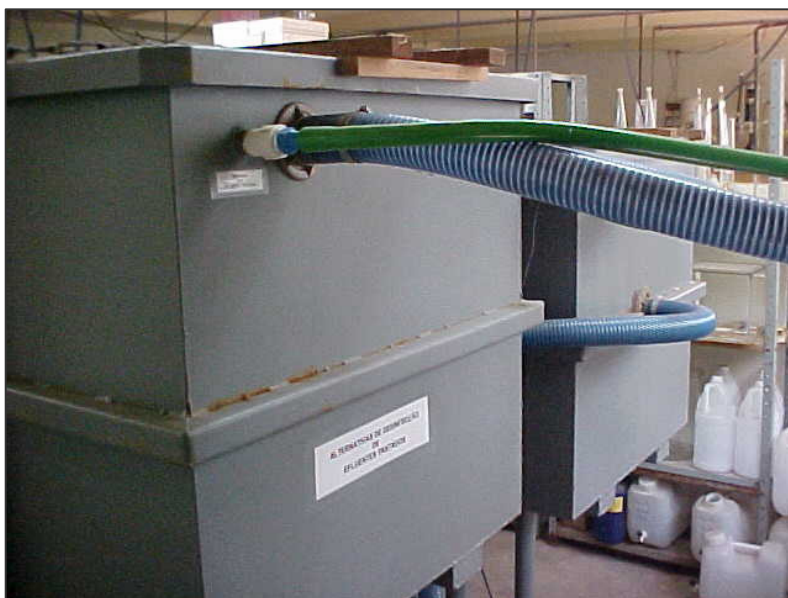


Fig.4.11: Detalhe do tanque de desinfeção.



Fig.4.12: Detalhe do tanque de desinfeção.

4.4 Procedimento analítico

Como citado anteriormente, depois de realizados os ensaios tanto de batelada como o teste hidrodinâmico, as amostras de esgotos clorados / dechlorados eram coletadas em recipientes e volumes adequados aos tipos de análises que seriam mais tarde realizadas. A melhor forma de se mensurar os efeitos da desinfecção e de se inferir possíveis conclusões a respeito do experimento é elencando uma série de análises.

De um modo geral, o processo analítico realizado na segunda etapa se assemelha bastante com o concebido na primeira etapa do experimento diferindo um pouco em função das características e particularidades que cada tipo de etapa apresentava.

4.4.1) Processo analítico da primeira fase experimental

As análises praticadas na primeira fase experimental podem ser divididas em três grupos:

- ❖ Preliminares

- ❖ Imediatas

- ❖ Posteriores

No momento da coleta durante o trabalho de campo, como já citado, eram realizados ensaios que forneciam uma amostragem instantânea dos parâmetros em que se encontravam os esgotos. Esses associados com os testes de OD e coliformes fecais e totais realizados no mesmo dia da coleta formaram o grupo de análises que eram realizadas antes mesmo de se iniciar o experimento por isso chamadas de preliminares.

Durante, ou imediatamente após a execução do experimento eram realizadas análises nos esgotos que se convencionava chamar de imediatas. Nesse grupo eram realizadas as análises de cloro livre, combinado e total, coliformes fecais e totais, cor, turbidez, pH, alcalinidade.

No momento em que se encerrava o ensaio de desinfecção, começava a etapa de coleta de amostras. O conjunto de amostras coletadas nessa fase era chamado de análises posteriores.

- ❖ Oxigênio Dissolvido (OD)
- ❖ Demanda Química de Oxigênio (DQO)
- ❖ Fosfatos
- ❖ Sulfatos
- ❖ Nitrogênio Total
- ❖ Nitrogênio Amoniacal
- ❖ Nitritos
- ❖ Nitratos

As análises realizadas pertencentes aos três grupos do processo analítico foram sempre monitoradas segundo regulamentação do Standard Methods 20th. A exceção se verifica nas análises de campo que eram realizadas por sonda e informadas pela leitura em tela, não sendo contempladas por padronização da literatura.

4.4.2 Processo analítico da segunda fase experimental

A parte analítica da segunda etapa da fase experimental foi muito semelhante a da primeira fase. As diferenças residiram no fato de nessa etapa serem realizadas as análises de:

- ❖ Trihalometanos
- ❖ Fluoretos
- ❖ Cryptosporidium
- ❖ Giárdia

As análises acrescentadas todas eram pertencentes ao terceiro grupo analítico. Outro aspecto que gerou diferença no procedimento se verifica no fato de na segunda etapa por se tratar de sistema piloto, o expediente de trabalho em termos analíticos diferia do teste em batelada.

4.5 Validação estatística

A validação estatística se refere principalmente ao número mínimo de repetições dos experimentos para assegurar que os resultados sejam representativos das populações a um determinado nível de significância.

Dessa forma, os resultados do teste em batelada iniciais serão a média dos três testes. Com o conhecimento adquirido naqueles testes a respeito das características dos efluentes e das eficiências e desinfecção, não se necessitaria repetir os testes cinéticos ou hidrodinâmicos, pois a aleatoriedade das coletas e testes contribuiu para a alta significância e representatividade dos bons resultados alcançados a seguir descritos.

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e as discussões pertinentes ao experimento serão apresentados divididos conforme as duas etapas do estudo. Primeiramente, serão apresentados os resultados e considerações a respeito do teste em batelada, em seguida será abordado o teste em estação piloto.

5.1 Resultados da primeira etapa experimental

A primeira etapa do experimento compreendeu os testes em regime de batelada onde serão explicitados os resultados obtidos diante das quatro diferentes formas de tratamento. Serão abordados ainda os resultados obtidos diante do ensaio cinético que se constitui em etapa posterior ao experimento com diferentes dosagens.

5.1.1 Resultados do teste em efluentes das lagoas de estabilização

Os primeiros resultados já eram conhecidos no momento da coleta, onde os parâmetros físico- químicos eram determinados pela sonda analítica. A tabela 5.1 mostra os resultados obtidos no exato momento da coleta.

Tab. 5.1: Resultados das análises de campo da ETE Serraria DMAE / P. Alegre - 2001

Estação de Tratamento de Esgotos – Serraria / DMAE							
Hora	Coleta (18/04/2001)						
	pH	Condutividade (mS/cm)	ORP (mV)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	Salinidade (ppm)	SDT (g/L)
9h	7,2	0,267	146,5	7,64	23,2	0,12	0,180
10h	8,0	0,268	116,7	7,36	23,6	0,13	0,179
11h	7,9	0,274	120,5	6,02	24,2	0,13	0,181
12h	7,0	0,286	187,7	6,85	25,1	0,14	0,186
13h	7,8	0,296	131,4	6,79	25,5	0,14	0,191
14h	7,3	0,305	201,5	7,01	26,2	0,14	0,196
15h	8,2	0,297	136,4	7,45	26,1	0,14	0,190
16h	8,3	0,292	149,5	7,48	25,6	0,14	0,187

Os resultados obtidos nesse período de amostragem se identificam de fato com as águas residuárias oriundas das lagoas de estabilização. Considerando os resultados principalmente de pH e oxigênio dissolvido, nota-se um gradual aumento dos valores ao logo dos três últimos horários do período.

Isso se justifica, devido ao fato de que nesse horário ocorreu uma intensa atividade lumínica o que resulta em uma grande ação fotossintetizante reduzindo sensivelmente a concentração de matéria orgânica reduzindo a acidez do meio. Da mesma forma, aumentando a fotossíntese resulta em um considerável acréscimo dos níveis de oxigênio dissolvido.

O ensaio de batelada começava a ser realizado no dia seguinte. Ainda no dia da coleta em laboratório, era realizada a análise de coliformes fecais e totais o que representava o teste em branco (sem desinfetante). No dia posterior ao da coleta, de posse do equipamento de Jar test, se distribuía aos seis jarros o volume de dois litros de amostra coletada para cada jarro.

Nos jarros eram distribuídas as dosagens de hipoclorito em ordem crescente. O sistema era posto em agitação pelo período de trinta minutos momento no qual era coletada uma amostra para a determinação dos níveis de cloro residual. Tão logo terminasse a coleta, era ministrada a solução de sulfito de sódio afim de que cessasse a ação desinfetante de íon hipoclorito. A tabela 5.2 mostra os resultados das análises de cloro residual.

Tab. 5.2: Análise de determinação de cloro residual da ETE Serraria DMAE / P. Alegre

Estação de Tratamento de Esgotos – Serraria / DMAE							
Item	Análise de Cloro Residual						
	Dosagem (mg/L)						
	Branco	0,5	1,2	2,7	3,6	4,9	6,0
Cloro Livre	0,0	0,0	0,05	0,10	0,20	1,05	2,70
Monocloramina	0,0	0,0	0,40	1,30	1,85	2,35	1,70
Dicloramina	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cloro Comb.	0,0	0,0	0,40	1,30	1,85	2,35	1,70
Cloro Residual	0,0	0,0	0,45	1,40	2,05	3,40	4,40

Os resultados das análises de cloro residual para os esgotos das lagoas de estabilização se mostraram com um comportamento dentro do esperado. Na medida em que se aumentava a dosagem do desinfetante era verificado um aumento gradual dos valores de cloro residual livre o que já era esperado que ocorresse.

Um aspecto muito importante que foi observado é a ausência de dicloraminas devido principalmente às características químicas desse tipo de água residuária das lagoas de estabilização. Outro fato que chama bastante a atenção é o de que a partir da dosagem de 2,70 mg/L; diminuindo do valor da dosagem ministrada o valor do cloro residual, temos um saldo que varia em torno de 1,55 mg/L a 1,30 mg/L. Esse cálculo representa a demanda de cloro o que se mantém constante dentro desses valores de dosagens como deveria de fato ocorrer.

O dado de demanda aproximadamente constante em torno de 1,50 mg/L para as últimas quatro dosagens é um bom indicativo da exatidão do teste e do procedimento analítico.

A partir da determinação dos residuais de cloro, começa a etapa das análises posteriores. A primeira a ser determinada foi a dos coliformes fecais e totais, onde se tornou possível estabelecer as comparações entre o teste de dosagem de cloro e a eficiência na inativação dos patogênicos. A tabela 5.3 mostra os resultados de eliminação dos coliformes frente à ação das diferentes dosagens adotadas.

Tab. 5.3: Análise de determinação de Coliformes Fecais e Totais da ETE Serraria DMAE
Estação de Tratamento de Esgotos – Serraria / DMAE

Item	Análise de Coliformes Fecais e Totais						
	Dosagem (mg/L)						
	Branco	0,5	1,2	2,7	3,6	4,9	6,0
Coliformes Totais (NMP)	$5,9 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$4,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^1$	$1,35 \times 10^0$
Coliformes Fecais (NMP)	$3,0 \times 10^3$	$6,2 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	$6,3 \times 10^0$	<1
LOG(N/No) (Totais)	0,0	-0,57	-1,17	-2,29	-3,29	-4,47	-5,64
LOG(N/No) (Fecais)	0,0	-0,68	-1,0	-2,18	-2,48	-2,70	-3,48

Como já seria de se esperar a dosagem de 6,0 mg/L foi a que apresentou o melhor desempenho em termos de inativação de patogênicos. Com a faixa de dosagens adotadas, foi possível cobrir todos os valores de contaminação bacteriológica desde os valores de dosagem em branco até o ponto de eliminação total de coliformes. Foi observada uma relação relativamente constante de decaimento bacteriano entre os valores de coliformes totais e os fecais. Uma visualização mais detalhada do decaimento bacteriano em função da variação das dosagens ministradas pode ser notada no gráfico da figura 5.1.

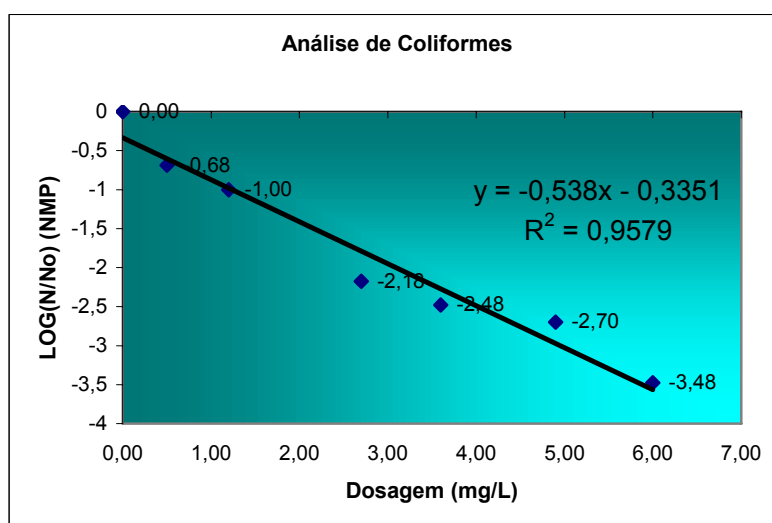


Fig. 5.1: Eficiência de eliminação de Colif. Fecais ETE Serraria

Concluídos os testes de coliformes fecais, passava-se então para a etapa das demais análises previstas para o experimento. Ao passo que eram realizadas as demais análises, ia sendo posto em prática o ensaio do teste cinético.

A figura 5.2 ilustra os resultados obtidos em termos de cor que foram encontrados nas amostras cloradas/ dechloradas.

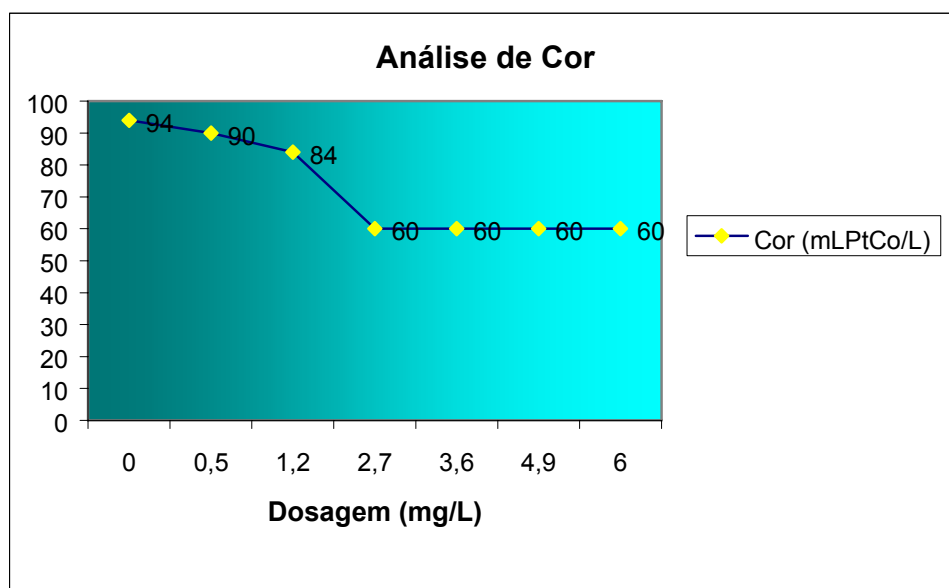


Fig 5.2: Resultados de Cor da ETE Serraria DMAE / Porto Alegre.

Os dados encontrados para as análises de cor representam de forma bastante significativa a ação do Hipoclorito de Sódio sobre esse parâmetro. Nesse caso, os resultados ficaram dentro da estimativa, verificou-se nas maiores dosagens uma redução de mais de 30% do valor inicial do parâmetro com dosagem zero de Hipoclorito.

Durante as análises de cor, também foram realizadas as determinações de pH, alcalinidade, nitrogênio, DQO, fosfatos e sulfatos. As figuras 5.3, 5.4, ilustram os resultados obtidos.

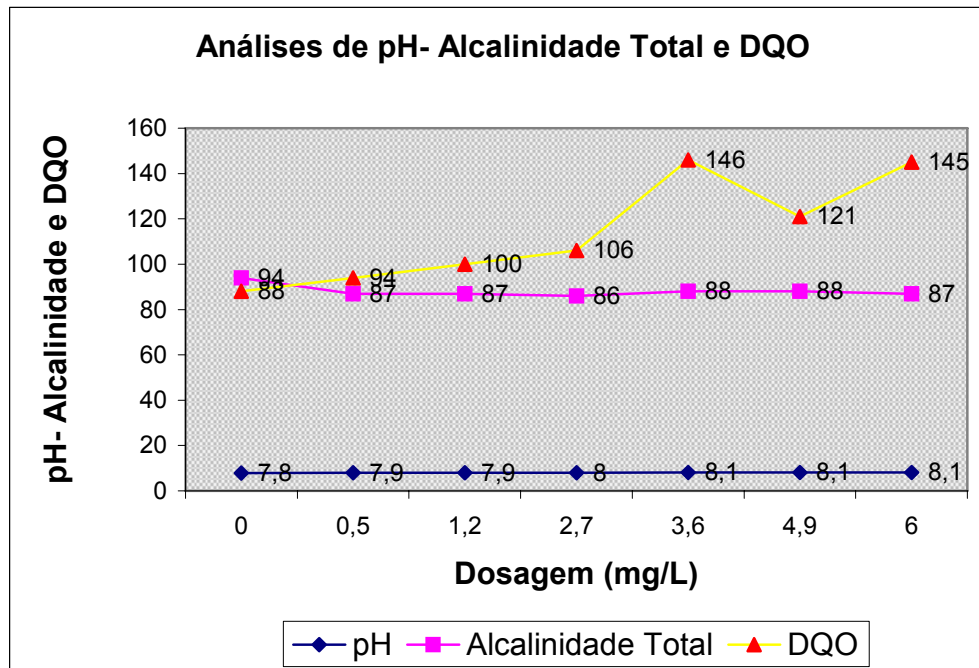


Fig 5.3: Resultados de pH, Alcalinidade e DQO da ETE Serraria DMAE / Porto Alegre 2001.

Os resultados de DQO apresentados na figura 5.3, mostraram um notável crescimento de consumo de oxigênio enquanto se aumenta os valores da dosagem de desinfetante. Isso combinado, com a crescente adição de Sulfito de Sódio. No caso do pH e alcalinidade, se verificou que os valores se mantiveram constantes ao longo da variação de dosagens.

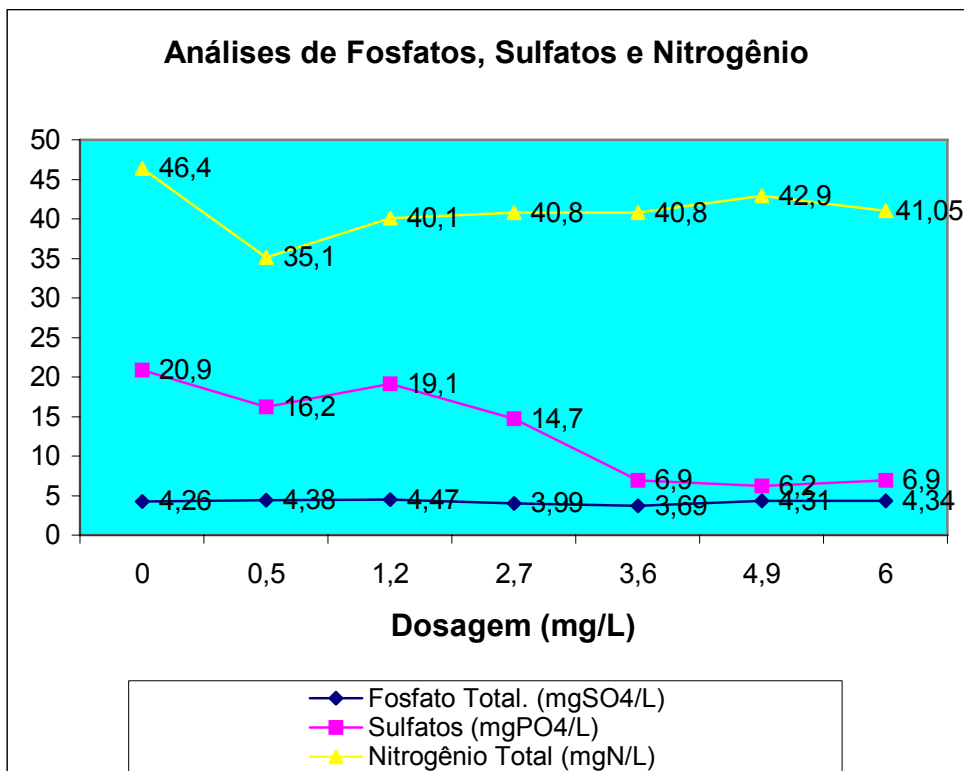


Fig 5.4: Resultados de Fosfatos, Sulfatos e Nitrogênio da ETE Serraria DMAE

No caso dos fosfatos não se verificou variação de concentração. Em termos de sulfatos e nitrogênio, foi observada uma redução substancial das concentrações principalmente em relação aos teores de sulfatos.

Em função dos resultados de coliformes fecais, considerando os resultados das demais análises, foi escolhida a dosagem de 2,70mg/L para a execução do ensaio cinético. A tabela 5.4 e a figura 5.5 mostram os resultados deste teste para os efluentes do sistema de tratamento de esgotos da ETE Serraria do DMAE em Porto Alegre.

Tab. 5.4 Resultados do teste cinético da ETE Serraria DMAE / Porto Alegre.

ETE SERRARIA / DMAE				
ENSAIO DO TESTE CINÉTICO DOSAGEM: 2,70mg/L				
Tempo (min)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Log. (N/No) Colif. Totais	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Log. (N/No) Colif. Fec.
0	$5,9 \times 10^5$	0	$3,0 \times 10^3$	0
5	$8,3 \times 10^4$	-0,9	$7,3 \times 10^2$	-0,6
10	$4,0 \times 10^4$	-1,7	$2,0 \times 10^2$	-1,2
20	$7,2 \times 10^3$	-1,9	$5,2 \times 10^1$	-1,8
30	$3,0 \times 10^3$	-2,3	$2,0 \times 10^1$	-2,2
40	$6,2 \times 10^2$	-3,0	$3,1 \times 10^0$	-3,0

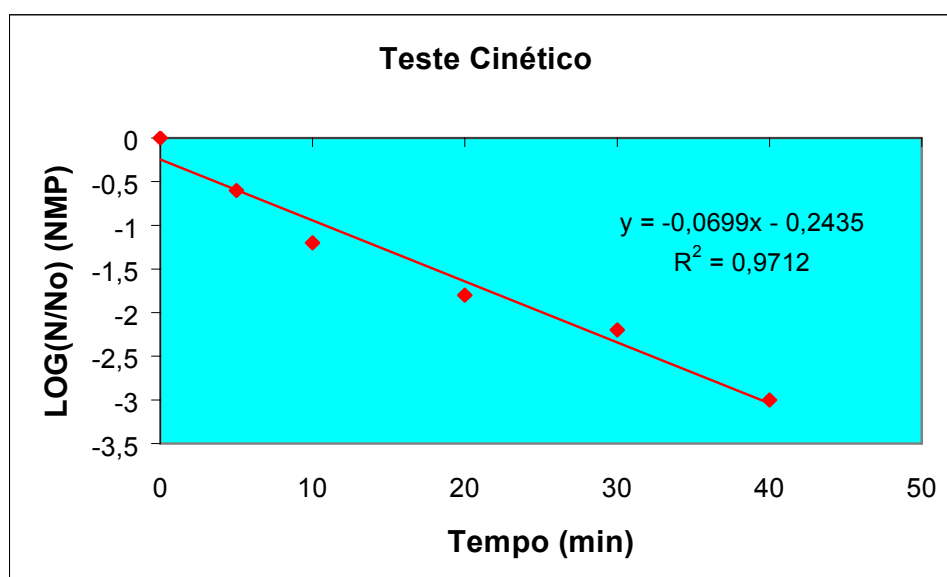


Fig: 5.5: Resultados do teste cinético da ETE Serraria DMAE / Porto Alegre.

A tabela e o gráfico mostram um decaimento exponencial do número de coliformes fecais em relação ao tempo de contato da água residuária com o desinfetante. Verificou-se pelo comportamento do gráfico, que a equação de decaimento bacteriológico apresenta um K na ordem de -0,070 NMP/min

5.1.2 Resultados do teste em efluentes do sistema de tratamento por lodos ativados de aeração extendida.

Da mesma forma que os demais efluentes abordados em teste de batelada, o procedimento experimental foi precedido das análises de campo durante a coleta. A tabela 5.5 mostra os dados obtidos em campo.

Tab. 5.5: Resultados das análises de campo da ETE S. J. Navegantes / DMAE - P. Alegre
Estação de Tratamento de Esgotos – S. J. NAVEGANTES / DMAE

Hora	Coleta (07/05/2001)						
	pH	Condutividade (mS/cm)	ORP (mV)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	Salinidade (ppm)	SDT (g/L)
10h	7,9	0,410	-8,9	8,00	22,0	0,19	0,29
11h	7,8	0,435	-17,9	7,09	21,9	0,23	0,31
12h	7,8	0,464	-34,5	6,90	21,9	0,24	0,3
13h	7,8	0,475	-36,4	7,10	22,1	0,24	0,32
14h	7,9	0,490	-42,4	6,80	22,2	0,25	0,33
15h	7,8	0,498	-51,0	6,70	22,1	0,25	0,34
16h	7,9	0,502	-57,5	6,50	22,1	0,26	0,34
17h	7,9	0,503	-58,2	6,30	22,1	0,26	0,34

A tabela apresenta uma constância nos valores de pH. Por outro lado, verifica-se ao longo do dia uma redução dos níveis de oxigênio dissolvido combinado com um crescimento dos valores de sólidos dissolvidos devido principalmente a sazonalidade de carga orgânica ao longo do dia.

A partir da disponibilidade da amostra coletada, são obtidos os dados de cloração da amostra a ser ensaiada. Como no procedimento das lagoas de estabilização, foi observado um tempo padrão de 30 minutos, para análise dos residuais de cloro. Além disso, após a coleta foi realizado o processo de decloração com o Sulfito de Sódio.

A tabela 5.6 mostra os residuais de cloro obtidos com as diferentes dosagens.

Tab. 5.6: Análise de determinação de cloro residual da ETE S. J. Navegantes / DMAE.

Estação de Tratamento de Esgotos - S. J. NAVEGANTES / DMAE							
Item	Análise de Cloro Residual						
	Dosagem (mg/L)						
	Branco	0,5	1.2	2.7	3,6	4,9	6,0
Cloro Livre	0,00	0,00	0,05	0,10	0,20	1,10	2,70
Monocloramina	0,00	0,00	0,40	1,30	1,90	2,40	1,70
Dicloramina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cloro Comb.	0,00	0,00	0,40	1,30	1,90	2,40	1,70
Cloro Residual	0,00	0,00	0,45	1,40	2,10	3,50	4,40

Os resultados de cloro residual para a ETE São João Navegantes novamente mostraram ausência de dicloraminas. Além disso, apresentaram residuais consideráveis de cloro livre, mantendo uma faixa de 1,50mg/L de demanda de cloro.

Tendo os jarros com as amostras cloradas / decoloradas se obteve os resultados das análises de coliformes fecais. Os resultados estão mostrados na tabela 5.7 e na figura 5.6.

Tab. 5.7: Análise de determinação de Coliformes Fecais e Totais da ETE S. J. Navegantes.

Estação de Tratamento de Esgotos - S. J. NAVEGANTES / DMAE							
Item	Análise de Coliformes Fecais e Totais						
	Dosagem (mg/L)						
	Branco	0,5	1.2	2.7	3,6	4,9	6,0
Coliformes Totais (NMP)	$4,1 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$1,3 \times 10^5$	$2,0 \times 10^3$	$4,3 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$	$4,2 \times 10^1$
Coliformes Fecais (NMP)	$1,2 \times 10^6$	$3,8 \times 10^5$	$1,3 \times 10^4$	$1,7 \times 10^2$	$2,4 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$
LOG(N/No) (Totais)	0,0	-0,31	-1,50	-3,31	-3,98	-4,36	-4,99
LOG(N/No) (Fecais)	0,0	-0,50	-1,97	-3,85	-4,70	-4,78	-5,08

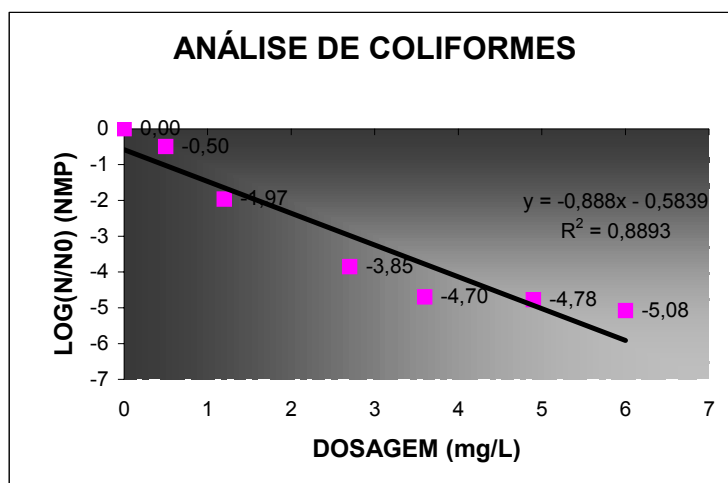


Fig. 5.6: Eficiência de eliminação de Colif. Fecais da ETE S. J. Navegantes / DMAE.

Os resultados dos testes de coliformes fecais, para efluentes de sistemas de lodos ativados, mostraram uma redução de mais de cinco casas logarítmicas para o ensaio de dosagem de 6,0 mg/L. Verificou-se também um certo equilíbrio de eficiência em relação as três últimas dosagens adotadas uma vez que, as eficiências variaram entre 4,70 a 5,08 unidades log.

Os resultados de cor devido à ação do Hipoclorito de Sódio sobre os esgotos de lodos ativados estão mostrados na figura 5.7.

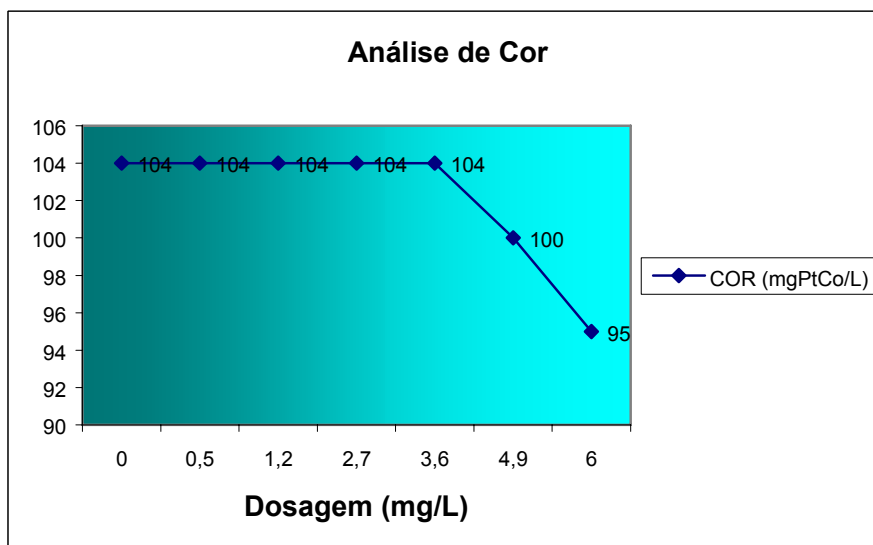


Fig. 5.7: Resultados de análise de Cor da ETE S. J. Navegantes / DMAE.

O resultados das análises de cor revelaram que após a dosagem de 3,6mg/L, houve grande influência do Hipoclorito de Sódio sobre esses parâmetros nos esgotos de lodos ativados. Os valores encontrados oscilaram em torno do valor encontrado para a amostra em branco do teste quando consideradas as pequenas dosagens. Para as dosagens maiores os resultados mostraram boa redução dos valores do parâmetro.

Ainda sobre as águas residuárias da ETE S. J. Navegantes, foram determinados os valores de pH, alcalinidade, nitrogênio, DQO, fosfatos e sulfatos. As figuras 5.8 e 5.9 ilustram os resultados.

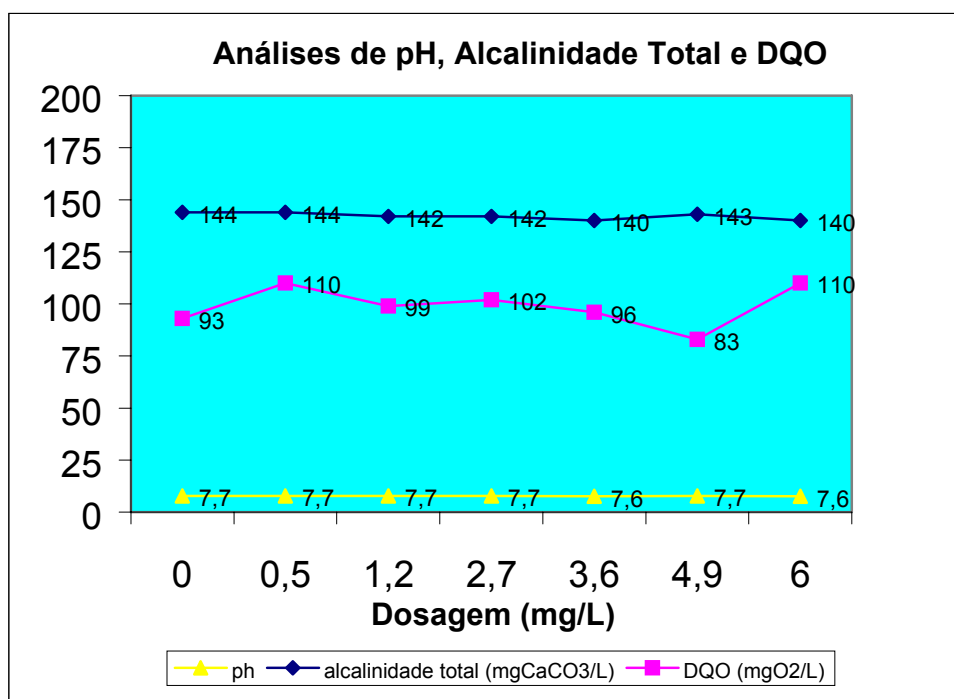


Fig 5.8: Resultados de pH, Alcalinidade e DQO da ETE S. J. Navegantes / DMAE.

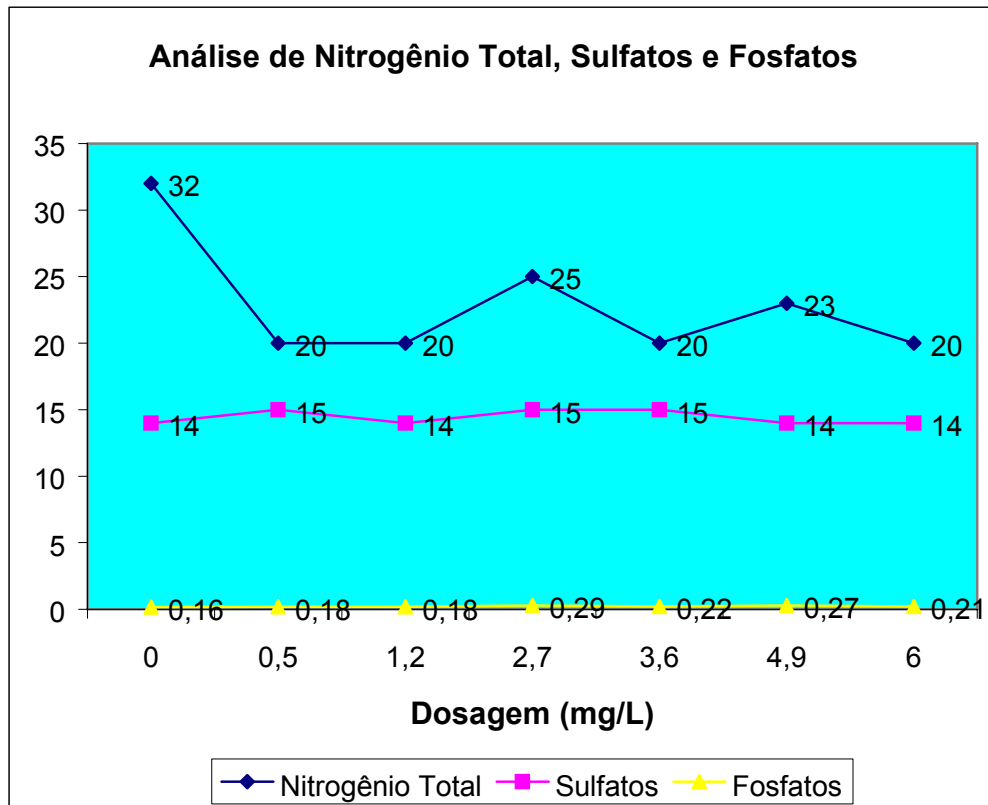


Fig 5.9 Resultados de Fosfatos, Sulfatos e Nitrogênio Total da ETE S. J. Navegantes / DMAE.

Foi observada nessas análises uma grande redução nos valores de nitrogênio, onde partiu-se do valor de 32 mg/L e as amostras desinfetadas oscilaram em torno de 22mgN/L o que significa uma redução média de aproximadamente 30%. Não se verificou alteração nos teores de Sulfatos.

Considerando-se que as três últimas dosagens apresentaram bons resultados em termos de desinfecção, optou-se pela menor delas, ou seja, 3.60mg/L para realização do teste cinético.

A tabela 5.8 e a figura 5.10 mostram os resultados obtidos.

Tabela 5.8: Resultados do teste cinético da ETE S. J. Navegantes / DMAE - P. Alegre.

ETE S. J. NAVEGANTES				
ENSAIO DO TESTE CINÉTICO DOSAGEM: 3,60mg/L				
Tempo (min)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Log. (N/No) Colif. Totais	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Log. (N/No) Colif. Fec.
0	$4,10 \times 10^6$	-	$1,20 \times 10^6$	-
5	$3,95 \times 10^4$	-2,0	$1,42 \times 10^2$	-3,9
10	$2,00 \times 10^3$	-3,3	$7,40 \times 10^1$	-4,0
20	$1,80 \times 10^3$	-3,4	$3,20 \times 10^1$	-4,5
30	$4,26 \times 10^2$	-4,0	$2,40 \times 10^1$	-5,1
40	$8,50 \times 10^1$	-4,7	<1	-5,2

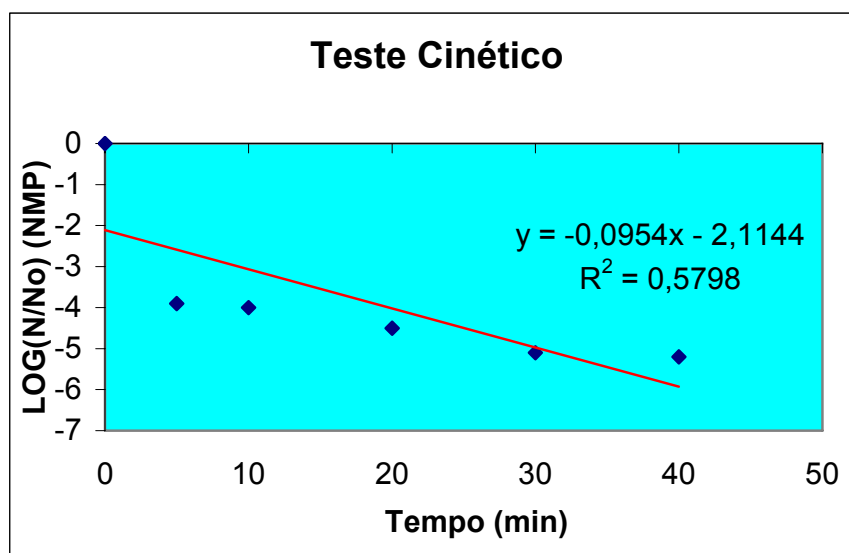


Fig 5.10: Resultados do teste cinético da ETE S. J. Navegantes / DMAE.

O teste cinético para a ETE S. J. Navegantes apresentou em coeficiente de decaimento bacteriano (K) de $-0,095\text{NMP}/\text{min}$. A correlação da reta de regressão foi baixa devido a grande ação bactericida do Hipoclorito de Sódio já na primeira dosagem o que resultou em um grande espalhamento dos pontos.

5.1.3 Resultados do teste em efluentes do sistema de tratamento por reator UASB.

O procedimento experimental para os esgotos do sistema de tratamento por reatores UASB seguiu a mesma sistemática adotada para os testes anteriores. O experimento se fundamentou nas mesmas etapas; coleta, análise de residuais, teste de desinfecção e teste cinético.

A tabela 5.9, relata os resultados obtidos durante a coleta.

Tab. 5.9: Resultados das análises de campo da ETE Esmeralda / DMAE – Porto Alegre.

Estação de Tratamento de Esgotos – ESMERALDA							
Hora	Coleta (21/05/2001)						
	pH	Condutividade (mS/cm)	ORP (mV)	OD (mg/L)	Temperatura (°C)	Salinidade (ppm)	SDT (g/L)
10h10min	6,80	0,664	-154,6	5,54	19,0	0,38	0,488
11h10min	6,78	0,670	-157,8	5,11	19,2	0,37	0,490
12h10min	6,80	0,670	-157,9	4,16	19,2	0,37	0,490
13h10min	6,80	0,670	-157,0	4,00	19,0	0,37	0,490
14h10min	Coleta interrompida devido à chuva ETE desligada						
15h10min							
16h10min							
17h10min							
17h10min							

Os resultados obtidos não mostraram grandes alterações nas características físico-químicas dos esgotos ao longo do período de coleta. O período de coletas foi reduzido devido às chuvas que ocorreram o que faz com que a estação tenha de ser desligada

Em razão do período curto de coletas, ficou comprometida qualquer interpretação dos dados uma vez que a coleta deve representar a amostra dos esgotos de um dia de tratamento. O que se pode perceber é que nos quatro horários de coleta os valores se mostraram constantes, exceto o oxigênio dissolvido que apresentou uma leve diminuição de valores.

O processo foi dado seqüência com o teste de desinfecção em laboratório.

Tab. 5.10: Análise de determinação de cloro residual da ETE Esmeralda / DMAE P Alegre.

Estação de Tratamento de Esgotos – ESMERALDA / DMAE							
Item	Análise de Cloro Residual						
	Dosagem (mg/L)						
	Branco	0,5	1,2	2,7	3,6	4,9	6,0
Cloro Livre	0,00	0,00	0,00	0,10	0,15	0,15	0,25
Monocloramina	0,00	0,00	0,00	0,10	0,25	1,05	1,85
Dicloramina	0,00	0,00	0,00	0,10	0,15	0,10	0,10
Cloro Comb.	0,00	0,00	0,00	0,10	0,40	1,15	2,05
Cloro Residual	0,00	0,00	0,0	0,20	0,55	1,30	2,30

A tabela 5.10, apresenta os resultados de residuais de cloro para o sistema UASB da ETE Esmeralda. Diferentemente dos resultados obtidos para os sistemas anteriores, não foram constatados residuais significativos de cloro livre e também não ficou estabelecida uma faixa clara de demanda de cloro. Esses resultados se justificam basicamente porque os esgotos de sistemas UASB se caracterizam por serem águas residuárias de grande carga poluidora o que faz com que sejam exigidos elevados teores de desinfetantes. Notou-se ainda o surgimento de pequenas quantidades de dicloraminas nessas análises, o que não ocorria nos anteriores, devido basicamente a natureza desses esgotos.

Os testes de desinfecção do sistema UASB tem seus resultados mostrados na tabela 5.11 e figura 5.11.

Tab 5.11: Análise de determinação de Coliformes da ETE Esmeralda / DMAE P Alegre.

Estação de Tratamento de Esgotos – ESMERALDA / DMAE							
Item	Análise de Coliformes Fecais e Totais						
	Dosagem (mg/L)						
	Branco	0,5	1,2	2,7	3,6	4,9	6,0
Coliformes Totais (NMP)	$7,0 \times 10^6$	$6,0 \times 10^6$	$9,2 \times 10^6$	$31,4 \times 10^5$	$16,6 \times 10^5$	$13,0 \times 10^4$	$5,0 \times 10^4$
Coliformes Fecais (NMP)	$6,0 \times 10^6$	$3,3 \times 10^5$	$8,4 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$	$8,4 \times 10^3$	$17,1 \times 10^2$	$4,1 \times 10^1$
LOG(N/No) (Totais)	0,0	-0,07	0,12	-0,35	-0,62	-1,73	-2,14
LOG(N/No) (Fecais)	0,0	-1,26	-1,85	-2,18	-2,85	-3,55	-5,17

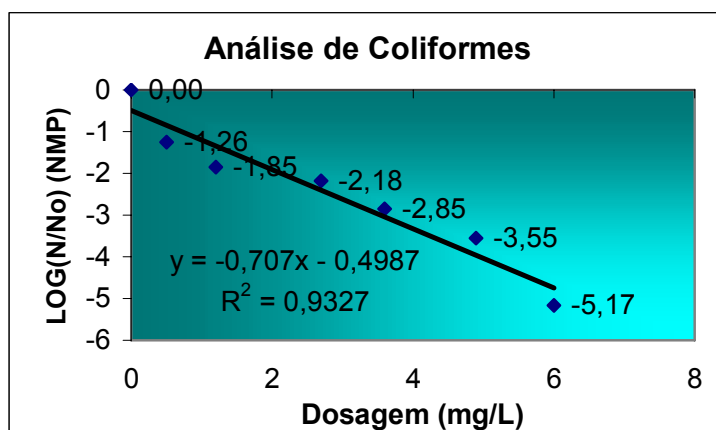


Figura 5.11: Eficiência de eliminação de Colif. Fecais da ETE Esmeralda / DMAE P Alegre.

O teste de desinfecção para a ETE Esmeralda apresentou seus melhores resultados para a dosagem de 6,0 mg/L onde foi possível inativar mais de 5 unidades logarítmicas. Isso se deve, como já citado, à elevada carga poluidora desse tipo de efluente.

Na seqüência foram analisados os valores de Cor, os resultados estão apresentados na figura 5.12.

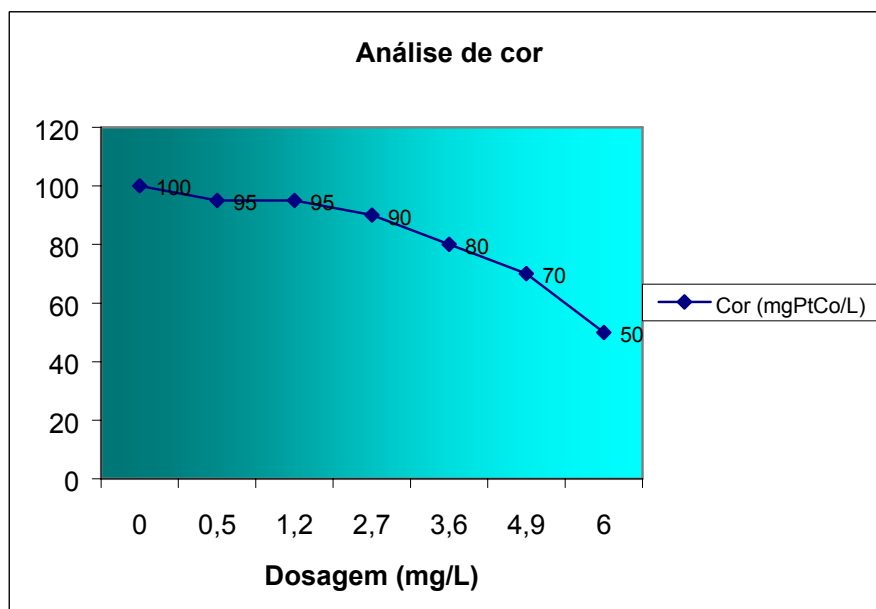


Fig. 5.12: Resultados de Cor da ETE Esmeralda / DMAE P Alegre.

Foi constatado para os efluentes dos reatores UASB, que a ação do Hipoclorito de sódio em termos de redução de cor desempenha uma grande eficiência. A partir de determinadas dosagens a redução de cor chegou a valores de 50% de eficiência.

As figuras 5.13 e 5.14 ilustram os resultados. de pH, alcalinidade, nitrogênio, DQO, fosfatos e sulfatos

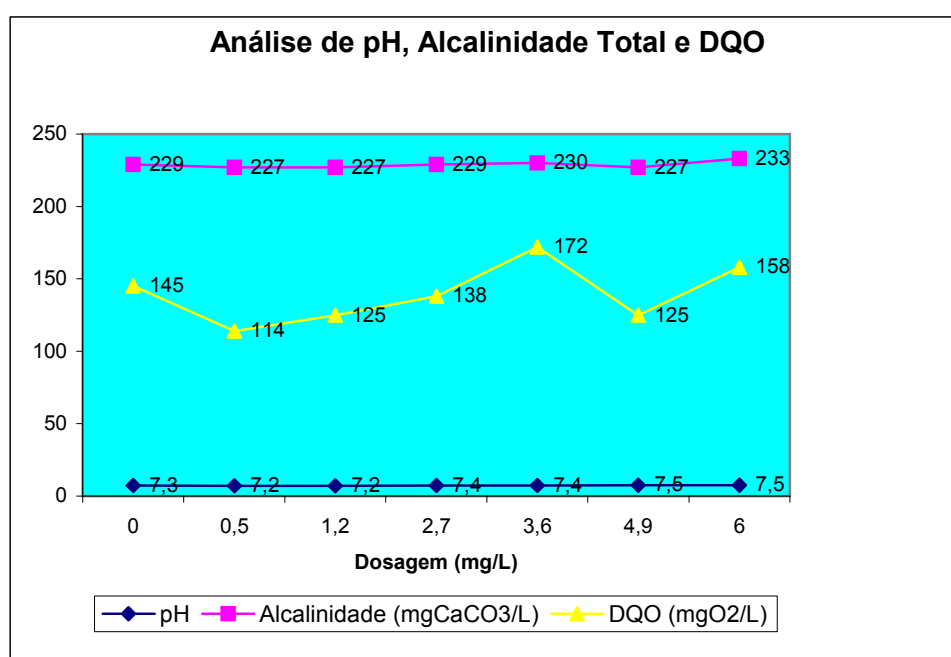


Fig 5.13: Resultados de pH, Alcalinidade e DQO da ETE Esmeralda / DMAE - P. Alegre.

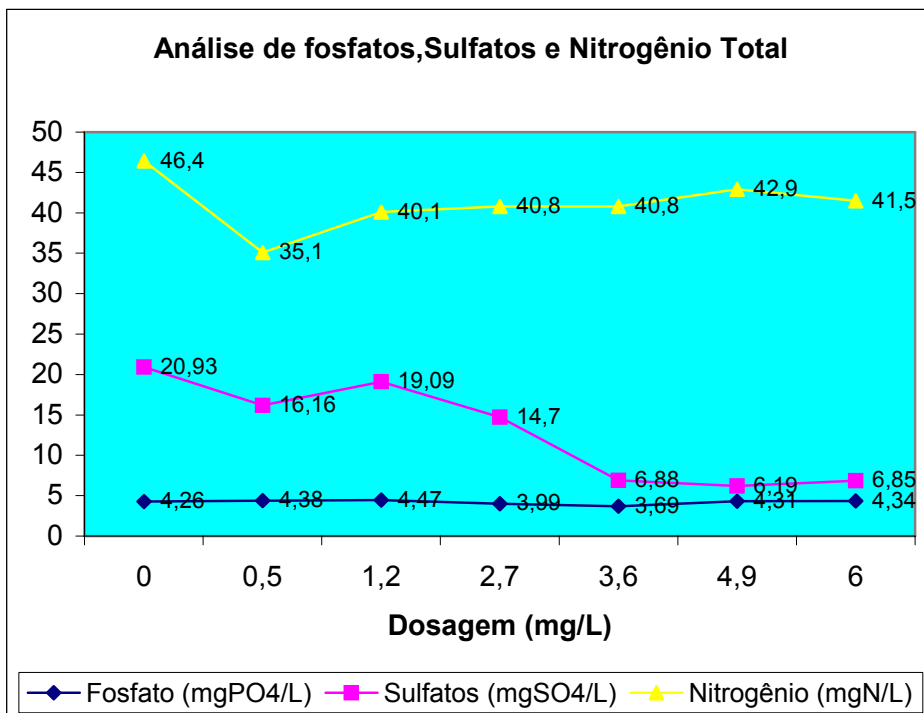


Fig 5.14: Resultados de Fosfatos, Sulfatos e Nitrogênio da ETE Esmeralda / DMAE - P Alegre.

Em relação aos resultados das análises pode-se verificar que os parâmetros como pH, fosfatos e alcalinidade tiveram pouca variação enquanto eram modificadas as dosagens do produto. No caso específico da DQO, os resultados foram oscilantes na escala de dosagens.

Os sulfatos por sua vez, é o que apresentou grandes reduções de seus valores (cerca de 68% de remoção), o que indica uma boa eficiência também na redução de maus odores das águas residuárias. Outro que apresentou redução de suas concentrações foi o nitrogênio, principalmente comparando-se com os valores do teste em branco.

Da mesma forma que a anterior foi utilizada a dosagem de 3,6mg/L para a realização do teste cinético. A tabela 5.12 e a figura 5.15 apresentam os resultados obtidos em termos de velocidade de reação e se obtém o valor do coeficiente de decaimento bacteriano

Tab. 5.12 Resultados do teste cinético da ETE Esmeralda / DMAE - P Alegre.

ETE ESMERALDA				
ENSAIO DO TESTE CINÉTICO DOSAGEM 3,60mg/L				
Tempo (min)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Log. (N/No) Colif. Totais	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Log. (N/No) Colif. Fec.
0	$7,0 \times 10^5$	-	$6,1 \times 10^4$	-
5	$9,4 \times 10^4$	-0,87	$5,1 \times 10^2$	-2,08
10	$4,0 \times 10^4$	-1,24	$3,0 \times 10^2$	-2,31
20	$5,1 \times 10^3$	-2,14	$7,4 \times 10^1$	-2,92
30	$4,0 \times 10^3$	-2,24	$1,0 \times 10^1$	-3,78
40	$1,0 \times 10^2$	-3,84	$8,6 \times 10^0$	-3,85

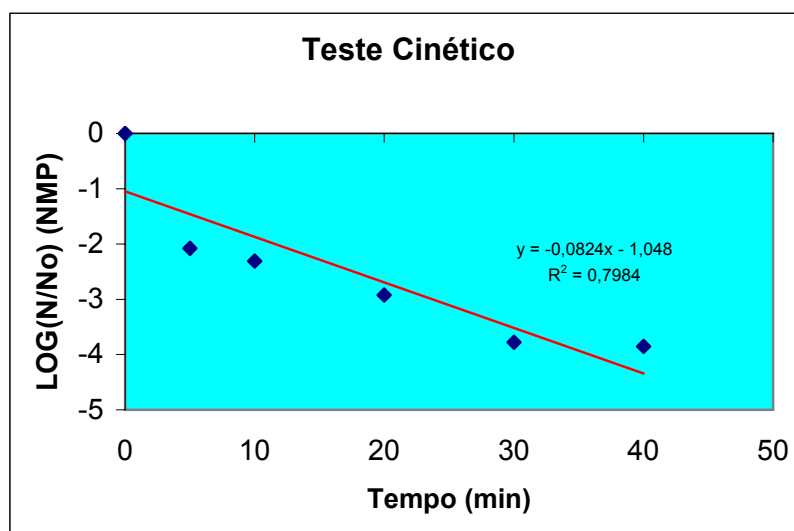


Fig 5.15: Resultados do teste cinético da ETE Esmeralda / DMAE - P Alegre.

O teste cinético para a ETE Esmeralda apresentou em coeficiente de decaimento bacteriano (K) de $-0,082 \text{ NMP/min}$. A correlação da reta de regressão, da mesma forma que a anterior, foi baixa devido a grande ação bactericida do Hipoclorito de Sódio já na primeira dosagem o que resultou em um grande espalhamento dos pontos.

5.1.4 Resultados do teste em efluentes do sistema de tratamento por lodos ativados (ETE IPH UFRGS).

Diferentemente das anteriores, o sistema de tratamento da ETE IPH UFRGS, se constitui em sistema de tratamento por batelada e não como fluxo contínuo como nos demais sistemas.

A sistemática de procedimento experimental se deu da mesma forma que os anteriores, a única diferença, reside no fato de que como o sistema é em batelada não se justificam coletas em campo de grandes períodos. Por esse motivo não há registros de campo desses dados.

Os esgotos eram coletados todos de uma só vez ao final do dia afim de que no dia seguinte fosse realizada a parte experimental. A tabela 5.13 apresenta os dados de residuais de cloro.

Tab. 5.13: Análise de determinação de cloro residual da ETE IPH UFRGS.

Estação de Tratamento de Esgotos – IPH UFRGS							
Item	Análise de Cloro Residual						
	Dosagem (mg/L)						
	Branco	0,5	1,2	2,7	3,6	4,9	6,0
Cloro Livre	0,00	0,10	0,10	0,25	0,25	0,25	0,25
Monocloramina	0,00	0,15	0,50	1,30	2,35	3,35	4,70
Dicloramina	0,00	0,15	0,15	0,25	0,15	0,20	0,20
Cloro Comb.	0,00	0,15	0,75	1,55	2,50	3,55	4,70
Cloro Residual	0,00	0,25	0,85	1,80	2,75	3,80	4,95

Da mesma forma que os esgotos do sistema Esmeralda, no sistema IPH-UFRGS não se verificou a formação de elevados residuais de cloro livre. Também não se tornou nítida uma faixa definida de demanda de cloro. Se verifica também pequenas diferenças na soma que compõe o cloro combinado o que se justifica nas dificuldades de leituras na bureta.

Isso indica a presença de águas residuárias de forte carga orgânica, capaz de consumir grandes quantidades de cloro. A tabela 5.14 e a figura 5.16, mostram os resultados obtidos clorando essas águas residuárias.

Tab. 5.14: Análise de determinação de Coliformes Fecais e Totais da ETE IPH UFRGS.

Estação de Tratamento de Esgotos - IPH UFRGS							
Item	Análise de Coliformes Fecais e Totais						
	Dosagem (mg/L)						
	Branco	0,5	1,2	2,7	3,6	4,9	6,0
Coliformes Totais (NMP)	$6,0 \times 10^5$	$3,0 \times 10^4$	$7,0 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$	$4,1 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$	$5,2 \times 10^0$
Coliformes Fecais (NMP)	$4,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$	$9,8 \times 10^0$	$4,1 \times 10^0$	<1
LOG(N/No) (Totais)	0,0	-1,30	-1,93	-2,18	-3,16	-4,78	-5,06
LOG(N/No) (Fecais)	0,0	-1,12	-2,30	-3,60	-3,61	-3,99	-4,60

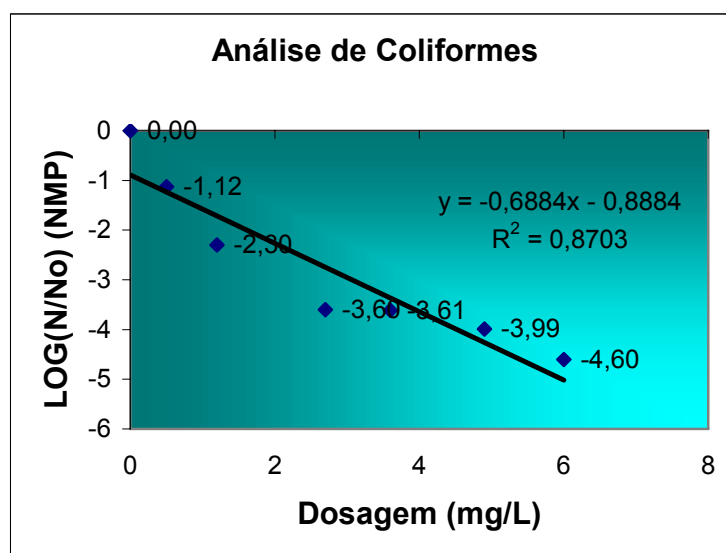


Figura 5.16: Eficiência de eliminação de Colif. Fecais da ETE IPH UFRGS.

Os resultados de desinfecção mostraram que com a dosagem de 6,0 mg/L foi possível inativar todos os organismos fecais presentes, além disso, percebe-se que com dosagens a partir de 2,7 mg/L já são obtidos bons resultados de desinfecção.

Os resultados de cor estão apresentados a seguir na figura 5.17.

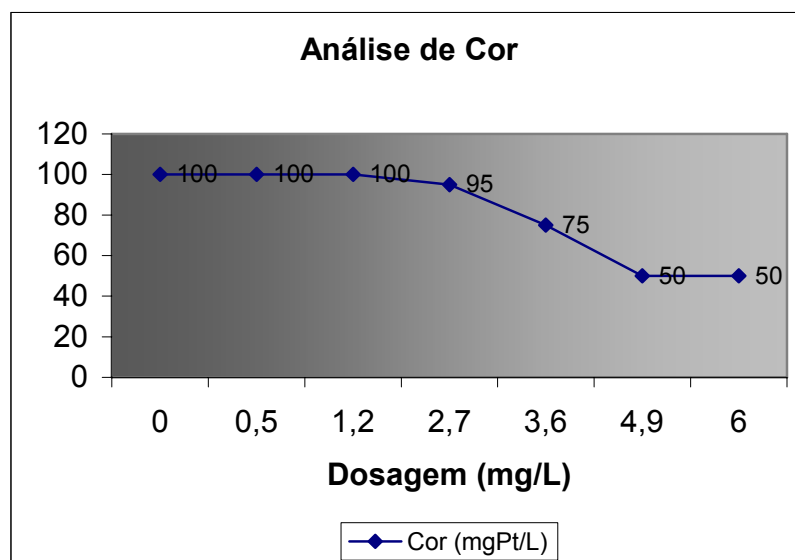


Fig. 5.17: Resultados de análise de Cor da ETE IPH UFRGS.

Foram verificados bons resultados em termos de redução de cor, especificamente nesse caso a redução chegou até 50% .

As próximas figuras apresentam os resultados de pH, alcalinidade, nitrogênio, DQO, fosfatos e sulfatos.

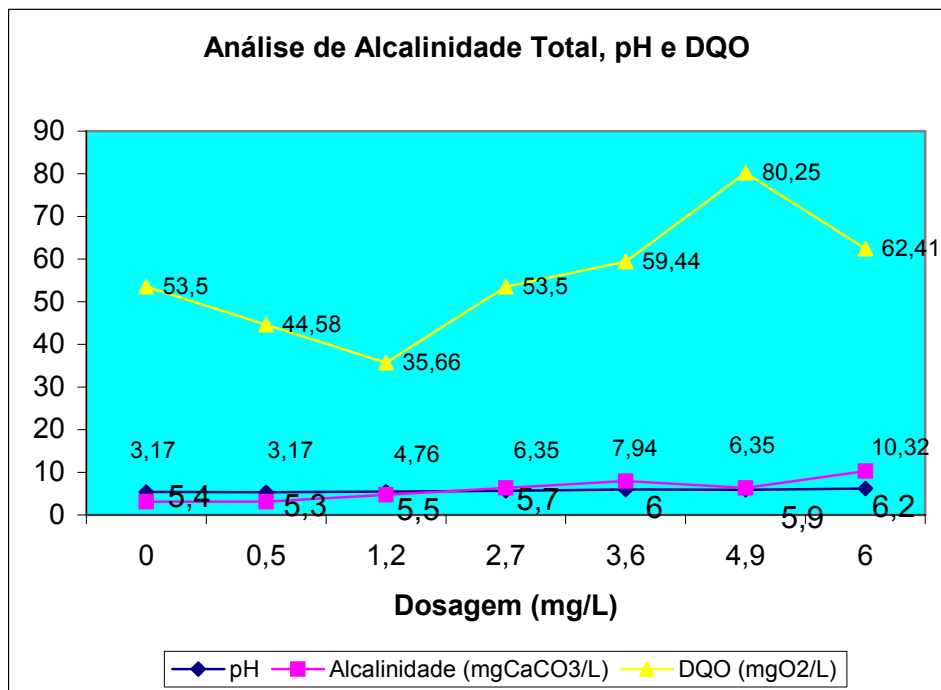


Fig 5.18: Resultados de pH, Alcalinidade e DQO da ETE IPH UFRGS.

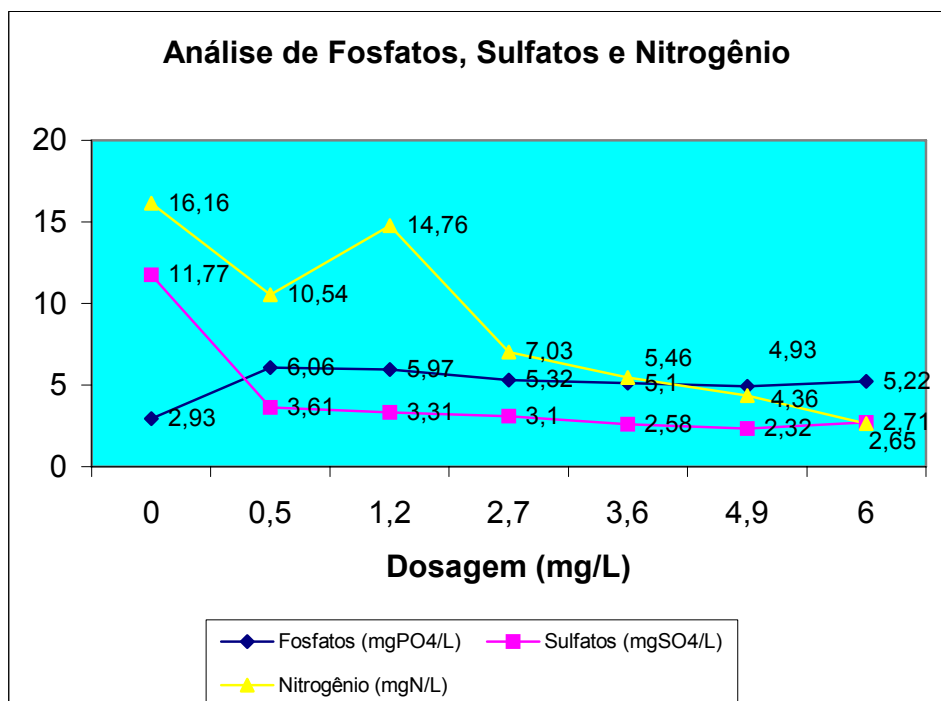


Fig 5.19: Resultados de Fosfatos, Sulfatos e Nitrogênio da ETE IPH UFRGS.

As águas residuárias do sistema IPH foram testadas também em termos de cinética de desinfecção. A tabela 5.15 e a figura 5.20 ilustram os resultados

Tab. 5.15 Resultados do teste cinético da ETE IPH UFRGS.

ETE IPH UFRGS				
ENSAIO DO TESTE CINÉTICO DOSAGEM 2.70mg/L				
Tempo (min)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Log. (N/No) Colif. Totais	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Log. (N/No) Colif. Fec.
0	$6,0 \times 10^5$	-	$4,0 \times 10^4$	-
5	$9,4 \times 10^4$	-0,8	$5,2 \times 10^2$	-1,9
10	$4,0 \times 10^4$	-1,2	$3,0 \times 10^2$	-2,1
20	$5,1 \times 10^3$	-2,1	$7,4 \times 10^1$	-2,7
30	$4,0 \times 10^3$	-2,2	$1,0 \times 10^1$	-3,6
40	$1,0 \times 10^2$	-3,8	$8,6 \times 10^0$	-4,6

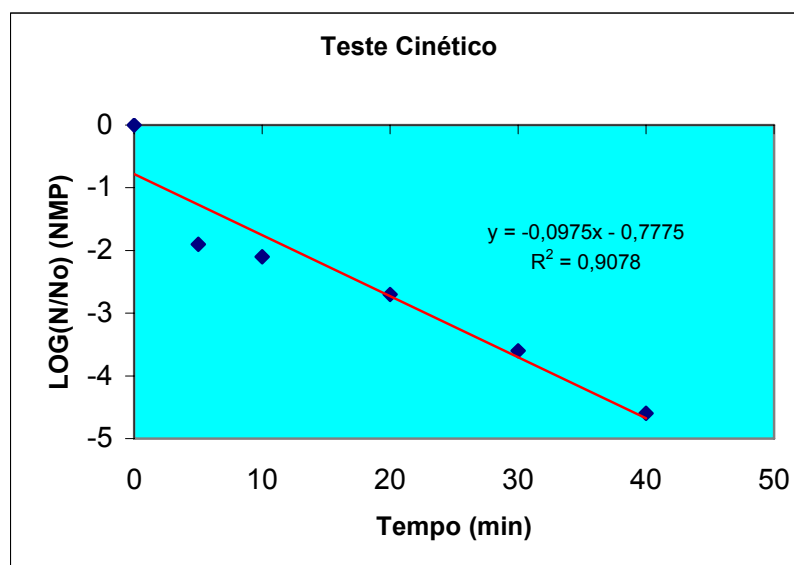


Fig 5.20: Resultados do teste cinético da ETE IPH UFRGS.

No caso dos efluentes da ETE IPH a cinética de desinfecção determinou um valor de K na ordem de $-0,098$ NMP/min. Foi verificada uma boa correlação entre os pontos utilizados na amostragem.

5.1.5 Resumo dos resultados em escala de batelada.

Os resultados obtidos durante os testes em escala de batelada podem ser resumidos de acordo com as tabelas 5.16 e 5.17.

Tab. 5.16: Resumo dos Resultados para os testes em Batelada.

Resumo dos Resultados				
Efluente	Melhor Dosagem (mg/L)	Eliminação <i>Ecoli</i> (%)	Remoção de Cor (%)	Remoção de Sulfatos (%)
ETE Serraria	4,9	99,79	36	70
ETE S. J. Navegantes	4,9	99,99	3,8	0
ETE Esmeralda	6,0	99,99	50	67
ETE IPH	4,9	99,99	50	80

Tab. 5.17: Resultados do teste Cinético.

Resumo dos Resultados do Teste Cinético		
Efluente	Dosagem (mg/L)	Velocidade de Desinfecção (K) LOG(NMP)/min
ETE Serraria	2,7	-0,070
ETE S. J. Navegantes	3,6	-0,095
ETE Esmeralda	3,6	-0,082
ETE IPH	2,7	-0,098

5.2 Resultados e discussão da fase experimental em estação piloto

De um modo geral, na segunda fase experimental os testes foram realizados de forma similar à primeira. Alguns procedimentos foram executados de forma diferente por simplificação, pois já foram observados na primeira, ou por economia uma vez que o teste em escala piloto se constitui em etapa bastante dispendiosa.

Para os testes hidrodinâmicos, foram empregadas as vazões de 10,8 , 20 e 40 L/min. Em função dos resultados obtidos com o teste em batelada, foi fixada a dosagem de 6,0 . No entanto, pela presença de sólidos que aumentam a demanda de cloro e por indicações de outras universidades do PROSAB, testou - se também a dosagem de 13mg/L de hipoclorito de sódio.

Ainda assim, nesta segunda fase foram realizadas as análises de Trihalometanos, que na primeira fase tinham sido deixadas de lado para verificar se a desinfecção por coliformes fecais espelhava a sanidade dos efluentes.

5.2.1 Resultados do teste hidrodinâmico em efluentes de lagoas de estabilização.

Da mesma forma que a primeira etapa, foi utilizada para o teste hidrodinâmico a lagoa de estabilização da Serraria.

Devido ao fato deste sistema apresentar no momento das coletas níveis muito reduzidos de coliformes na saída das lagoas, optou-se por realizar a coleta na lagoa facultativa. Essa providência tornou possível obter-se teores mais elevados em termos de coliformes para a execução do experimento. A figura 5.21 mostra o novo ponto de coleta.



Figura 5.21 Ponto de coleta dos esgotos

A primeira coleta foi testada na estação piloto adotando-se a vazão de 10,8 L/min e a dosagem de 6,0mg/L. A tabela 5.18 e a figura 5.22 apresentam os resultados obtidos, onde CL= amostra clorada, DC= amostra declorada.

Tab. 5.18: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 10,8L/min.

ETE SERRARIA (DMAE)

Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas, Dosagem: 6,0mg/L						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	CL 6H	CL 8H	DC 8H
Temperatura (°C)	23,6	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9
Cor (mg/L Co-Pt)	150	150	175	150	200	200	150
Turbidez (UNT)	14	11	13	12	12	11	10
OD (mg/L O ₂)	1,66	1,66	2,60	2,00	1,63	2,02	2,00
DQO (mg/L O ₂)	69,00	70,07	56,06	98,10	42,04	56,06	56,06
Colif.Totais (NMP/100 ml)	7,4X10 ⁵	1,0X10 ⁵	1X10 ²	<1	<1	<1	2X10 ³
Colif.Fecais (NMP/100ml)	2,0X10 ⁵	9,5X10 ⁴	<1	<1	<1	<1	<1

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

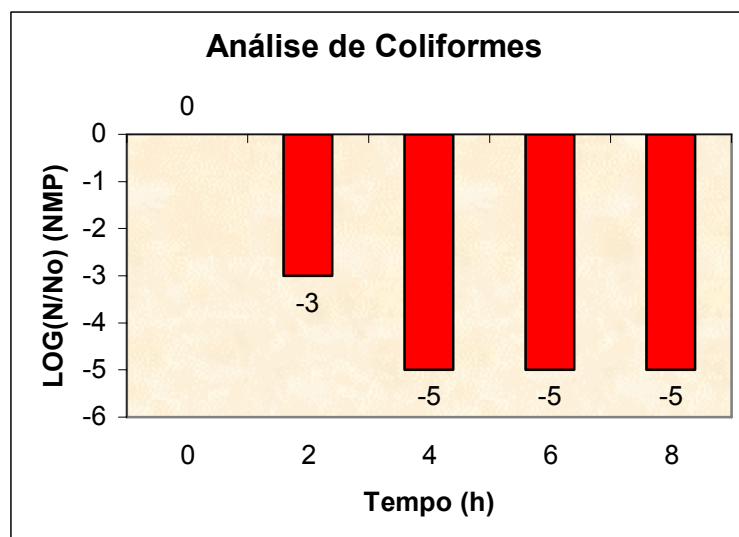


Fig 5.22 Resultados do teste de Desinfecção em E. Piloto ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 10,8L/min

Na dosagem e vazão adotada, verifica-se que a partir de quatro horas ocorreu a inativação completa de coliformes. Foram também realizadas as análises de Trihalometanos, *Cryptosporidium* e *Giárdia* que são comparados na tabela 5.19.

Tab. 5.19: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 10,8L/min

ETE SERRARIA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	CL 6H	CL 8H	DC 8H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	3400			792			
<i>Giárdia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	850			0			
THMs (µg/L) Total	0,67	5,91	3,16	3,10	2,75	1,81	0,97

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

Foi verificada nessas análises boa redução em termos de *Cryptosporidium* e *Giárdia*. No entanto, sabe-se da literatura (PROSAB) que essa eliminação deve-se basicamente por decantação desses microorganismos. Quanto aos Trihalometanos, não foram detectados grandes variações em seus valores em relação às amostras em branco.

Adotando-se a vazão de 20L/min tivemos os resultados apresentados nas tabelas 5.20, 5.21 e na figura 5.23.

Tabela 5.20: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 20L/min

ETE SERRARIA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	CL 6H	CL 8H	DC 8H
Temperatura (°C)	27	27	27	27	27	27	27
Cor (mg/L Co-Pt)	200	150	200	150	150	150	150
Turbidez (UNT)	45	42	42	37	32	42	27
OD (mg/L O ₂)	7,64	7,50	7,36	7,01	7,45	7,50	7,59
DQO (mg/L O ₂)	137,63	106,67	151,40	120,43	137,63	106,67	130,75
Colif.Totais (NMP/100 ml)	3,1X10 ⁵	2,1X10 ⁵	1,6X10 ⁴	7,6X10 ²	6,3X10 ¹	<1	1,0X10 ¹
Colif.Fecais (NMP/100ml)	2,0X10 ⁵	1,1X10 ⁴	<1	<1	<1	<1	<1

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

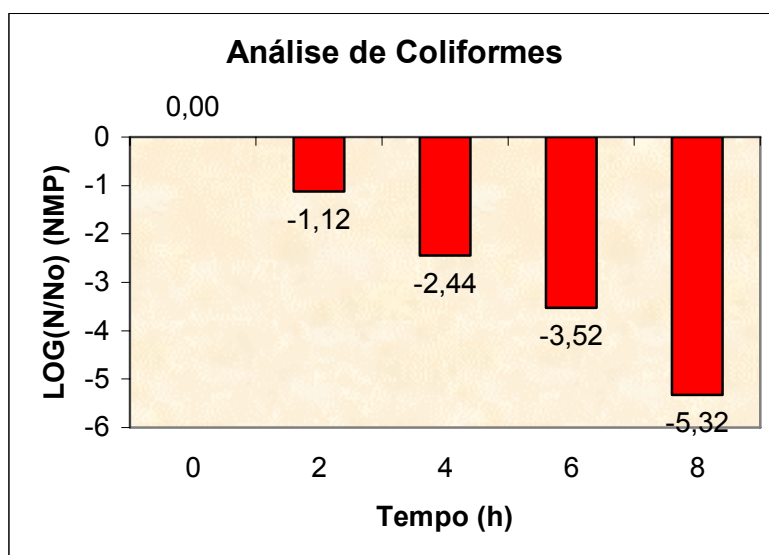


Fig 5.23: Resultados do teste de Desinfecção em E. Piloto ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 20L/min

Tab. 5.21: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 20L/min

ETE SERRARIA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	CL 6H	CL 8H	DC 8H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	3200			X			
<i>Giárdia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	1600			X			
THMs (µg/L) Total	0,76	1,25	1,67	1,39	1,89	1,38	1,13

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

Para a vazão de 20L/min, de um modo geral pode ser destacado além da eliminação total dos coliformes fecais a partir do tempo de 2 horas, um retorno de valores depois de decorrido um período maior de tempo. A eliminação de contaminação por organismos de *Giárdia* foi completa, também não foram verificados acréscimos significativos de trihalometanos

O passo seguinte foi de ensaiar com vazão de 40 L/min considerando a mesma dosagem de 6 mg/L. As tabelas 5.22, 5.23 e na figura 5.24 ilustram os resultados obtidos adotando essa vazão.

Tab. 5.22: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 40L/min

ETE SERRARIA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	CL 20H	DC 4H	DC 20H
Temperatura (°C)	28	28	28	30	28	28	28
Cor (mg/L Co-Pt)	188	190	195	195	245	215	185
Turbidez (UNT)	19	19	18	16	10	12	13
OD (mg/L O ₂)	2,28	2,28	1,48	1,46	1,15	0,45	0,50
DQO (mg/L O ₂)	113	105	106	106	94	100	95
Colif.Totais (NMP/100 ml)	2,1x10 ⁶	2,1x10 ⁶	1,9x10 ⁵	4,2x10 ³	2,4x10 ³	35	30
Colif.Fecais (NMP/100ml)	1,3x10 ⁵	1,3x10 ⁵	6,4x10 ⁴	2,0x10 ²	1,0x10 ²	<1	<1

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

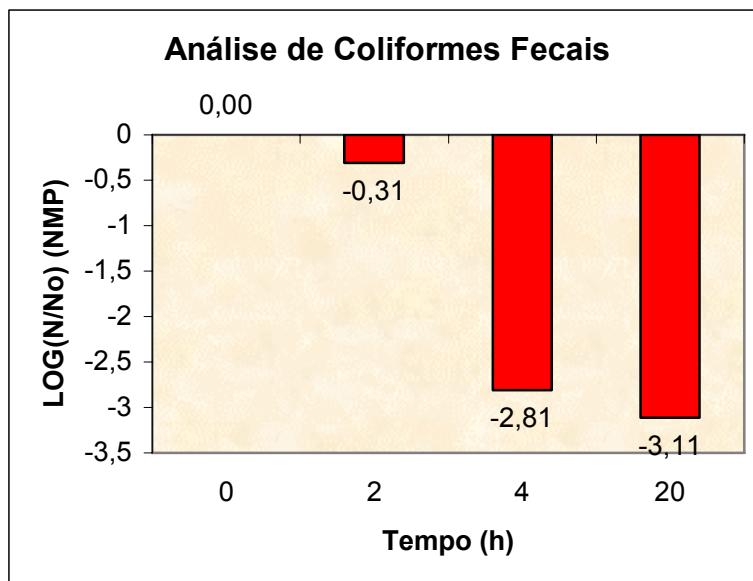


Fig 5.24: Resultados do teste de Desinfecção em E. Piloto ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 40L/min

Tab. 5.23: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 40L/min

ETE SERRARIA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	0			0			
<i>Giardia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	0			0			
THMs (µg/L) Total	0,33	1,18	0,98	1,58	1,29	1,67	1,26

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

Para a vazão e dosagem considerada, os resultados estiveram dentro do que já era esperado. A eliminação de coliformes foi compatível com a dosagem e vazão adotadas, os níveis de organoclorados não sofreram variações que pudessem ser considerados.

O teste nos efluentes das lagoas de estabilização da Serraria, foram complementados utilizando a mesma vazão de 40 L/min porém agora com uma dosagem de 13 mg/L de Hipoclorito de Sódio. Os resultados estão mostrados nas tabelas 5.24, 5.25 e na figura 5.25.

Neste caso devido a elevada dosagem ministrada se verificou um aumento nos valores de trihalometanos.

Tab. 5.24: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lagoas de Estabilização, ETE Serraria / DMAE, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min

ETE SERRARIA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
Temperatura (° C)	25	25	25	25	25	25	25
Cor (mg/L Co-Pt)	210	210	175	170	170	190	175
Turbidez (UNT)	98	98	86	74	75	90	49
OD (mg/L O ₂)	4,5	4,5	4,0	3,8	4,0	4,2	4,2
DQO (mg/L O ₂)	46	50	32	34	31	40	30
Colif.Totais (NMP/100 ml)	1,7X10 ⁶	1,7X10 ⁶	1,0X10 ²	1,0X10 ¹	1,0X10 ¹	<1	2,4 X10 ¹
Colif.Fecais (NMP/100ml)	3,1X10 ⁵	3,1X10 ⁵	<1	<1	<1	<1	<1

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

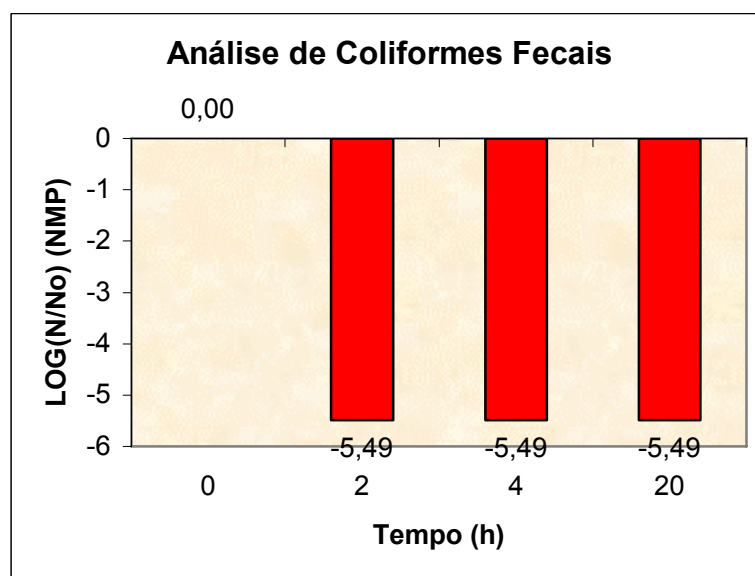


Fig 5.25: Resultados do teste de Coliformes Fecais

ETE SERRARIA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	160			60			
<i>Giardia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	50			0			
THMs (µg/L) Total	0,51	0,49	2,35	4,20	3,24	4,84	2,79

Tabela 5.25: Resultados do teste em Lagoas de Estabilização

5.2.2 Resultados do teste hidrodinâmico em efluentes do sistema de tratamento da ETE Sapucaia da CORSAN

Os esgotos da ETE Sapucaia foram testados de forma análoga aos das Lagoas de Estabilização, destacando-se porém que na primeira fase, para o teste em batelada, foi utilizada a ETE S. J. Navegantes.

O teste se realizou mantendo as mesmas dosagens e mesmo procedimento analítico – experimental. Foram utilizadas as vazões de 10,8 , 20 e 40 L/min e as dosagens de 6,0 e 13mg/L, os resultados considerando a vazão de 10,8L/min e dosagem de 6,0 mg/L estão mostrados na tabela 5.26 e na figura 5.26.

Tab. 5.26: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 10,8L/min

Parâmetros	Amostras Analisadas								
	Branco	Br final	CL 2H	CL 4H	CL 6H	CL 8H	DC 8H	CL 20H	DC 20H
Temperatura °C	24,4	24,4	25	25,3	25,3	25,3	25	25	25
Cor (mgPt-Co/L)	150	150	175	200	125	125	125		
Turidez (NTU)	8	6	10	7	5	6	5		
OD (mg/L)	5,1	5,1	6	5,9	5,7	5,5	5	5,5	5
DQO (mgO ₂ /L)	30,71	32,32	37	43,64	51,72	38,79	54,95	45,25	43,64
<i>Cryptos</i> No./100L	152		17	86,4					
Giárdia No./100L	0			0					
CF. T. (NMP)	$2,0 \times 10^5$	$2,0 \times 10^6$	$6,4 \times 10^4$	$6,8 \times 10^3$	$1,0 \times 10^1$	<1	<1	10	<1
CF. F. (NMP)	$1,0 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$	<1	<1	<1	<1	<1
THMs (µg/L)	0,48	1,22	0,65	1,75	0,53	0,68	0,82	<1,40	1,01

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

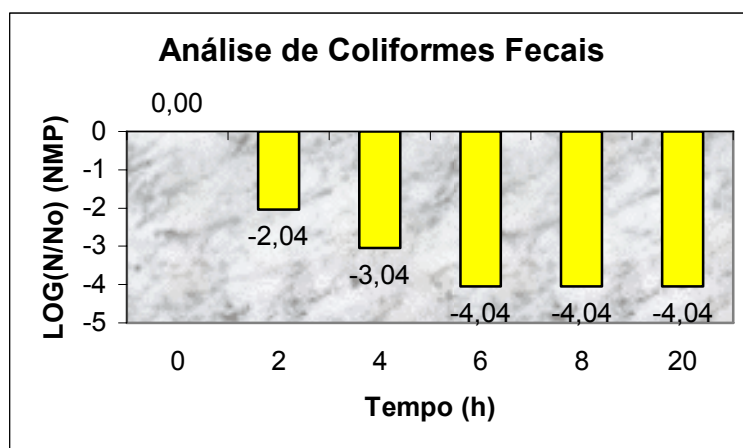


Fig. 5.26: Resultados do teste de Desinfecção na ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 6mg/L, Q= 10,8L/min

Os resultados para esse sistema, na vazão e dosagem consideradas, mostraram boa redução de organismos patogênicos e eficiente ação em termos de cor. Não foi verificado para esse caso qualquer acréscimo nos valores obtidos para os Trihalometanos.

O segundo passo foi de investigar o comportamento desse efluente quando lhe é imposta uma vazão de 20L/min sob a mesma dosagem de 6,0 mg/L de Hipoclorito de Sódio. A tabela 5.27 e a figura 5.27 ilustram os dados obtidos.

Tab. 5.27: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 20L/min.

Parâmetros	Amostras Analisadas								
	Branco	Br final	CL 2H	CL 4H	CL 6H	CL 8H	DC 8H	CL 20H	DC 20H
Temperatura °C	24,5	24,5	24,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5
Cor (mgPt-Co/L)	160	160	110	110	100	110	100		
Turidez (NTU)	9	9	7	6	5	7	8		
OD (mg/L)	8,6	8,6	3,1	2,2	1,4	0,9	0,7	0,7	0,7
DQO (mgO ₂ /L)	49,44	46,25	31,89	23,92	18,34	22,33	7,97	23,92	17,54
<i>Cryptos</i> No./100L	176			60					
Giárdia No./100L	0			0					
CF. T. (NMP)	2,2X10 ⁵	2,0X10 ⁵	4,5X10 ²	4,1X10 ¹	<1	<1	<1	<1	<1
CF. F. (NMP)	5,8X10 ⁴	5,8X10 ⁴	1,0X10 ¹	<1	<1	<1	<1	<1	<1
THMs (µg/L)	1,42	5,91	9,39	7,2	6,07	5,5	1,49	7,84	5,58

CL: Amostra Clorada; DCL: Amostra Declorada

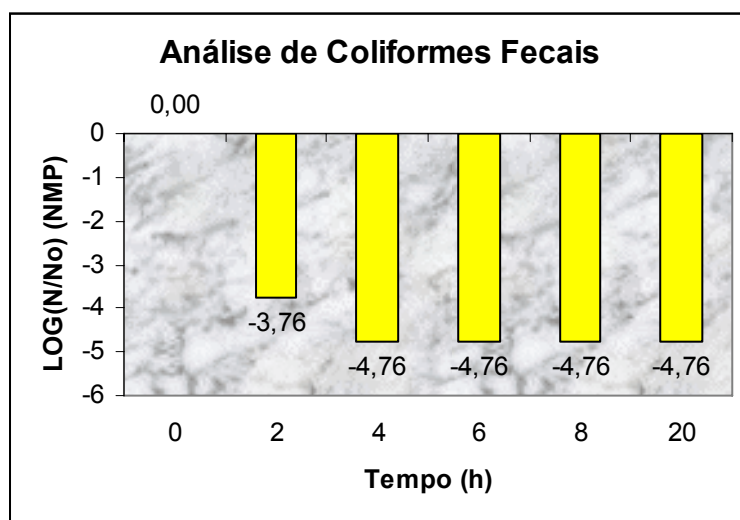


Fig. 5.27: Resultados do teste de Desinfecção na ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 6mg/L, Q= 20L/min

Para uma vazão de 20 L/min e dosagem de 6,0 mg/L, os resultados em termos de coliformes, *Giárdia* e *Cryptosporidium* foram até superiores que a sondagem anterior. No caso dos Trihalometanos se verificaram valores um pouco acima dos encontrados para as amostras em branco.

A terceira etapa dos testes em esgotos da ETE Sapucaia, foi realizada com vazão de 40 L/min e dosagem de 6,0 mg/L. Como seria de se esperar; devido à redução do tempo de detenção dos esgotos no tanque em razão do aumento de vazão, reduziu consideravelmente a eficiência em remoção de Coliformes Fecais. Fato bastante importante também foram os baixos acréscimos de Trihalometanos nessa fase do experimento.

A tabelas 5.28, 5.29 e a figura 5.28 ilustram os dados obtidos na terceira fase do ensaio.

Tabela 5.28: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 40L/min.

ETE SAPUCAIA (CORSAN)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
Temperatura (°C)	27	27	27	27	27	27	27
Cor (mg/L Co-Pt)	162	165	156	150	150	160	155
Turbidez (UNT)	10	11	6	7	5	6	8
OD (mg/L O ₂)	2,0	2,1	1,9	1,7	1,0	1,5	1,1
DQO (mg/L O ₂)	110	114	115	113	116	112	111
Colif.Totais (NMP/100 ml)	2,7X10 ⁶	2,7X10 ⁶	2,4X10 ⁵	6,3X10 ³	20	1,0X10 ²	85
Colif.Fecais (NMP/100ml)	3,1X10 ⁵	3,1X10 ⁵	2,0X10 ⁴	4,5X10 ²	<1	<1	<1

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

Tabela 5.29: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 40L/min.

ETE SAPUCAIA (CORSAN)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	7680			960			
<i>Giárdia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	4800			900			
THMs (µg/L) Total	0,60	0,88	1,47	1,76	2,32	1,84	1,34

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

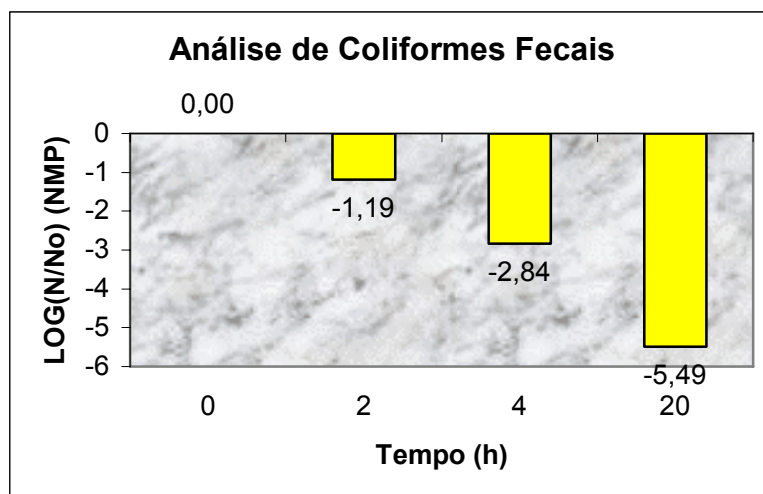


Fig 5.28: Resultados do teste de Desinfecção na ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 6mg/L, Q= 40L/min

Os esgotos da ETE Sapucaia foram testados também para vazão de 40 L/min e dosagem de 13 mg/L.

Tabela 5.30: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min.

ETE SAPUCAIA (CORSAN)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
Temperatura (°C)	28	28	28	28	28	28	28
Cor (mg/L Co-Pt)	200	200	160	160	150	160	155
Turbidez (UNT)	137	137	95	73	81	59	33
OD (mg/L O ₂)	5,9	5,9	4,0	4,0	4,4	4,2	4,5
DQO (mg/L O ₂)	40	40	23	21	21	17	29
Colif.Totais (NMP/100 ml)	4,8X10 ⁶	4,8X10 ⁶	<1	<1	<1	<1	<1
Colif.Fecais (NMP/100ml)	5,2X10 ⁵	5,2X10 ⁵	<1	<1	<1	<1	<1

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

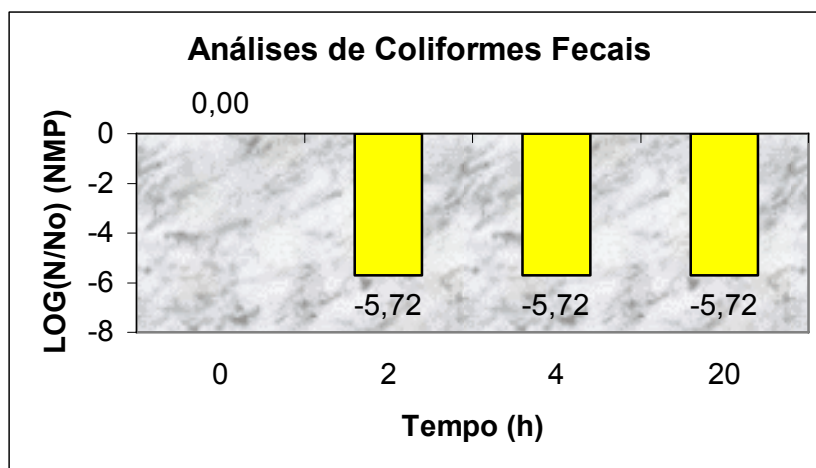


Fig 5.29: Resultados do teste de Desinfecção na ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min

Tab. 5.31: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Lodos Ativados, ETE Sapucaia / CORSAN, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min.

ETE SAPUCAIA (CORSAN)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	432			288			
<i>Giardia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	90			90			
THMs (µg/L) Total	0,40	0,37	1,55	1,95	1,61	1,93	0,34

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

5.2.3 Resultados do teste hidrodinâmico em efluentes do sistema de tratamento por reator UASB.

O teste de desinfecção através da estação piloto em esgotos tratados por reatores UASB seguiu o mesmo expediente adotado para os demais sistemas de tratamento. A estação de tratamento usada para coleta foi a ETE Esmeralda, a mesma utilizada para o teste em batelada.

O primeiro ensaio adotou a vazão de 40 L/min e a dosagem de 6,0 mg/L. As tabelas 5.32, 5.33 e a figura 5.30 indicam os resultados.

Tabela 5.32: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 40L/min.

ETE ESMERALDA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
Temperatura (° C)	28	28	28	28	28	28	28
Cor (mg/L Co-Pt)	130	130	90	100	100	140	130
Turbidez (UNT)	75	75	70	90	88	100	95
OD (mg/L O ₂)	2,20	2,20	1,45	1,10	1,05	1,15	1,15
DQO (mg/L O ₂)	93	95	85	84	115	112	96
Colif.Totais (NMP/100 ml)	3,2X10 ⁶	3,2X10 ⁶	2,4X10 ⁵	7,0X10 ⁴	1,5X10 ⁴	4,6X10 ¹	20
Colif.Fecais (NMP/100ml)	5,5X10 ⁵	5,5X10 ⁵	2,4X10 ⁴	8,2X10 ²	2,3X10 ²	<1	<1

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

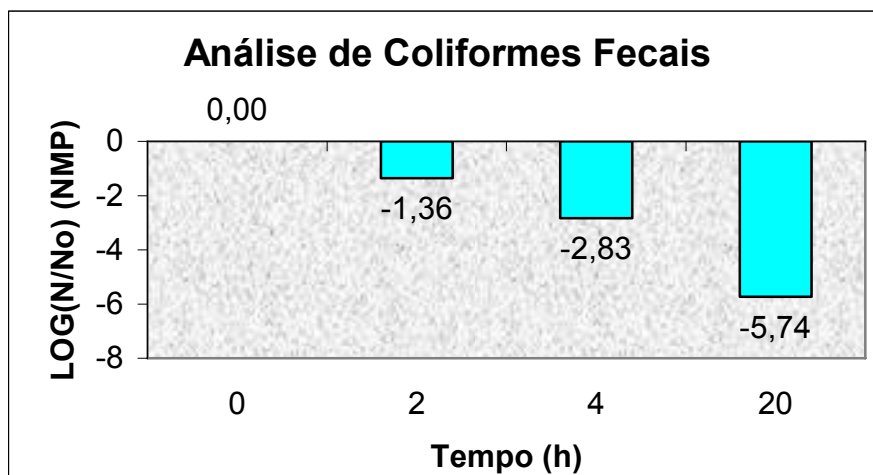


Fig 5.30: Resultados do teste de Desinfecção na ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 40L/min

Tabela 5.33: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 40L/min.

ETE ESMERALDA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	5120			2240			
<i>Giardia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	1600			1400			
THMs (µg/L) Total	0,41	0,38	1,06	1,98	1,18	1,63	1,06

Os resultados obtidos para a ETE Esmeralda foram muito bons em termos de remoção de Coliformes, Giárdia e *Cryptosporidium*. Deve-se levar em consideração o baixo tempo de contato verificado nesse teste uma vez que a vazão de 40 L/min produz o menor tempo de detenção hidráulica possível.

Outros parâmetros que responderam bem ao teste foram os de Cor e Sulfatos (anexos), que em geral apresentaram redução em suas concentrações. Os trihalometanos apresentaram pequeno aumento de seus valores, porém pouco acima dos encontrados para a amostra em branco.

O teste foi dado seqüência agora com valores de 20 l/min e 6,0 mg/L para vazão e dosagem respectivamente. Os resultados estão listados na tabela 5.34 e na figura 5.31.

Tabela 5.34: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 20L/min.

Parâmetros	Amostras Analisadas							
	Branco	Br final	CL 2H	CL 4H	CL 6H	DC 6H	CL 20H	DC 20H
Temperatura °C	27	27	27	27	27	27	27	27
Cor (mgPt-Co/L)	100	75	90	80	75	75		
Turidez (NTU)	32	29	27	23	20	19		
OD (mg/L)	2,5	2,48	1,53	1,46	1,12	1,94	1,9	1,94
DQO (mgO ₂ /L)	115,92	85,13	86,94	65,21	59,77	52,53	70,64	52,53
<i>Cryptos</i> No./100L	480			480				480
Giárdia No./100L	0			0				0
CF. T. (NMP)	4,6X10 ⁶	7,9X10 ⁶	2,9X10 ⁶	2,4X10 ⁵	4,1X10 ⁴	6,2X10 ³	10	10
CF. F. (NMP)	3,0X10 ⁵	6,3X10 ⁵	6,3X10 ⁴	3,0X10 ⁴	3,0X10 ³	2,1X10 ²	<1	<1
THMs (g/L)	1,77	3,04	0,43	1,52	1,83	1,11	0,71	2,21

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

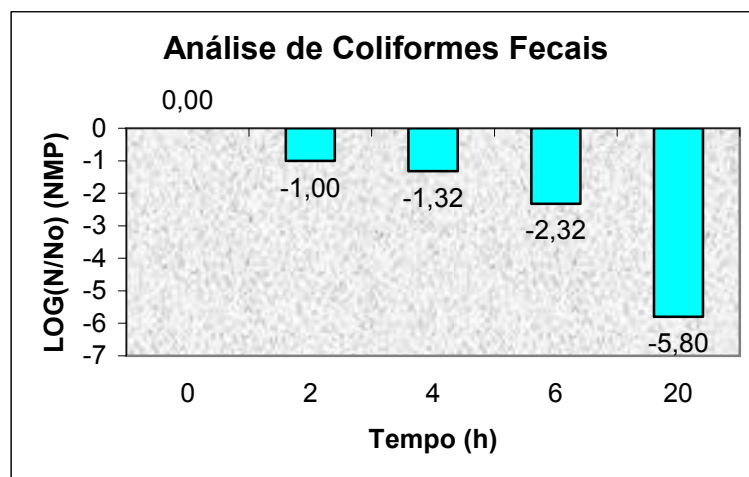


Fig 5.31: Resultados do teste de Desinfecção na ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 20L/min

Para o teste com vazão de 20 L/min e 6,0 mg/L de dosagem, os resultados de coliformes fecais encontrados foram bastante parecidos ao da vazão e dosagem anterior. No caso dos Trihalometanos os resultados foram bastante satisfatórios.

A próxima análise usou vazão de 10,8 L/min e 6,0 mg/L de dosagem, a tabela 5.35, e a figura 5.32 indicam os resultados.

Tabela 5.35: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 10,8L/min.

Parâmetros	Amostras Analisadas								
	Branco	Br final	CL 2H	CL 4H	CL 6H	CL 8H	DC 8H	CL 20H	DC 20H
Temperatura °C	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	23	23
Cor (mgPt-Co/L)	100	100	75	75	75	75	75		
Turidez (NTU)	45	45	24	26	25	28	20		
OD (mg/L)	2,65	2,65	1,51	1,35	0,11	0,07	2	1,9	1,95
DQO (mgO ₂ /L)	81,1	74,48	77,79	84,41	71,17	76,14	79,45	39,72	29,79
<i>Cryptos</i> No./100L	672			232					
Giárdia No./100L	0			0					
CF. T. (NMP)	2,4X10 ⁶	2,95X10 ⁶	1,2X10 ⁵	7,4X10 ⁴	5,2X10 ³	2X10 ³	2,9X10 ³	<1	<1
CF. F. (NMP)	1,2X10 ⁵	1,1X10 ⁵	4,0X10 ⁴	1,1X10 ³	5,2X10 ²	1,0X10 ²	8,6X10 ²	<1	<1
THMs (µg/L)	0,48	1,22	0,65	1,75	0,53	0,68	0,82	1,4	1,01

CL: Amostra Clorada; DCL: Amostra Declorada

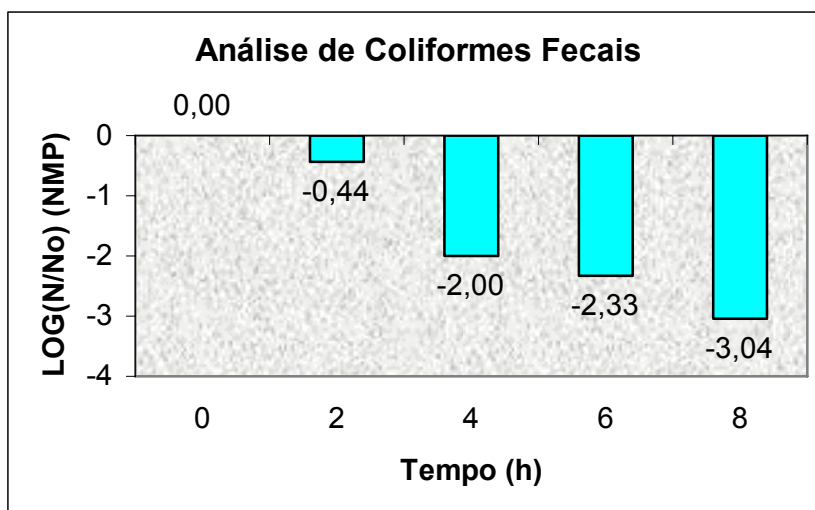


Fig 5.32: Resultados do teste de Desinfecção na ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 6mg/L, Q= 10,8L/min

Para o caso em questão, novamente houve grande eliminação de organismos patogênicos e não se registraram grandes variações em termos de Trihalometanos. Além disso notadamente se deram boas reduções em termos de cor.

No último ensaio para a ETE Esmeralda, foram dosados 13 mg/L de Hipoclorito de Sódio, sob uma vazão de 40 L/min. As tabelas 5.36, 5.37 e a figura 5.33 mostram os resultados.

Tab. 5.36: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min.

ETE ESMERALDA (DMAE)							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
Temperatura (°C)	23	23	23	23	23	23	23
Cor (mg/L Co-Pt)	300	300	300	337	220	220	238
Turbidez (UNT)	680	680	433	337	343	314	334
OD (mg/L O ₂)	3,4	3,4	2,5	2,6	2,2	2,4	2,0
DQO (mg/L O ₂)	96	97	71	66	74	113	111
Colif.Totais (NMP/100 ml)	5,8X10 ⁶	5,8X10 ⁶	9,2X10 ⁴	1,1X10 ³	1,6X10 ²	2,0X10 ²	125
Colif.Fecais (NMP/100ml)	1,6X10 ⁵	1,6X10 ⁵	2,6X10 ³	<1	2	<1	1

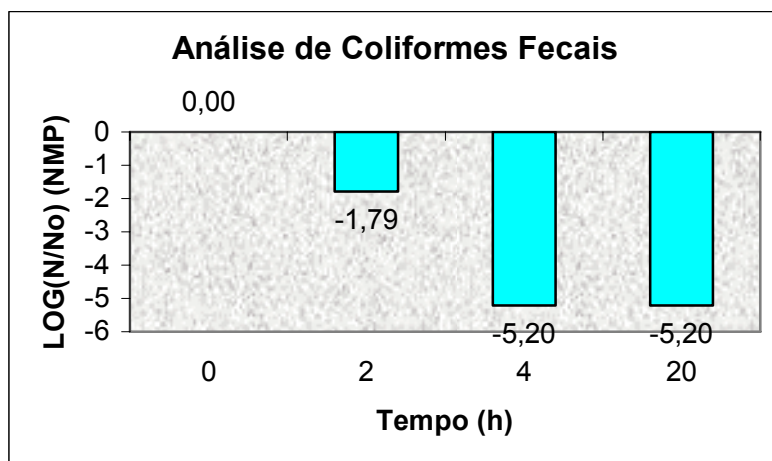


Fig 5.33: Resultados do teste de Desinfecção na ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min

Tab. 5.37: Resultados do teste de desinfecção em E. Piloto em Reator UASB, ETE Esmeralda / DMAE, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min.

ETE ESMERALDA (DMAE)

Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	128			88			
<i>Giardia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	160			80			
THMs (µg/L) Total	0,34	0,35	0,76	1,55	1,02	0,67	0,78

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

Especificamente no caso em análise, os resultados dos exames bacteriológicos foram totalmente satisfatórios. Quanto aos organoclorados ocorreu pequeno aumento muito devido à elevada dosagem agora ministrada.

Quanto ao experimento nos reatores UASB como um todo, podemos verificar que os resultados foram muito bons, uma vez que em todas as vazões e dosagens adotadas ocorreram boas eliminações de coliformes, boa redução de cor e sulfatos. Os resultados dos subprodutos da desinfecção também ocorreram de forma bastante reduzida, com patamares bem abaixo dos que se esperava.

5.2.4 Resultados do teste hidrodinâmico em efluentes do sistema de tratamento por reator seqüencial (ETE IPH UFRGS).

Os esgotos da ETE IPH apresentam o tratamento por lodos ativados, porém nesse caso o regime de tratamento se dá por batelada. Para o experimento em estação piloto, foram realizados da mesma forma que os sistemas anteriores, quatro tipos diferentes de cenários.

Foi estudado o comportamento desse efluente sob as vazões de 10,8, 20 e 40 L/min dosando-se 6,0 mg/L de produto, sendo que para a última vazão foi também verificada a dosagem de 13 mg/L.

O primeiro cenário foi com a vazão de 10,8 L/min e dosagem de 6,0 mg/L, a figura 5.34 e a tabela 5.38 mostram os resultados obtidos.

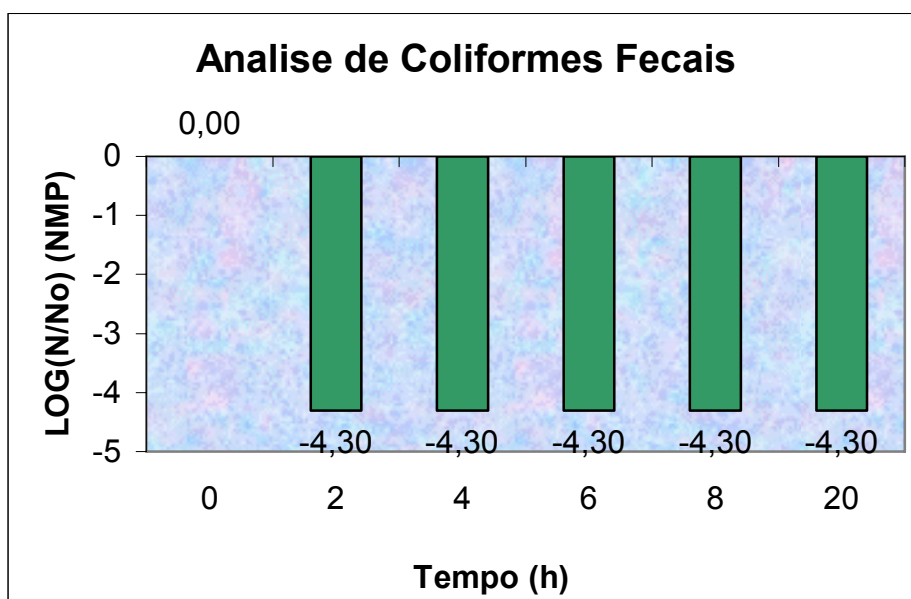


Fig 5.34: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 10,8L/min

Tab. 5.38: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 10,8L/min .

Parâmetros	Amostras Analisadas								
	Branco	Br final	CL 2H	CL 4H	CL 6H	CL 8H	DC 8H	CL 20H	DC 20H
Temperatura °C	22	22	22	22	22	22	22		
Cor (mgPt-Co/L)	150	150	100	100	100	100	100		
Turidez (NTU)	54	50	58	55	46	35	43		
OD (mg/L)	2,39	3,38	2,39	2,68	2,27	2,66	2,05		
DQO (mgO ₂ /L)	167,48	110,65	224,3	168,97	165,98	139,07	140,56		
<i>Cryptos</i> No./100L	x			x					
Giárdia No./100L	x			x					
CF. T. (NMP)	6,2X10 ⁵	5,2X10 ⁵	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1
CF. F. (NMP)	2,0X10 ⁴	2,0X10 ⁴	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
THMs (g/L)	0,82	3,36	2,89	2,61	3,8	2,36	1,5	2,01	2,56

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

Nessa faixa de vazão e dosagem, foi verificada a eliminação completa dos coliformes a partir das duas primeiras horas de cloração. Não se verificou variação no valor dos Trihalometanos

No segundo cenário, foi verificado o desempenho usando uma vazão de 20 L/min com a mesma dosagem do ensaio anterior. A figura 5.35 e a tabela 5.39 mostram os resultados.

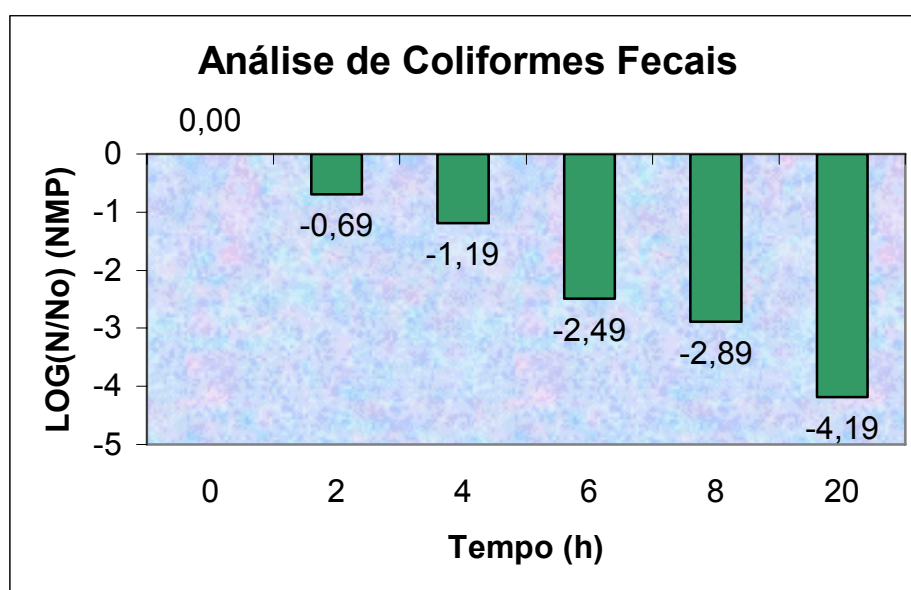


Fig 5.35: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 20L/min

Tab. 5.39: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 20L/min ..

Parâmetros	Amostras Analisadas								
	Branco	Br final	CL 2H	CL 4H	CL 6H	CL 8H	DC 8H	CL 20H	DC 20H
Temperatura °C	24	24	24	24	29	29	29	29	29
Cor (mgPt-Co/L)	200	200	120	125	130	125	190		
Turidez (NTU)	500	490	250	255	260	255	250		
OD (mg/L)	8,3	8,3	8,2	8,2	9,6	8,9	8	8	8,1
DQO (mgO ₂ /L)	326,53	322,86	320,41	316,33	310,2	359,18	236,73	358,78	253,06
<i>Cryptos</i> No./100L	80			60,8					
Giárdia No./100L	0			0					
CF. T. (NMP)	9,2X10 ⁶	8,4X10 ⁶	5,2X10 ⁵	1,0X10 ⁵	1,7X10 ⁴	1,7X10 ³	10	1,0X10 ²	20
CF. F. (NMP)	3,1X10 ⁵	3,1X10 ⁵	6,3X10 ⁴	2,0X10 ⁴	1,0X10 ³	4,0X10 ²	<1	2,0X10 ¹	<1
THMs (g/L)	3,29	2,78	2,62	4,54	5,18	3,65	3,47	4,7	3,7

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

Ainda com dosagem de 6,0 mg/L , agora com vazão de 40 L/min foi realizado o terceiro teste para os esgotos da ETE IPH. Os resultados são percebidos nas tabelas 5.40, 5.41 e na figura 5.36.

Tabela 5.40: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 40L/min.

ETE IPH UFRGS							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
Temperatura (°C)	15	15	15	15	15	15	15
Cor (mg/L Co-Pt)	960	960	870	860	810	925	800
Turbidez (UNT)	701	701	524	411	574	323	307
OD (mg/L O ₂)	14,0	14	12,2	10,4	11,1	12,3	9,5
DQO (mg/L O ₂)	116	115	114	106	109	95	79
Colif. Totais (NMP/100 ml)	9,8X10 ⁶	9,8X10 ⁶	1,7X10 ⁴	7,7X10 ³	1,3X10 ³	1,86X10 ³	1X10 ³
Colif. Fecais (NMP/100ml)	3,1X10 ⁵	3,1X10 ⁵	3,1X10 ³	8,5X10 ²	1X10 ²	1,0X10 ²	85

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

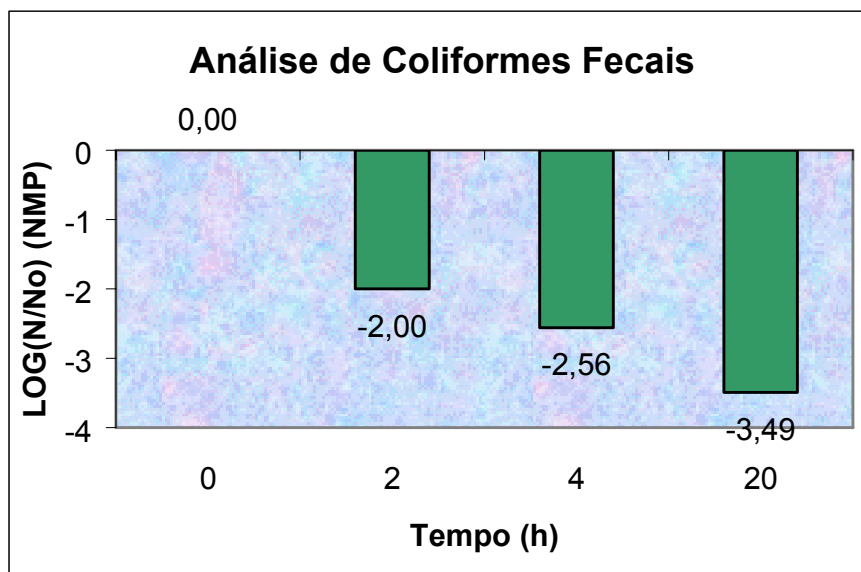


Fig 5.36: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 40L/min

Tabela 5.41: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 6,0mg/L, Q= 40L/min.

ETE IPH UFRGS							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	120			0			
<i>Giardia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	50			0			
THMs (µg/L) Total	0,69	0,88	0,94	1,14	1,17	1,09	0,81

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

Por fim, ainda com os esgotos do IPH e com a vazão de 40 L/min foi executado o último teste. Desta feita foi ministrada a dosagem de 13 mg/L, os resultados se encontram nas duas tabelas e no gráfico a seguir.

Tabela 5.42: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min.

ETE IPH UFRGS							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
<i>Cryptosporidium</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	1600			192			
<i>Giardia</i> (n ^o .100 L ⁻¹)	0			0			
THMs (µg/L) Total	0,86	1,02	1,29	1,73	0,91	0,86	0,99

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

Tabela 5.43: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min.

ETE IPH UFRGS							
Parâmetros de Controle	Amostras Analisadas						
	Branco	Br (final)	CL 2H	CL 4H	DC 4H	CL 20H	DC 20H
Temperatura (°C)	18	18	18	18	18	18	18
Cor (mg/L Co-Pt)	1800	1800	1000	800	810	600	800
Turbidez (UNT)	900	900	850	800	600	600	550
OD (mg/L O ₂)	11,6	11,6	10,3	10,3	9,8	10,0	9,6
DQO (mg/L O ₂)	97	96	60	58	64	109	107
Colif.Totais (NMP/100 ml)	2,7X10 ⁷	2,7X10 ⁷	4,1X10 ²	<1	2	<1	<1
Colif.Fecais (NMP/100ml)	1,4X10 ⁶	1,4X10 ⁶	<1	<1	1	<1	<1

CL: Amosta Clorada; DCL: Amostra Declorada

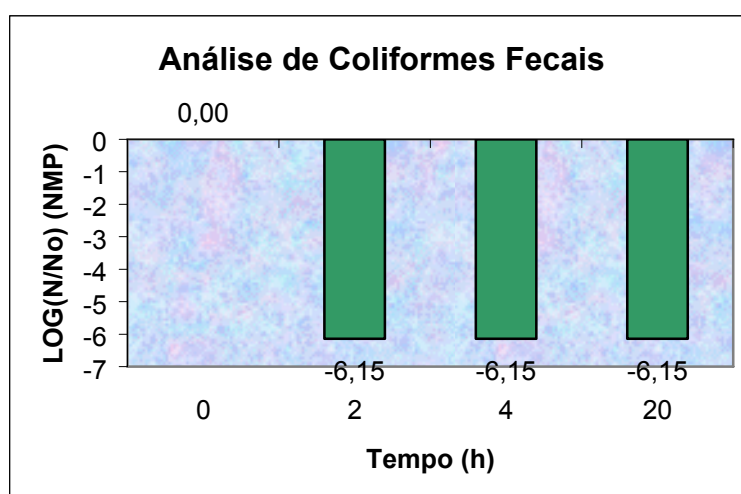


Fig 5.37: Resultados do teste de Desinfecção na ETE IPH / UFRGS, Dosagem: 13mg/L, Q= 40L/min.

Os esgotos da ETE IPH se apresentaram já durante a coleta, serem efluentes de característica poluidora bastante elevada. Através dos testes de desinfecção foi possível obter bons resultados em termos de sanidade dessas águas.

A tentativa de eliminação dos coliformes foi muito bem sucedida e mesmo com as dosagens de produto, não aconteceram grandes valores de organoclorados que pudessem inviabilizar o estudo.

Quanto às demais análises houve situações que melhoraram a qualidade do efluente ou então se mantiveram dentro de valores semelhantes às amostras em branco.

5.2.5 Resumo dos Resultados em Estação Piloto

Como já citado, os resultados de desinfecção com hipoclorito de sódio foram bastante satisfatórios. A tabela 5.44 resume comparativamente os resultados obtidos.

Tab. 5.44: Comparativo dos Resultados em Estação Piloto.

Resumo dos Resultados				
Efluente	Melhor Dosagem/ Vazão (mg/L, L/s)	Eliminação de C. Totais (%)	Eliminação de C. fecais (%)	Fomação de Trihalometanos
ETE Serraria	6,0 e 10,8	99,9	100	ND
ETE Sapucaia	6,0 e 10,8	99,99	100	ND
ETE Esmeralda	6,0 e 10,8	100	100	ND
ETE IPH	6,0 e 10,8	100	100	ND

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões e recomendações acerca do estudo podem ser divididas de acordo com a proposta do estudo em questão e também em função da hierarquia que cada ponto representa.

O principal aspecto a ser abordado diz respeito à eficiência do Hipoclorito como agente desinfetante dos esgotos cloacais tratados. Outras questões também desempenham papel de destaque para a análise, como o tipo de modelo adotado, (batelada e estação piloto), o efeito nos demais parâmetros físico- químicos e a incidência de subprodutos da desinfecção.

6.1 Quanto ao desinfetante

Ficou bastante clara a eficiência do Hipoclorito de Sódio como produto desinfetante das quatro amostras de esgotos tratados. Tanto no teste em bancada como na estação piloto, os resultados obtidos foram favoráveis, em todos os casos e circunstâncias.

Foi possível através das diversas modalidades em que o experimento se apresentou, mensurar o poder bactericida do produto. Com a variedade de tipos de efluentes tratados, o produto foi testado sob diferentes níveis de carga poluidora. No caso do sistema de Lagoas de estabilização a carga orgânica e bacteriológica submetida ao Hipoclorito de Sódio foi bastante diferente da oferecida pelos reatores anaeróbios que apresentaram níveis mais elevados de poluição.

Como principal recomendação, pode-se sugerir que em estudos futuros e até em escala real, sejam testados sob as mesmas condições desse estudo ,outros produtos para desinfecção, como Ozônio, Ferrato de Sódio e de Potássio.

6.2 Quanto à eliminação de patogênicos

Os efeitos benéficos do Hipoclorito de Sódio para a sanidade das águas para abastecimento público já eram conhecidas, porém seu efeito em águas residuárias era pouco explorado. Pelos dados obtidos, se tornou fato incontestável a enorme eficiência do produto frente aos diferentes tipos de águas residuárias encontradas.

O produto encontrou dificuldades em inativar a totalidade dos organismos fecais somente quando o teste impunha condições para que isso viesse a acontecer. Restaram saldos de coliformes a eliminar apenas quando as dosagens do produto eram mínimas ou quando os tempos de contato ou detenção eram pequenos ou elevados demais que acabavam gerando os colifagos.

Ficou totalmente recomendável a utilização do produto, em pelo menos nas pequenas comunidades como solução para mitigação de poluição bacteriológica dos esgotos dessas regiões. As tabelas dos capítulos anteriores resumiram bem os resultados obtidos considerando a eliminação de organismos patogênicos, redução de cor e compostos odoríferos.

6.3 Quanto aos parâmetros físico-químicos

Notadamente, por se tratar de composto à base de cloro, era esperado que os resultados das análises das características físico-químicas dos esgotos desinfetados com Hipoclorito seriam semelhantes que as desinfetadas com o gás cloro.

Os resultados de pH por exemplo, se mostraram com comportamento diferente pois na maioria dos testes os valores se mantiveram na faixa do valor encontrado na amostra em branco, no caso da desinfecção com o gás cloro há uma enorme redução de seu valor. Esse fato caracteriza uma grande vantagem do hipoclorito pois a manutenção dos valores de pH se constituem num considerável ganho ambiental.

6.4 Quanto aos subprodutos

A principal característica a ser considerada dos resultados experimentais diz respeito aos subprodutos. Na grande maioria dos testes na estação piloto, os níveis de organoclorados foram bastante baixos ou então ficavam em valores pouco superiores às amostras em branco.

Esse dado se constitui em importante resultado favorável ao produto e reforça ainda mais a recomendação da utilização dele em escala real.

Durante a realização dos testes cinéticos, foram obtidos os resultados de velocidade de reação do hipoclorito de sódio com a água residuária. A tabela apresentada nos capítulos anteriores, mostrou que; nas diferentes águas residuárias, as velocidades de reação foram bastante semelhantes.