

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL E LODO GERADO
EM UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS POR
BATELADA COM ADIÇÃO DE CARVÃO ATIVADO EM PÓ**

Álvaro Chávez Porras

Campinas, SP

2002

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL E LODO GERADO
EM UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS POR
BATELADA COM ADIÇÃO DE CARVÃO ATIVADO EM PÓ**

Álvaro Chávez Porras

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Saneamento e Ambiente.

Campinas, SP
2002

Atesto que esta é a versão definitiva da dissertação/tese	
	09/09/04
Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac	
Matrícula	19905-2

UNIDADE	BCE
Nº CHAMADA	
	I/UNICAMP
	C398t
V	EX
TOMBO DC/	59903
PROC.	16.P.117.04
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	11,00
DATA	22/09/04
Nº CPD	

Bib Id 321517

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C398t

Chávez Porras, Álvaro

Tratamento de efluente têxtil e lodo gerado em um sistema de lodos ativados por batelada com adição de carvão ativado em pó / Álvaro Porras Chávez.-- Campinas, SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Ricardo de Lima Isaac

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Águas residuais purificação tratamento. 2. Carbono ativado. 3. Águas residuais purificação remoção de cor. I. Isaac, Ricardo de Lima. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

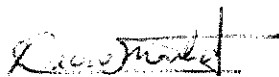
**TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL E LODO GERADO
EM UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS POR BATELADA
COM ADIÇÃO DE CARVÃO ATIVADO EM PÓ**

Álvaro Chávez Porras

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac
Presidente e Orientador/FEC/UNICAMP



Profa. Dra. Dione Mari Morita
FEC/UNICAMP



Prof. Dr. Pedro Alem Sobrinho
Escola Politécnica/USP

097575002

**Campinas, SP
28 de Novembro de 2002**

DEDICATÓRIA

A meu irmão, Fernando, que sempre me lembrou os esforços de meus pais, Yeya e Aponcho, e me brindou com seu apoio para a realização desta parte de um sonho da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por seu hálito de vida e pela sua paciência.

A meus pais, Yeya e Aponcho que me deram essa formação para batalhar dia a dia os obstáculos da vida e me souberam compreender e apoiaram nos momentos amargos e alegres.

A minha filha, Stephany Michelle, pela compreensão nestes momentos de isolamento.

A meu irmão, Fernando, a minha cunhada, Liliana, e meus sobrinhos, Stephanie e Daniel, pelo carinho e apoio incondicional brindado. A meus irmãos, Luis Carlos, Eva, Luz, Chucho, Amparo, Enrique e Luis Alfonso por guardar sempre esperanças boas do meu futuro.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac, por sue apoio, compreensão, amizade e tempo dedicado na minha formação profissional.

Ao Prof. Dr. Carlos Gomes da Nave Mendes, por sua amizade e apoio. A Dr.^a Dione Morita por seu apoio e credibilidade no meu desempenho profissional. A Dr.^a Emilia Rutkowski pela amizade.

Ao Eng. André, da Industria Têxtil de Americana, pelo apoio nas coletas dos efluentes brutos.

Aos docentes da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP – Área de Concentração: Saneamento e Ambiente -, pelo auxílio e apoio no planejamento e realização deste trabalho.

A meus colegas Eng. Luiz Carlos da Silva Porto, Eng Mara de Salvo, Eng Archimedes P. Silva Jr. e Eng. Luiz Roberto de Seixas Pereira pela oportunidade de compartilhar meus trabalhos e receber seus apoios.

Ao Eng. Edmar Santos de Souza, à Senhora Mary Andreazza, ao Oder, a Luciana, a meus colegas do laboratório, estagiários e funcionários da área de Saneamento Ambiental da Unicamp pelo apoio.

Aos meus amigos Gustavo, Sidney, Andersom e Rafael pela ajuda na fase experimental.

A muitas pessoas que sou grato que contribuíram sobremaneira para a realização deste trabalho.

"Sim, eu amo Deus. Ele é a fonte de minha existência é meu Salvador. Ele me mantém todo e cada dia. Sem Ele eu não sou nada, mas com Ele eu posso todas as coisas através de Jesus Cristo, que me fortalece."

Filipenses 4, 13

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	x
Lista de Figuras	xii
Lista de Abreviaturas e Siglas	xv
Lista de Símbolos	xvii
Resumo	xviii
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo Geral	5
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA INDÚSTRIA TEXTIL	7
3.1.1 Indústria Têxtil Brasileira	8
3.1.2 Processos na Indústria Têxtil	10
3.2. EFLUENTES RESULTANTES NOS PROCESSOS TÊXTEIS....	15
3.2.1 Corantes	16
3.2.2 Carbonatos, Surfactantes, Detergentes, Emulsões e Dispersantes	18
3.2.3 Os Sais	19
3.2.4 Metais Pesados	19
3.2.5 Toxicidade	20
3.2.6 Caracterização dos Efluentes	23

3.3.	TRATAMENTO DOS EFLUENTES	26
3.3.1.	Prevenção á Poluição	26
3.3.2.	Tratamento Conjunto nas ETes	27
3.3.3.	Tratamentos Biológicos.....	28
3.3.4.	Tratamentos Físico-Químicos	30
3.3.5.	Processo Oxidativos Avançados	31
3.3.6.	Outros Possíveis Tratamentos de Despejo Têxtil	33
3.4.	TRATAMENTO COM LODOS ATIVADOS	33
3.5.	USO DO CARVÃO ATIVADO NOS TRATAMENTOS	40
3.5.1	Os processo de Adsorção	40
3.5.2	Tratamento Preliminar ou Pós-Tratamento com CAP	43
3.6.	SISTEMAS LAB/CAP OU TRATAMENTO CONJUNTO	45
3.7.	OS LODOS GERADOS	48
3.8.	CONDICIONAMENTO COM POLÍMERO	50
3.8.1.	Os Polímeros	50
3.8.2.	Polímeros no Tratamento de Lodos	54
3.8.3.	Condicionamento Químico	56
3.8.4.	Adoção de Tipo e Dosagem de Polímero	65
3.9.	DISPOSIÇÃO FINAL	70
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	74
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	74

4.1.1	As Coletas de EB.....	75
4.1.2.	Denominações Feitas para os Reatores Biológicos, Efluentes, Misturas e Lodos	76
4.1.3	Condições Operacionais dos Reatores Biológicos	77
4.2.	FASES DO TRABALHO EXPERIMENTAL	79
4.2.1.	Primeira Fase	80
4.2.2.	Segunda Fase	83
4.2.3.	Terceira Fase	83
4.3.	METODOLOGIAS USADAS NOS PROCESSOS	84
4.3.1.	Partida dos Reatores Biológicos	84
4.3.2.	Método de Escolha do CAP (Tipo e Dosagem)	88
4.3.3.	Condicionamento e Desidratação do Lodo	91
4.4.	MÉTODOS DE ANÁLISE USADOS NA PESQUISA	96
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO	99
5.2	FASES DO TRATAMENTO DE EFLUENTES	105
5.2.1	Reator “R40SemCAP”	105
5.2.2	Reator “R10SemCAP”	113
5.2.3	Reator “R40ComCAP”	119
5.2.4	Comparação dos Tratamentos nos Três Reatores	125
5.3	AVALIAÇÃO DO TIPO E DOSAGEM DE CAP	128
5.3.1.	Primeira Fase	128

5.3.2. Segunda Fase	131
5.4. AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO COM POLÍMERO E DESIDRATAÇÃO POR CENTRIFUGAÇÃO	133
5.4.1. Lodo “LR40SemCAP”	133
5.4.2. Lodo “LR40ComCAP”	141
5.4.3 Lodo “LR10SemCAP”	145
5.4.4 Lodo “LR40ComCAP” (Adensado).....	150
5.5 AVALIAÇÃO DO SISTEMA NO MELHOR PONTO DE CONDICIONAMENTO.....	155
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	159
ANEXOS	162
Anexo A	163
Anexo B	169
Anexo C	177
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	212
Abstract	219

LISTA DE TABELAS

Tab. 3.1 Caracterizações de Diferentes Efluentes Têxteis	24
Tab. 3.2 Caracterização de Efluente Têxtil	25
Tab. 3.3 Caracterizações de Despejo de Industria Têxtil	25
Tab. 3.4 Caracterização de Alguns Efluentes Têxteis	25
Tab. 3.5 Parâmetros Operacionais do sistema LAB	39
Tab. 3.6 Categorias do Peso Molecular nos Polímeros	51
Tab. 3.7 Concentrações Máximas Permissíveis Uso de Lodo na Agricultura.....	72
Tab. 4.1 Uso dos Reatores e suas Capacidades de Tratamento	79
Tab. 4.2 Operações dos Reatores nas Fases da Pesquisa.....	80
Tab. 4.3 Início do Reator R40SemCAP	85
Tab. 4.4 Início dos Reatores R10SemCAP e R40ComCAP	86
Tab. 4.5 Adição de CAP no Reator R40ComCAP	87
Tab. 4.6 Características dos CAP's Testados	90
Tab. 4.7 Descrição dos Polímeros Usados e suas Propriedades	92
Tab. 4.8 Variações das Condições de Mistura no Condicionamento	95
Tab. 4.9 Métodos das Análises Laboratoriais	96
Tab. 4.10 Frequência de Análises Laboratoriais.....	97
Tab. 5.1 Resultados da Caracterização das Coletas de EB	100
Tab. 5.2 Série de Sólidos do Efluentes Brutos nas Coletas	104
Tab. 5.3 Série de Sólidos da Mistura do Reator R40SemCAP	108

Tab. 5.4 Série de sólidos para Efluentes Tratado no Reator R40SemCAP	111
Tab. 5.5 Série de Sólidos do Lodo no Reator R40SemCAP	112
Tab. 5.6 Séries de Sólidos da Mistura do Reator R10SemCAP	115
Tab. 5.7 Série de Sólidos de Efluentes Tratado pelo Reator R10SemCAP	117
Tab. 5.8 Série de Sólidos de Lodo Gerado no Reator R10SemCAP	118
Tab. 5.9 Séries de Sólidos da Mistura do Reator R40ComCAP	121
Tab. 5.10 Série de Sólidos de Efluentes Tratado pelo Reator R40ComCAP	123
Tab. 5.11 Série de Sólidos de Lodo Gerado no Reator R40ComCAP	124
Tab. 5.12 Caracterização de Efluente Bruto para Avaliação do Tipo e Dosagem de CAP	128
Tab. 5.13 Valores de Eficiência do Tratamento de Três Tipos de CAP após 22 Horas de Adsorção	129
Tab. 5.14 Caracterização dos Efluente Bruto e Biologicamente Tratados para Avaliação do CAP Tipo A	132
Tab. 5.15 Caracterização de Clarificação de Metais dos Efluentes e clarificados anteriormente descritos.....	156
Tab. 5.16 Concentração de Metais para Despejo Bruto, Efluentes Tratados (sem e com CAP) e Clarificados dos Lodos (após clarificação)	156
Tab. 5.17 Amostra de lodo Sem Adição de CAP.....	158
Tab. 5.18 Amostra de Lodo Com adição de CAP.....	158

LISTA DE FIGURAS

Fig. 3.1 Opções em Fibras Naturais, Artificiais ou Sintéticas	11
Fig. 3.2 Fluxograma dos Processos na Indústria Têxtil	14
Fig. 3.3 Fluxogramas de Sistemas de Lodos Ativados (fluxo contínuo)	35
Fig. 3.4 Fluxograma dos Sistemas LAB/CAP	47
Fig. 3.5 Diferentes Frações de Água Presentes no Lodo	58
Fig. 3.6 Processo Condicionamento de Dupla Floculação	64
Fig. 3.7 Esquema do Método Utilizado para Ensaio de Centrifugação	69
Fig. 4.1 Operações Efetuadas nos Reatores Biológicos	78
Fig. 4.2 Fotografia do Reator de 40 Litros	82
Fig. 5.1 Valores de pH nas Coletas	101
Fig. 5.2 Variação da Cor ADMI nas Amostras Coletadas	101
Fig. 5.3 Variação de DQO nas Amostras Coletadas	102
Fig. 5.4 Variação de COD nas Amostras Coletadas	102
Fig. 5.5 Serie de Sólidos do EB nas Amostras Coletadas	105
Fig. 5.6 Valores de SS e pH no Reator R40SemCAP	106
Fig. 5.7 Valores SST da Mistura no Reator R40SemCAP	109
Fig. 5.8 Eficiência de Remoção de Cor ADMI no Reator R40SemCAP	109
Fig. 5.9 Eficiência de Remoção de DQO no Reator R40SemCAP	110
Fig. 5.10 Eficiência de Remoção de COD no Reator R40SemCAP	110
Fig. 5.11 SST do Efluente Tratado no Reator R40SemCAP	111

Fig. 5.12 SST de Lodo no Reator R40SemCAP	112
Fig. 5.13 Valores de SS e pH no Reator R10SemCAP	113
Fig. 5.14 Valores de SST da mistura no Reator R10SemCAP	115
Fig. 5.15 Eficiência de Remoção de Cor ADMI no Reator R10SemCAP	116
Fig. 5.16 Eficiência de Remoção de DQO no Reator R10SemCAP	116
Fig. 5.17 Eficiência de Remoção de COD no Reator R10SemCAP	116
Fig. 5.18 SST do Efluente Tratado no Reator R10SemCAP	117
Fig. 5.19 SST do Lodo Gerado no Reator R10SemCAP	118
Fig. 5.20 Valores de SS e pH no Reator R40ComCAP	120
Fig. 5.21 Valores de SST da Mistura no Reator R40ComCAP	121
Fig. 5.22 Eficiência de Remoção de Cor ADMI no Reator R40ComCAP	122
Fig. 5.23 Eficiência de Remoção de DQO no Reator R40ComCAP	122
Fig. 5.24 Eficiência de Remoção de COD no Reator R40ComCAP	122
Fig. 5.25 SST do Efluente Tratado no Reator R40ComCAP	123
Fig. 5.26 SST do Lodo Gerado no Reator R40ComCAP	124
Fig. 5.27 Eficiência de Remoção por Adsorção CAP Tipo A	130
Fig. 5.28 Eficiência de Remoção por Adsorção CAP Tipo B	130
Fig. 5.29 Eficiência de Remoção por Adsorção CAP Tipo C	130
Fig. 5.30 Fase 1 Sem Poli/ Sem CAP LR40SemCAP	134
Fig. 5.31 Melhores Três Dosagens dos Polímeros na Fase 2 “LRSemCAP”	136
Fig. 5.32 FASE 1000rpm P1(852BC pr) P2(9046 na) “LRSemCAP”	138
Fig. 5.33 FASE 3 2000rpm P1(852BC pr) P2(9046 na) “LRSemCAP”	138

Fig. 5.34 FASE 3 3000rpm P1(852BC pr) P2(9046 na) “LRSemCAP”	139
Fig. 5.35 FASE 3 4000rpm P1(852BC pr) P2(9046 na) “LRSemCAP”	139
Fig. 5.36 FASE 3 5000rpm P1(852BC pr) P2(9046 na) “LRSemCAP”	140
Fig. 5.37 FASE 1SemPOLI/ComCap“LR40ComCAP”	
1000-2000-3000-4000-5000 rpm	140
Fig. 5.38 Melhores Dosagens dos Polímeros	
Lodo com CAP “LRComCAP”	141
Fig. 5.39 ESTUDO 3 3000rpm P1(852BC pr)	
“LR40ComCAP”	144
Fig. 5.40 FASE 1SemPOLI/SemCap“LR10SemCAP”	
1000-2000-3000-4000-5000..rpm	146
Fig. 5.41 Melhores Duas Dosagens dos Polímeros	
Lodo Sem CAP “LR10SemCAP”	147
Fig. 5.42 ESTUDO 33000rpm P1(852BC pr)/P2(9046 na)	
“LR10SemCAP”	149
Fig. 5.43 FASE 1 SemPOLI/ComCap“LR40ComCAP”	
1000-2000-3000-4000-5000 rpm	150
Fig. 5.44 Melhores Duas Dosagens dos Polímeros lodo com CAP].	
“LR40ComCAP”	152
Fig. 5.45 FASE 3 3000rpm P1(852BC pr) P2(9046 na)	
“LR40ComCAP” Adensado	154
Fig. 5.46 Avaliação de SST nos Lodos Sem e Com CAP	157

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil
AWWA	American Water Works Association
CAG	carvão ativado granular
CAP	carvão ativado em pó
CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento do Estado de São Paulo
CIT	carbono inorgânico total
COD	carbono orgânico dissolvido
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cor ADMI	parâmetro de medida de Cor para águas altamente coloridas
COT	carbono orgânico total
CST	tempo de sucção capilar
DBO	demanda bioquímica de oxigênio
DQO	demanda química de oxigênio
ETA	estação de tratamento de água
ETE	estações de tratamento de esgoto
IC	índice de centrifugação
ISO	International Standard Organization
IVL	índice volumétrico de lodo
K	coeficiente de remoção de substrato em reatores

LAB	lodos ativados por batelada
LAB/CAP	lodos ativados por batelada com adição de carvão ativado em pó
MAT	material processado
MP	metais pesados
POAs	processos oxidativos avançados
SMA	Secretaria do Médio Ambiente
ST	sólidos totais
SST	sólidos em suspensão totais
SVT	sólidos volteis totais
SS	sólidos sedimentáveis
TF	tempo de filtração
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UV	ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

$^{\circ}\text{C}$	graus centígrados
G	gradiente de velocidade
g	grama
h	hora
Kg	quilograma
L	litro
m	metro
min	minuto
mg	miligrama
mL	mililitro
rpm	rotações por minuto
r	valor da resistência específica a filtração
s	segundos
μm	micrômetro
μ	viscosidade dinâmica do filtrado
θ_c	idade de lodo

Resumo

Chavez Porras, Álvaro. Tratamento de efluente têxtil e lodo gerado em um sistema de lodos ativados por batelada com adição de carvão ativado em pó. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

O trabalho avaliou o desempenho, em escala de laboratório, de sistema de Lodos Ativados por Batelada (LAB) com adição de Carvão Ativado em Pó (CAP), no tratamento de efluente de indústria têxtil.

Quanto à fase líquida (despejo) escolheu-se com base em ensaios de adsorção, um entre três tipos de CAP, com concentrações de 1000 mg / l mantida no reator biológico.

Avaliou-se a eficiência do sistema LAB/CAP e de sistema controle (LAB) quanto aos parâmetros Cor ADMI, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Carbono Orgânico Dissolvido (COD). No sistema LAB conseguiu-se uma eficiência de remoção desses três parâmetros na faixa de 60 a 70 %; e para o sistema LAB/CAP conseguiu-se uma eficiência de remoção na faixa de 85 a 95 %. Avaliaram-se os sólidos dos efluentes brutos, das misturas dos reatores, dos efluentes tratados e dos lodos gerados, comparando-se entre os sistemas (LAB e LAB/CAP).

Quanto à fase sólida, condicionou-se e desidratou-se por centrifugação, o lodo gerado em cada um dos sistemas (LAB e LAB/CAP), com diversos tipos de polímeros orgânicos sintéticos de alto peso molecular (catiônico, aniônico e não aniônico) e diferentes parâmetros de mistura (tempo e rotação); encontrou-se como o valor do melhor desempenho um polímero catiônico (em dosagens de 4 mg / g) em condições de mistura de 250 rpm e 60 sg. Atingiu-se um valor de teor de SST para lodos desidratados de 28 % no sistema LAB/CAP numa rotação de 3000 rpm; e para o sistema de controle (LAB) foi em média de 18 % na mesma rotação de centrifugação.

PALAVRAS CHAVES

Efluentes têxteis, lodos biológicos, LAB, CAP, condicionamento com polímero, desidratabilidade.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Por muitos anos lançar efluentes industriais e esgotos sanitários sem tratamento nos corpos de água foi uma prática comum que gerou alto grau de contaminação dos mananciais; com os parâmetros, legislações, exigências nacionais e internacionais para a proteção do meio ambiente, do final do século passado, as empresas poluidoras estão investindo em sistemas de tratamento de efluentes.

Por outro lado, a geração e o descarte do lodo após o tratamento destes efluentes são uma prática pouco controlada e um forte fator contaminante de solos e corpos d'água, causando efeitos tóxicos aos organismos aquáticos e, indiretamente, ao homem.

Uma das tendências atuais do tratamento de efluentes é a redução da toxicidade dos despejos através de tecnologia e processos físico-químicos ou biológicos para a remoção de metais, matéria orgânica, sólidos e compostos perigosos para os ecossistemas.

O lodo gerado não é tratado através de processos de condicionamento e desidratação para aumentar sua estabilidade e reduzir seu volume. Posteriormente, esse resíduo pode ser, dependendo de sua classe, incorporado em materiais de construção civil, disposto no solo como condicionador ou enviado para aterros sanitários e industriais.

Entre as indústrias geradoras de grande quantidade de contaminantes está a indústria têxtil. Nesta área vem-se pesquisando atualmente processos de tratamento tanto para os efluentes líquidos como para os lodos gerados.

Esta indústria engloba uma variedade de processos e empresas gerando diferentes classes de produtos e serviços. É uma das mais envolvidas com problemas ambientais relacionados com efluentes e resíduos sólidos perigosos (GRAVELET, et al., 1997).

Dentre os processos da indústria têxtil, o beneficiamento de fios e tecidos se caracteriza pelo consumo intensivo de água, a qual termina sendo parte de um efluente líquido final, altamente contaminante, com uma alta variedade de corantes e outros compostos complexos.

Dependendo das matérias primas, fibras e da tecnologia usada nos processos, o consumo de água varia na faixa de 40 a 290 L/kg de material processado. As indústrias de beneficiamento têxtil realizam operações descontínuas no processo produtivo, que variam com o tipo de processo, produtos químicos empregados, corantes, entre outros.

O efluente gerado é pouco homogêneo, com alta variabilidade de vazão, pH e de carga orgânica. Por outro lado, existem algumas características dos efluentes têxteis que dificultam seu tratamento, como: pouca biodegradabilidade, presença de sais dissolvidos, corantes sintéticos, substâncias tóxicas, metais, detergentes, óleos e graxas.

Muitas indústrias de beneficiamento têxtil lançam seus despejos nas redes coletoras de esgotos para serem tratados de uma maneira conjunta, após um pré-tratamento que consiste basicamente de equalização, correção de pH e redução de temperatura.

Alguns componentes dos efluentes têxteis podem interferir na eficiência das operações ou inibir os processos de tratamento, devido as suas altas descargas e conteúdo de metais, sendo necessário portanto, controle adicional para que a estação produza um efluente de qualidade, que atenda aos padrões estabelecidos (BERTOLETTI, 1989).

No que se refere à legislação, as empresas que fazem o descarte dos efluentes devem atender no Brasil: a “Lei de Crimes Ambientais”, Lei Federal Nº 9605 / 98 que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente; a Resolução CONAMA Nº. 20 / 86 que classifica as águas segundo seus usos preponderantes; e a Lei Federal Nº 9433 / 97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

No Estado de São Paulo devem atender: a Lei Estadual Nº 997 / 76 que dispõe sobre controle de poluição do meio ambiente e regulamenta o Decreto Estadual 8468 / 76; a Lei Estadual Nº 7663 / 91 que estabelece a cobrança pelo uso da água e pelo descarte de efluentes em corpos d'água; a Resolução SMA Nº. 02/2000 estabelece os níveis de toxicidade máximos permitidos destes efluentes.

Além desses, a qualidade de água para consumo humano (controlada através da Portaria 1.469 do Ministério da Saúde, de 29 de dezembro de 2000 que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade) está sendo comprometida pela descarga destes efluentes nos mananciais d'água; e por sua vez colocando em risco a saúde da população devido à baixa eficiência dos sistemas de tratamento para remover certas substâncias.

Para atender à legislação, principalmente os padrões legais de emissão e de qualidade, indústria têxtil tem como processos de tratamento mais utilizados os biológicos. Um dos mais usados é o processo de Lodos Ativados de Fluxo Intermitente ou Lodos Ativados por Batelada (LAB).

O processo LAB, do mesmo modo que o processo de lodos ativados convencional, caracteriza-se por grande necessidade de energia para o suprimento de oxigênio nos reatores biológicos para o desenvolvimento das colônias microbianas aeróbias, além da geração de um volume grande de lodo.

O tratamento biológico aeróbio apresenta geralmente baixa eficiência na remoção da cor dos efluentes têxteis, devido à baixa degradabilidade dos corantes empregados.

Desta forma, torna-se necessário um aprimoramento do tratamento biológico, que pode se dar através da adição de adsorventes como o Carvão Ativado em Pó (CAP), entre outras alternativas viáveis (PALA & TOKAT, 2001).

O lodo produzido no tratamento precisará ser descartado periodicamente, o qual pode ser condicionado e desidratado para redução do volume antes de seu descarte final.

Neste trabalho foi desenvolvido, em escala de laboratório, o estudo sobre o condicionamento do lodo gerado no tratamento de efluente têxtil pelo sistema LAB / CAP (Lodos Ativados por Batelada com Adição de Carvão Ativado em Pó). O lodo foi condicionado com polímeros orgânicos sintéticos e desaguado por centrifugação.

Os efluentes brutos foram provenientes de uma indústria têxtil da região de Americana, no Estado de São Paulo que realiza as operações de tecelagem, preparação, tingimento, estampagem e acabamento.

Neste trabalho procurou-se obter parâmetros de projeto e de operação, tendo em vista o aspecto sanitário e ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi avaliar o desempenho, em escala de laboratório, no tratamento de efluente e lodos de uma indústria têxtil de sistema de Lodos Ativados por Batelada sem e com adição de Carvão Ativado em Pó (sistemas LAB e LAB/CAP respectivamente).

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram:

- Quanto à fase líquida (despejo):

- escolher, com base em ensaios de adsorção, o melhor tipo e dosagem de CAP a ser adicionado ao sistema biológico (LAB).

- avaliar a eficiência do sistema LAB/CAP, no tratamento de efluente têxtil, tanto como aos parâmetros Cor ADMI, DQO e COD como relação a um sistema de controle sem adição de carvão (LAB).

- Quanto à fase sólida (lodo gerado):

- condicionar e desaguar por centrifugação, o lodo gerado, com diversos tipos de polímeros orgânicos sintéticos de alto peso molecular; buscando o de melhor desempenho e a correspondente dosagem ótima;

- avaliar os resultados obtidos concernentes aos melhores pontos de condicionamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA INDÚSTRIA TÊXTIL

Uma das maiores ameaças para a qualidade dos corpos d'água inicia-se nos processos industriais. Particularmente, o descarte de efluentes e lodos provenientes da indústria têxtil sem adequado tratamento impacta à vida das comunidades aquáticas. Esta prática afeta consideravelmente ou mata a vida aquática, evitando a penetração de luz, impedindo a fotossíntese, elevando os valores de salinidade (alta condutividade) e limitando seu uso na agricultura.(GRAVELET *et al.*, 1997).

Os padrões de descarte e lançamento dos despejos da indústria têxtil são diferentes em cada país, não existindo uma regulamentação unificada para isto (ROZZI *et al.*, 1999). A nível mundial, os países exportadores de produto têxtil, com a introdução dos indicadores e parâmetros de proteção ambiental e a norma ISO 14000, tiveram dificuldade devido à necessidade de trocar parte de sua tecnologia e equipamento para que seus produtos fossem aceitos (GRAVELET *et al.*, 1997).

No Brasil esta indústria usa 20 t/ano de corantes, dos quais cerca de 20% são descartados em efluentes para serem tratados e/ou lançados nos corpos d'água (PERALTA *et al.*, 1999).

Segundo FIGUEIREDO *et al.* (2001), no Estado de São Paulo, principalmente nos municípios de Americana, Nova Odessa e Santa Bárbara de Oeste (lugar geográfico da indústria geradora do despejo deste estudo), as empresas do setor têm grande potencial poluidor, sendo responsáveis por uma grande parcela da carga orgânica potencial (8870,80 t DBO/ano) e carga orgânica remanescente (1870,80 t DBO/ano), lançadas na bacia do rio Piracicaba.

3.1.1. INDÚSTRIA TÊXTIL BRASILEIRA

Conforme a Associação Brasileira da Indústria Têxtil – ABIT (2002), a categoria industrial foi pioneira na industrialização no País, com agressivos programas de investimento, permitindo uma renovação e crescimento de suas instalações, num mercado aberto, nacional e internacional, mais competitivo e globalizado. Isto pode ser mostrado nas seguintes cifras:

- US\$ 8 bilhões de investimento em desenvolvimento e aquisição de tecnologia, capacitação de recursos humanos e aumento da produção.
- Congrega mais de 30 mil empresas em todos os seus processos produtivos.
- Emprega aproximadamente 1,5 milhão de trabalhadores nacionais.
- Em 2001, o setor teve um faturamento de US\$ 22,7 bilhões.
- Teve exportações de US\$ 1,3 bilhão (2001).
- O exercício de 2001 deu um *superávit* de US\$ 74 milhões.
- Foram criados 6 mil postos de trabalho no mesmo ano.
- O setor assinou juntamente com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e Ministério da Ciência e Tecnologia um contrato visando o crescimento e

fortalecimento do setor, especialmente no que tange às exportações brasileiras. Dentre essas metas, está o compromisso de gerar 160 mil novos postos de trabalho na indústria e 160 mil na agricultura até 2005.

- Conquistará, no futuro, espaços no mercado nacional com 170 milhões de consumidores.
- Entre suas metas, o País, tentará recuperar 1 % de participação do mercado mundial o que levaria uma elevação das exportações em torno de US\$ 4 bilhões / ano até 2007
- No ano 2000 foram produzidas 725,3 mil toneladas. de fibra natural; 36,4 mil toneladas de fibra artificial e 36 mil toneladas fibra sintética.
- No período 2000-2001: da produção mundial de algodão, de 19.060 mil toneladas o Brasil produziu 849 mil toneladas; do consumo mundial, de 19.957 mil toneladas o consumo brasileiro foi de 947 mil toneladas; das exportações mundiais, de 5.734 mil toneladas a exportação brasileira foi de 87 mil toneladas; das importações mundiais, de 5.904 mil toneladas o Brasil importou 218 mil toneladas.

Adicionalmente, a indústria de corante têxtil é responsável por mais ou menos 5.000 empregos, além de ser considerada um setor de alto rendimento financeiro.

No País, o consumo de fibra têxtil está estimada em 7,0 kg *per capita* / ano; devido às características climáticas, a indústria tem sua predominância baseada em algodão (70%); assim cerca de 75% das indústrias estão localizadas na região sul (Santa Catarina), sudeste (São Paulo e Minas Gerais) e nordeste (Pernambuco, Bahia e Ceará) (GUARATINI & ZANONI, 2000).

3.1.2 PROCESSOS NA INDÚSTRIA TÊXTIL

A indústria têxtil é formada pelos setores de fabricação de fibras ou filamentos (fiação), tecidos (tecelagem e malharia), beneficiamento que compreende os processos de tingimento, estamparia e acabamento e a confecção.

AS FIBRAS USADAS

A indústria usa um grande número de matérias primas nacionais, as quais são aproveitadas por diversos setores, permitindo produtos manufaturados e confecções com variada gama de opções em fibras, tanto naturais como artificiais ou sintéticas.

As fibras naturais podem ter procedência de vegetais, animais ou minerais; as artificiais são fibras feitas após regeneração das naturais; e as sintéticas são obtidas dos derivados de petróleo.

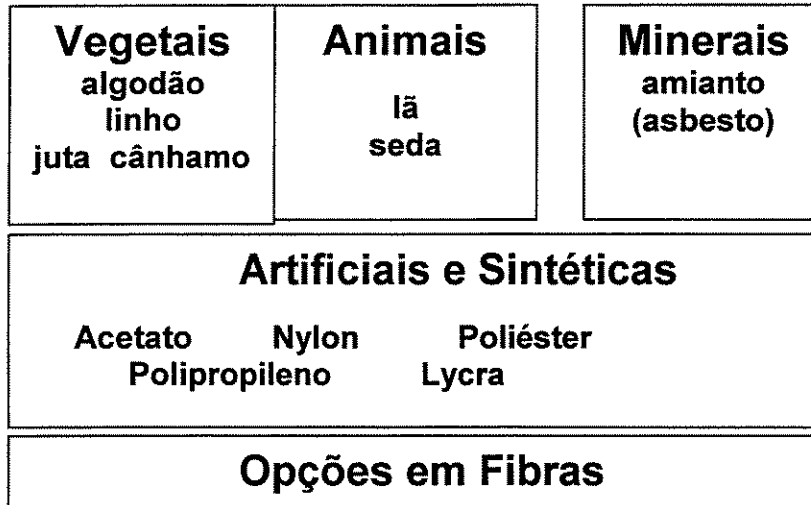
As fibras vegetais são compostas por celulose e proteína em alta porcentagem; entre elas pode-se fazer referência às seguintes: algodão, linho, juta e cânhamo.

Entre as fibras animais podem se citar a lã e a seda.

De origem mineral pode-se citar o amianto (asbesto), composto essencialmente de silicatos extraídos das rochas.

Entre as artificiais e sintéticas estão: acetato, nylon, poliéster, lycra, polipropileno.

Na Figura 3.1 mostram-se as diferentes opções de fibras usadas na indústria têxtil.



Fontes: USEPA,1997; PÔRTO, 2002

Figura 3.1 Opções em Fibras: Naturais (vegetais, animais ou minerais) Artificiais ou Sintéticas.

OS PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO NA INDÚSTRIA

Segundo USEPA (1997), a indústria têxtil pode ser dividida nos seguintes processos:

- **Fiação**

Os processos de transformação das fibras em fios são chamados de fiação. As características físicas das fibras (espessura, comprimento, resistência, elasticidade e pureza) determinam a tecnologia a ser usada no processo.

O processo consta de três operações básicas: abertura e limpeza, estiragem e torção.

Na abertura e limpeza, separam-se as fibras que são recebidas em fardos e são retiradas as impurezas. Na estiragem, busca-se conseguir uma fita cada vez mais comprida e mais fina; desta forma os fios vão adquirindo resistência e alongamento. E na operação de torção, o fio formado é torcido, recebendo um determinado número de voltas, evitando assim que as fibras possam soltar-se uma das outras. A quantidade de torções no fio determina a maciez, resistência e durabilidade do tecido.

- **Elaboração de Tecidos**

Podem-se encontrar duas classes de tecidos: os planos e os tecidos de malha.

O processo de elaboração de tecidos planos é chamado de tecelagem; em alguns casos de tecnologia moderna o tecido é fabricado usando-se um jato de água pressurizado que gera despejo no processo. O processo de elaboração de tecidos de malha chama-se malharia.

- **Beneficiamento**

A etapa final dos tecidos da tecelagem ou malharia é o beneficiamento que compreende os processos de tingimento, estamparia e acabamento; nesta fase do processo produtivo geram-se as maiores parcelas dos despejos líquidos. Em determinadas indústrias o processo de tingimento pode ser feito nos fios antes de serem tecidos.

O beneficiamento compreende algumas atividades cuja seqüência depende da tecnologia dos equipamentos, matéria prima e produto final. A seguir uma breve descrição destas atividades e dos pontos de geração de despejos:

-Tingimento de fios: inicia-se com o cozimento dos fios em solução de soda cáustica e detergente para posterior lavagem em água; logo os fios são mergulhados em soluções de corantes, lavados novamente e engomados com amido.

-Tecelagem: uma vez feito o tecido, com temperaturas controladas, promove-se a queima dos fiapos, a chamuscagem, e logo uma lavagem para retirada das gomas excedentes (desengomagem) com água à temperatura superior a 120 °C com detergentes, sabões, emolientes e enzimas. O processo continua com lavagem e cozimento usando-se vapor para aquecer a água em solução de soda cáustica, sabão e álcalis. Finalmente, a secagem é feita por cilindros aquecidos.

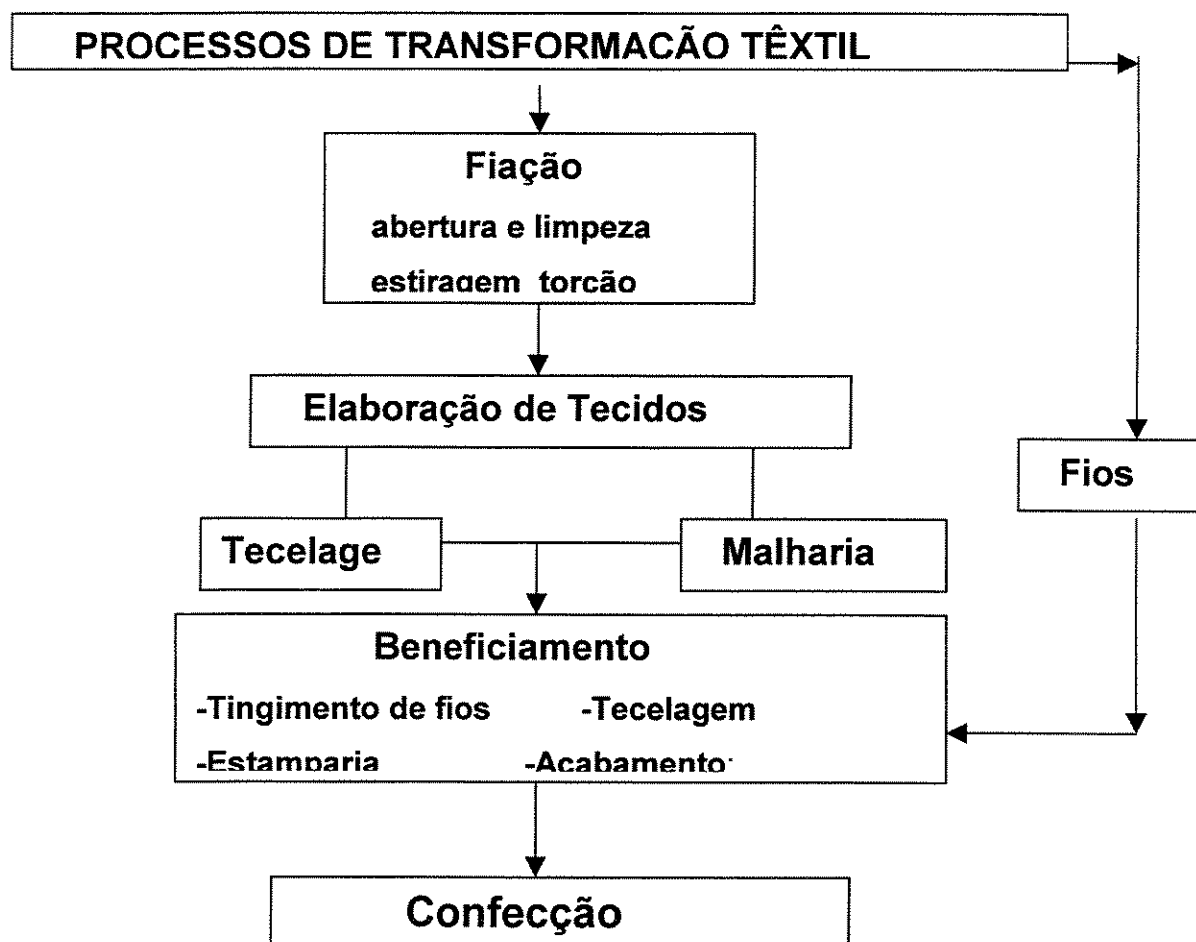
-Estamparia: nesta fase modifica-se a cor original dos tecidos usando-se corantes, agentes dispersante, fixadores, ácidos, oxidantes, redutores, solventes, sais, etc., dispersos ou dissolvidos em água. Os equipamentos são lavados e preparados para outros produtos e outros corantes. A operação termina com a lavagem do tecido para remover o excesso de corante.

-Acabamento: nesta fase são aplicadas soluções líquidas de resinas e gomas.

- **Confecção**

Posterior aos processos de beneficiamento está a etapa de confecção, onde se fabricam os diferentes artigos para sua distribuição no mercado.

Na Figura 3.2 apresenta-se o fluxograma dos processos na indústria têxtil.



Fonte: USEPA,1997; PÔRTO 2002.

Figura 3.2 Fluxograma dos Processos na Indústria Têxtil.

3.2. EFLUENTES RESULTANTES NOS PROCESSOS TÊXTEIS

A indústria de processamento têxtil, considerada uma das mais poluidoras, gera uma grande quantidade de efluentes líquidos, em especial nas unidades de beneficiamento. Os processos de lavagem são os maiores geradores de água residuária contendo sais, ácidos e álcalis que se lançados nos corpos d'água prejudicam sua qualidade (USEPA, 1997).

Segundo MELO & SENS (1999), os efluentes têxteis do beneficiamento possuem uma composição altamente variada, proveniente de todas as etapas do processo das fibras tais como: desengomagem, lavagem, alvejamento, tinturaria, estamparia, dentre outras; tendo envolvido diferentes processos, matérias-primas, corantes, sais e produtos químicos empregados; alguns produtos como os auxiliares de tingimento nas operações de tinturaria e estamparia são utilizados na fixação de corantes para sua posterior lavagem.

Para BANAT *et al.*, (1996), os corantes de origem sintética e sua estrutura molecular aromática complexa fazem deles compostos de difícil remoção e suas estruturas são feitas para resistir a sudoração, sabonete, água, luz ou agentes oxidantes.

Nos diversos processos, tanto no de uma indústria de fibra de acrílico como no de tingimento, não se apresentam grandes diferenças com respeito à biodegradabilidade dos efluentes (GERMIRLI *et al.*, 1999).

Estes despejos de pouca degradabilidade, alta carga de metais pesados (MP) e alguns compostos químicos orgânicos presentes, impedem o funcionamento de reatores biológicos usados tanto para tratamento de despejos nestas indústrias ou em ETEs (quando são lançados nas redes coletoras de esgoto), sendo uma ameaça para o crescimento das bactérias, necessário para o consumo e remoção de contaminantes.

Segundo ECKENFELDER Jr. & MUSTERMAN (1994) *apud* PÔRTO (2002), os despejos têxteis estão considerados como pouco degradáveis por ter coeficientes de remoção de substrato baixos.

Para GERMIRLI *et al.* (1999), um tratamento químico parcial pode ser feito antes ou após o tratamento biológico para incrementar a biodegradabilidade do despejo ou para melhorar o efluente tratado biologicamente.

3.2.1 CORANTES

Os corantes são materiais que têm propriedades de absorção da luz e suas propriedades tem que ver com o comportamento de certos elétrons das moléculas que os compõem (KUEHNI, 1997; *apud* NOGUEIRA, 2002).

Podem ser classificados de várias formas, seja pela sua composição química, classe de aplicação, uso, etc. Mas, geralmente sua classificação está baseada nas fibras nas quais serão aplicados e na natureza química de cada um deles.(GUARATINI & ZANONI, 2000; USEPA, 1997).

A seleção dos corantes industriais é baseada em fatores como a classe do corante, a taxa de fixação na fibra, o tipo de fibra a que eles são afins, tonalidade desejada, uniformidade de coloração e rapidez de operação; também esta incluída a estabilidade das cores, a resistência à armazenagem e a influência de vários fatores como a luz, a alcalinidade, etc.

Segundo ROBINSON *et al.* (2001), existem mais de 100.000 corantes disponíveis comercialmente com uma produção anual aproximada de 7×10^5 toneladas.

Para GUARATINI & ZANONI (2000) e USEPA (1997), os principais grupos de corantes podem ser classificados como: corantes diretos, ácidos, básicos, azóicos, à Cuba, de Enxofre, dispersos, branqueadores e reativos.

Segundo PERALTA *et al.* (1999) os problemas ambientais associados com estes despejos estão relacionados à presença de corantes orgânicos, surfactantes e aditivos geradores de fontes de caráter tóxico, cancerígeno e mutagênico; quase todos eles são recalcitrantes e resistentes à degradação biológica.

Aproximadamente 15% dos corantes são descartados no meio-ambiente durante a síntese, processamento ou aplicação destes (GUARATINI & ZANONI, 2000).

Para USEPA (1997), na faixa entre 50 a 100 % do corante fixa-se na fibra nos processos normais, o restante é descartado.

No Brasil, os corantes reativos são um dos mais utilizados para a tintura de algodão, os quais são altamente nocivos quando presentes em qualquer organismo vivo e representam 20-30% do mercado mundial (NOGUEIRA, 2002).

Segundo GUARATINI & ZANONI (2000), estes corantes são altamente solúveis em água e formam ligação do tipo covalente (com grupos: hidroxila das fibras celulósicas, amino, hidroxila e tióis das fibras protéicas). Esta ligação confere maior estabilidade na cor do tecido tingido quando comparado a outros corantes. Eles podem ser usados em fibras celulósicas, em seda ou lã. Para O'NEILL *et al.* (1999; apud NOGUEIRA, 2002), embora ser uma das classes de corante mais utilizadas na atualidade, apresentam baixa fixação podendo ocorrer perdas de até 50% do corante na etapa de fixação.

O corante não-fixado, em grandes concentrações, será incorporado na água residuária. A baixa biodegradabilidade destes efluentes leva a dificuldades quanto a sua eliminação por tratamentos físico-químicos, como coagulação/floculação, e por sistemas biológicos.

3.2.2 CARBONATOS, SURFACTANTES, DETERGENTES, EMULSÕES E DISPERSANTES

Para MELO & SENS (1999), os carbonatos são utilizados com corantes para favorecer sua ligação química com as fibras; estes agentes dispersantes e auxiliares de tingimento têm uma cinética de reação mais lenta do que os corantes e sua presença aumenta o consumo de oxidantes, sendo elementos mais estáveis e menos biodegradáveis.

A respeito dos surfactantes, segundo DENTEL *et al.* (1993), são pouco biodegradáveis aeróbiamente e estão associados com as altas taxas de sólidos em suspensão nos efluentes tratados e lodos.

Além desses, os detergentes, emulsões e dispersantes contribuem na toxicidade e na DBO das águas residuárias.

O processo de lavagem contribui com 50% da carga de DBO, (USEPA, 1997). Segundo GERMIRLI *et al.* (1999), o processo é fonte primária de DBO (na faixa de 1900–2310 mg O₂/l), residual químico, baixa quantidade de sólidos em suspensão e concentrações consideráveis de nitrogênio e fósforo.

3.2.3 OS SAIS

Os sais têm sido identificados como um problema potencial (USEPA, 1997); são usados para neutralização e outras reações nos processos de lavagens; os mais empregados são cloreto de sódio, sulfato de sódio, cloreto de magnésio e cloreto de potássio.

3.2.4 METAIS PESADOS

Do ponto de vista ambiental, o termo “metal pesado” é usado para identificar um conjunto de elementos que podem causar impactos negativos ao meio ambiente; entre eles encontram-se: Ag, As, B, Ba, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn e Zn (ASSUNÇÃO & SÍGOLO, 1997).

Algumas indústrias têxteis podem ter em seus efluentes níveis baixos de carga de metais pesados, mas estes estão presentes.

Segundo USEPA (1997), os metais mais comumente presentes nos efluentes são Cu, Cd, Cr, Ni, Co e Zn; os corantes usados podem conter metais como Zn, Cr, Ni e Co, e em alguns casos são integrantes das moléculas dos corantes e em outros são impurezas de seus processos de fabricação. No outro caso, o Mg, também presente no despejo, é usado como catalisador na fixação do tingimento e grande parte termina como um subproduto poluente.

3.2.5 TOXICIDADE

A freqüente ocorrência de mortandade dos peixes, especialmente por substâncias tóxicas em efluentes líquidos tem levado à necessidade de estabelecer rotinas de controle para encontrar suas causas. O estudo das enfermidades, modificações de comportamento e mortandade dos peixes vem sendo constantemente enfatizado dado o interesse ecológico, sanitário e econômico; este fato representa, principalmente, a proteção da fauna, flora ou de mananciais de água para consumo humano.

A contaminação ambiental por agentes químicos tem ocorrido de forma intencional ou acidental, principalmente a partir de fontes não naturais e em decorrência da atividade humana; o número destes agentes usados pelo homem está na ordem de centenas de milhares e a presença dessas substâncias nos vários ecossistemas representa sempre um risco aos seres vivos; entre esses os ecossistemas aquáticos acabam sendo os mais afetados pela toxicidade.

A toxicidade é uma propriedade inerente do agente químico que produz efeitos danosos a um organismo quando a este exposto, durante um certo tempo e a determinadas concentrações. Para medi-la, são realizados testes com os organismos aquáticos representativos da comunidade biológica dos corpos d'água receptores.

O controle da toxicidade do efluente líquido consegue-se compatibilizando seu lançamento com as características desejáveis do corpo receptor, ou seja, que este não cause efeitos tóxicos de natureza aguda ou crônica à biota aquática.

Sua medição pode ser feita através da análise de substâncias específicas, como no caso dos metais. Neste caso, as análises químicas podem ser menos dispendiosas que os testes de toxicidade, mas impossibilita-se identificar o efeito combinado todas as substâncias tóxicas de natureza química complexa.

Também, o controle pode ser feito como um todo por meio de testes de toxicidade, não permitindo avaliar as melhoras tecnológicas de remoção e nem prever o destino dos poluentes nos sistemas tratamento das águas residuárias.

Os efeitos tóxicos podem ser agudos, quando ocorre uma resposta severa e rápida dos organismos aquáticos a um estímulo, que se manifesta, em geral num intervalo de 0 a 96 horas, seja de letalidade ou imobilidade, que a antecede. São crônicos se produzem resposta a um estímulo por um longo tempo, que pode abranger parte ou todo o ciclo de vida dos organismos aquáticos; estes efeitos são considerados sub-letais e permitem a sobrevivência dos organismos, afetando suas funções biológicas como a reprodução, crescimento e maturação.

Hoje o controle de efluentes líquidos está sendo feito através de substâncias específicas. Tanto em nível estadual quanto federal, estão especificadas as substâncias para as quais foram estabelecidos os padrões numéricos de emissão e de qualidade.

Os padrões de qualidade estão na Resolução Federal CONAMA N°20 no artigo 21, de 18 de Junho de 1986. Na resolução, também, limita-se a cor e demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅²⁰) permitida nos corpos d'água. Também tem-se a Lei N° 9.605 de Crimes Ambientais, de 12/02/98 em vigor desde 30/03/98 que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

No artigo 18 do Decreto Estadual 8468 de 08/09/1976. No Diário Oficial do Estado de 25/02/2000 foi publicado a Resolução SMA-3 p.24 que estabelece o controle toxicológico dos efluentes finais.

A CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) tem em vigor várias normas para o controle da toxicidade a qual pode ser feito conhecendo-se a toxicidade do efluente bruto, do efluente após o tratamento e do efluente que é lançado no corpo d'água.

Têm se demonstrado em alguns estudos que a redução de toxicidade pode ser obtida através de tratamentos convencionais; no entanto, mesmo após o tratamento, os efluentes podem apresentar toxicidade remanescente, a qual pode ser incompatível com a qualidade de água para preservação da vida aquática ou para o reuso; isto faria necessária a implementação de tratamento terciário para os despejos.

NETO (2001) relata um estudo de toxicidade em 43 indústrias do Estado de São Paulo, durante o ano de 1999. O estudo incluiu indústrias de alimentos, abatedouros, cítricas, curtumes, mecânica, papel e celulose, petroquímica, química e têxtil. Do total, oito empresas eram do setor têxtil, da região do Alto Tietê e do Pólo Industrial Piracicaba/Jundiaí. Encontraram-se os seguintes fatos:

- Quatro delas tem como corpo receptor a rede pública de esgotos.
- A redução da toxicidade é feita na faixa de 45,6 % até 98,6 % para as oito empresas.
- Todos os oitos efluentes brutos foram considerados como muito tóxicos.
- Dos efluentes tratados, dois foram considerados como muito tóxicos, um como moderadamente tóxico, um como tóxico, um como levemente tóxico e um como não tóxico.

3.2.6 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

O despejo industrial bruto e os efluentes tratados da indústria têxtil podem ser caracterizados pelos seguintes parâmetros entre outros: Série de Sólidos, Cor, Turbidez, Dureza, Óleos e Graxas, DBO, Alcalinidade, DQO, condutividade, Fe e Mg (BRESAOLA & CANTELLI, 2001).

As Tabelas 3.1 a 3.4 mostram diferentes caracterizações do despejo têxtil.

Tabela 3.1 Caracterização de Diferentes Efluentes Têxteis

Diferentes Autores Encontrados na Literatura											
Parâmetros	1		2		3		4	5	6	7	8
em (mg/L)	E. Bruto	Tratado	E. Bruto	Tratado	E. Bruto	Tratado	E. Bruto	E. Bruto	E. Bruto	E. Bruto	E. Bruto
DQO	2170	160	940	190	738	323	500	1868	1200	900	2009
DBO	1255	30									
Cor Pt/Co										1750	
SST		17	265	7	265	7	165	165	200	250	95
COT			250	45	250	45					
ferro	< 0,12	0,02									
chumbo	<0,25										
cobre	0,03										
níquel	<0,06										
zinco	0,16										
cromo	<0,30										
cádmio	<0,005										
manganês	0,24	0,1									
Alcalinidade		169									

Fontes

- 1- BRESAOLA & CANTELLI, (2001)
Efluente Têxtil, Tratamento biológico / coagulação química reuso da água
- 2- COSTA et al.,(2000)
Efluente Têxtil, Tratamento biológico / biofilme leito fluidizado trifásico
- 3- CARNEIRO et al. (1999)
Efluente Têxtil, Sistema LAB; despejo de uma industria de acabamento de malhas
- 4- PALA & TOKAT (2001).
Sistema LAB; adsorventes vários
- 5- NICOLET & ROTT, 1999;
Esgoto domestico e industrial; adsorção, coagulação.
- 6- LIN & PENG (1996);
Efluente Têxtil, combinação de coagulação química, oxidação eletroquímica e LAB
- 7- KIM et al. (2002),
tratamento de biofilme fluidizado, coagulação química e oxidação eletroquímica
- 8- SAPARI (1996)
Pretratamento físico-químico e biológico, e tratamento no solo.

Tabela 3.2 Caracterização de Efluente Têxtil

Parâmetros	Planta 1				Planta 2			Plant a	Plant a	Plant a	Plant a
	Alvejar	Acabar	Lavagem	Despejo	Tingir	Tingir	Despej o	3	4	5	6
	Tingir	fenação		Geral	Fibras	Tecidos	Geral				
DQO (mg O ₂ /L)	2240	3670	2215	2310	1885	1730	1900	1985	1470	2400	2400
DQO solúvel (mg de O ₂ /L)	2145	3415	1820	2185	1693	1350	1590	1485	1165	1690	1700
SST (mg/L)	125	325	105	135	75	105	90	213	490	370	500
SSV (mg/L)	75	180	40	80	40	45	43	22	160	180	70
Cr (mg/L)	1,1	1,5	0,3	1,1	1	0,2	0,6	2	1,25	1,8	-
pH	10,3	10,5	6,8	10,1	4,5	4,5	4,5	5,8	10,9	10,2	9,3
Despejo (m ³ Efluente/dia)	1200	60	30	1290	65	100	165				
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)								960	2350	1520	530
Material Processado (t/dia)	12	1,5	1,5		13	5,6					
Vazão (M ³ Efluente/ t mat)	100	40	20		5	18		20	80	80	68,4
Carga DQO (Kg DQO/ t mat)	224	147	44		9,4	31		39,7	117,6	192	154,7

Fonte: GERMIRLI, et al.(1998-1999)

Tabela 3.3 Caracterização de Despejo de Industrias Têxteis de Plantas Produtoras de Alfombras e Cobertores

	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5	Planta 6
DESCARGA						
DQO total (mg O ₂ /L)	2310	1980	1985	1470	2400	2400
pH	10,1	4,5	5,3	10,9	10,2	9,3
Cromo (mg/L)	1,1	0,6	2	1,25	1,8	-
Vazão (m ³ Efluente/dia)	1250	165	-	-	-	-

Fonte : GERMIRLI, ET AL. (1999)

Tabela 3.4 Caracterização de Alguns Efluentes têxteis

Despejo		Bruto		Tratado Biologicamente		
		Ting.	Lavado	Amost I	Amost II	Tanque Balanc e
parâmetros						
DQO (mg O ₂ /L)		2500	7920	105	140	390
DBO ₅ (mg O ₂ /L)		1400	-			
COR		890	2225	540	460	230
pH		4,6	4,6	8,1	9,5	8,7

Fonte: TUNAY, et al. (1996)

3.3. TRATAMENTO DOS EFLUENTES

Com os avanços tecnológicos na indústria, o incremento da demanda de insumos produzidos e o desenvolvimento dos novos e sofisticados produtos, além das regulamentações e controles de poluentes, os pesquisadores dos diferentes países vêm tentando solucionar o problema dos despejos têxteis aplicando os métodos de tratamento baseando-se nas características do efluente e da disponibilidade para a implementação de uma determinada tecnologia numa empresa; essa disponibilidade abrange os processos propriamente ditos, as matérias primas, os produtos e sua demanda, as instalações atuais, a área física disponível, entre outros.

3.3.1 PREVENÇÃO À POLUIÇÃO

“A prevenção à poluição refere-se a qualquer pratica que vise a redução e/ou eliminação, seja em volume, concentração ou toxicidade das cargas poluentes na própria fonte geradora. Inclui modificações nos equipamentos, processos ou procedimentos, reformulação ou replanejamento de produtos e substituição de matérias-primas e substâncias tóxicas que resultem na melhoria da qualidade ambiental (FIGUEIREDO *et al.* 2001).

Entre as recomendações feitas por FIGUEIREDO *et al.* (2001), para empresas do setor têxtil da bacia do rio Piracicaba, no Estado de São Paulo, pode-se destacar:

- Mudar as gomas de amido natural que apresentam altas cargas de DBO, por gomas de amido modificado de carga orgânica inferior.

- Fazer o armazenamento das gomas residuais e da água de lavagem das cubas e efetuar lançamento gradual para evitar desequilíbrio nos sistemas de ETE que recebem os despejos.
- Trocar o uso de ácido orgânico (acético ou cítrico) por ácido fosfórico para tingimento, o qual será fonte de nutrientes nos sistemas biológicos de tratamento.
- Fazer a separação da soda cáustica no efluente de tinturaria para ser reaproveitada na própria indústria ou em outros setores; a medida evita o gasto relativo a correções de pH.

3.3.2. TRATAMENTO CONJUNTO NAS ETEs

Em muitas regiões o tratamento destes efluentes é feito conjuntamente com os sistemas de esgoto doméstico. Nos casos em que as ETEs usam tratamento biológico, as cargas poluidoras do efluente têxtil, em muitos casos, inibem o desenvolvimento e afetam a cinética das bactérias, o seja, o nível de tratamento diminui sua eficiência de remoção para valores de DQO, Cor, COD entre outros.

Segundo KABACINSKI *et al.* (1998), existem características bem diferenciadas entre os esgotos domésticos e industriais, pelos valores altos de DQO, SST, N e Cr. Quando se faz tratamento conjunto os despejos elevam a carga de tratamento de poluentes até os máximos valores do projeto da ETE, mas em termos hidráulicos é possível que não se cheguem a valores muito altos.

SILVA *et al.* (2001), descrevem os processos de tratamento de uma ETE que recebe despejo têxtil e que produz no corpo receptor cor e turbidez superiores aos estabelecidos pela legislação de 75 uH e 100 UT, respectivamente. Também, a remoção de DQO somente alcançava valores 60 % e os valores do pH do efluente tratado eram superiores a 8,0. Para

atingir a remoção da parcela colorida do despejo, com uma eficiência superior a 85 %, foi necessário incluir tratamento primário físico-químico com uso de coagulantes naturais.

3.3.3 TRATAMENTOS BIOLÓGICOS

Os tratamentos biológicos são bastante usados no tratamento de águas residuárias com alta carga orgânica e para tratamento de despejos industriais (SHAMAS & ENGLANDE, 1992). Estes processos empregam a capacidade de degradação microbiológica natural para remover a matéria orgânica e muito simples de operar (AQUINO & BLUNDI, 1999).

Entre os sistemas biológicos mais usados estão os Lodos Ativados por Batelada, conhecidos como sistemas LAB. Eles trabalham eficientemente na redução da carga orgânica presente nos despejos. Para CARNEIRO *et al.* (1999), a utilização dos processos biológicos LAB no efluente têxtil é viável do ponto de vista da redução na DQO e pouco efetivo para outros parâmetros como Cor.

Dada sua aplicabilidade na remoção de poluentes e sendo objeto deste estudo o sistema LAB está descrito amplamente no item seguinte.

Entre outros processos biológicos podem-se citar, segundo COSTA *et al.* (2002), uma alternativa de tratamento de despejo industrial com biomassa fixa nos reatores de leito fluidizado trifásico, os quais desenvolvem biofilme extremadamente fino e denso. O processo utiliza simultaneamente a injeção de gás (ar) e líquido o que melhora a transferência líquido/sólido no reator e induz desta forma uma força de cisalhamento que controla a espessura do biofilme.

Outras alternativas para tratamento de efluentes são os processo de decomposição biológica anaeróbia que ocorrem na ausência de oxigênio livre.

A bio-remediação permite a descoloração dos despejos envolvendo nos processos reações oxido-redução com hidrogênio, diferentemente das reações que envolvem moléculas de oxigênio livre dos processos aeróbicos (ROBINSON et al., 2001).

Segundo NASCIMENTO (1996), o desenvolvimento da tecnologia nestes sistemas de tratamento para despejos industriais ocorre basicamente no sentido de reduzir o tempo de detenção hidráulica, retenção da biomassa, operações simples e eficientes que suportam possíveis variações de vazão e quantidade altas de carga orgânica.

Os tratamentos anaeróbios tem baixa produção de sólidos biológicos residuais, os quais são altamente estabilizados e de fácil desaguamento; tem baixo requerimento de nutrientes e em suas operações não requer energia para aeração, além de produzir gás metano, que pode ser reaproveitado. Os lodos anaeróbios podem manter-se ativados sem alimentação por espaços prolongados de tempo, incluído meses.

Os microrganismos, bactérias anaeróbias envolvidas nos processos, apresentam baixa taxa de crescimento e requerem relativos longos períodos de tempo para a partida do processo, além de ser muito sensível a alguns compostos específicos, como ao triclorometano, clorofórmio e cianeto (LETTINGA et al., 1980; apud NASCIMENTO, 1996); consideram-se ter menor sensibilidade aos metais pesados nos processo de tratamento (ANAEROBIC, 1979; apud NASCIMENTO, 1996).

3.3.4. TRATAMENTOS FÍSICO-QUÍMICOS

Os processos de tratamento físico-químico usam a coagulação, oxidação química ou adsorção para a remoção dos poluentes, sendo sais metálicos, polímeros e carvões os mais aplicados nestes sistemas. A finalidade do tratamento é a remoção dos materiais não biodegradáveis e/ou causadores de cor e/ou toxicidade.

Devido à baixa biodegradabilidade de muitos produtos químicos e corantes incluídos nos despejos têxteis, os tratamentos biológicos resultam pouco eficientes, precisando-se de adsorventes, que podem ser adicionados diretamente nos reatores (PALA & TOKAT, 2001).

Diferentes pesquisas empregaram o sistema combinando-o entre suas respectivas modalidades e também com o sistema biológico.

Quando o sistema empregado usa o mecanismo de coagulação por varredura, geralmente utiliza coagulante primário e polímero como auxiliares de coagulação. BRESAOLA & CANTELLI (2001), usaram o método com efluente de tratamento biológico.

MIO & CAMPOS (1999) utilizaram uma indústria que produz tecidos de malha que realiza alvejamento e tingimento, apresentam o tratamento do despejo com uma lagoa areada e tratamento terciário. O processo inicia num tanque de equalização, onde os despejos são areados e misturados e enviados para a lagoa com um tempo de detenção de 17 dias. Posteriormente, no efluente passa por um tratamento terciário para remoção de cor por coagulação química com sulfato de alumínio e hidróxido de sódio; o despejo é floculado em tanques com sistemas de agitação e enviado para uma câmara de flotação. O lodo acumulado na superfície é removido e lançado em leitos de secagem e o efluente tratado lançado num pequeno córrego. Neste caso a remoção de DQO do processo está na ordem de 60 %. O valor de DQO do despejo bruto ficou na faixa de 100 ± 10 mg de O_2 / L , e do efluente de saída foi > 60 mg de O_2 / L.

LIN & PENG (1996) apresentaram um tratamento contínuo de despejo têxtil combinando coagulação química, oxidação eletroquímica e o sistema LAB; a eficiência de remoção de DQO foi de 85 %.

KIM *et al.* (2002), estudam em escala piloto despejo têxtil, usando a combinação de tratamento com biofilme fluidizado, coagulação química e oxidação eletroquímica; a eficiência de remoção para DQO e cor foi, respectivamente:

68,8 e 54,5 %	Biofilme
95,4 e 98,5 %	Processo total

SAPARI (1996) fez o tratamento de um despejo têxtil para reuso final no solo; o efluente foi pré-tratado com processos físico-químicos e biológicos; a coagulação química foi conseguida com um sal de alumínio e polímero; a eficiência total na redução de DQO foi de 95,6 %, considerando a possibilidade de reuso na agricultura e na indústria pesqueira.

Outros processos podem ser a recirculação após tratamento usando sistemas de filtração de areia e ultrafiltração como pré-tratamento para processos com membranas de nanofiltração ou osmose reversa.

3.3.5. PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (POAs)

Alguns processos biológicos e físico-químicos simplesmente transferem o poluente de fase; seja concentrando o poluente ou estabilizando-o para posterior descarte ou lançamento final.

Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) têm a vantagem de destruir os contaminantes e degradar compostos recalcitrantes; muitas pesquisas nesta área de oxidação química têm conduzido à obtenção de bons resultados em tratamento de águas residuárias.

Estes processos têm como característica a geração, principalmente, de radicais hidroxila que são espécies altamente oxidantes, em quantidade suficiente para mineralizar a matéria orgânica, transformando-a em dióxido de carbono, água e íons inorgânicos, por meio de abstração de hidrogênio ou por adição, dependendo da natureza do contaminante.

Segundo NOGUEIRA (2002), os principais processos oxidativos avançados são:

- O_3/H_2O_2 Ozônio combinado com peróxido de hidrogênio
- H_2O_2/UV Peróxido de hidrogênio combinado com radiação ultravioleta
- O_3/UV Ozônio combinado com radiação ultravioleta
- $O_3/H_2O_2/UV$ Ozônio, peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta
- $H_2O_2/Fe^{2+} // Fe^{3+}$ Reagente de Fenton - Peróxido de hidrogênio com íon ferroso .
ou férrico
- UV/Fenton (Foto-Fenton) Reagente de Fenton combinado com radiação ultravioleta
- UV/TiO_2 Radiação ultravioleta com o fotocatalisador dióxido de titânio

SAIN (2001) fez o pré-tratamento de despejo têxtil com O_2 e H_2O_2 antes de ser tratado biologicamente; o estudo mostrou maior remoção de cor que DQO.

3.3.6 OUTROS POSSÍVEIS TRATAMENTOS DE DESPEJO TÊXTIL

Segundo ROBINSON *et al.* (2001), além desses métodos anteriormente descritos, os despejos têxteis podem ser tratados, na remoção de cor, por: ozonização, destruição eletroquímica, troca iônica, adsorção pelo uso de carvão ativado, filtração por membranas, uso de fungos ou outras culturas microbianas, processos conjuntos, entre outros.

3.4 TRATAMENTO COM LODOS ATIVADOS

Os Sistemas de Lodos Ativados são processos aeróbios de tratamento biológico. Usam as reações metabólicas dos microrganismos para produzir um efluente de qualidade pela oxidação e conversão da matéria orgânica em dióxido de carbono, água e biosólidos (lodo).

Basicamente o sistema injeta e mantém o oxigênio para um substrato aquoso que inicialmente necessita dele. O oxigênio introduzido permitirá a vida de microrganismos em altas concentrações e as colônias formadas usarão os poluentes como alimento e os incorporarão em seu metabolismo, removendo as partículas dissolvidas e não sedimentáveis do despejo.

Tornando-se necessário o pós-tratamento, os sistemas são considerados como ótima alternativa entre os sistemas biológicos para reduzir a matéria orgânica, reduzir o excesso de sólidos totais a níveis recomendados, e reduzir o lançamento de nutrientes e patogênicos aos corpos hídricos.

Na Figura 3.3 apresenta-se dois fluxogramas de sistemas de fluxo contínuo, o Sistema de Lodos Ativados Convencional e o Sistema de Lodos Ativados de Aeração Prolongada.

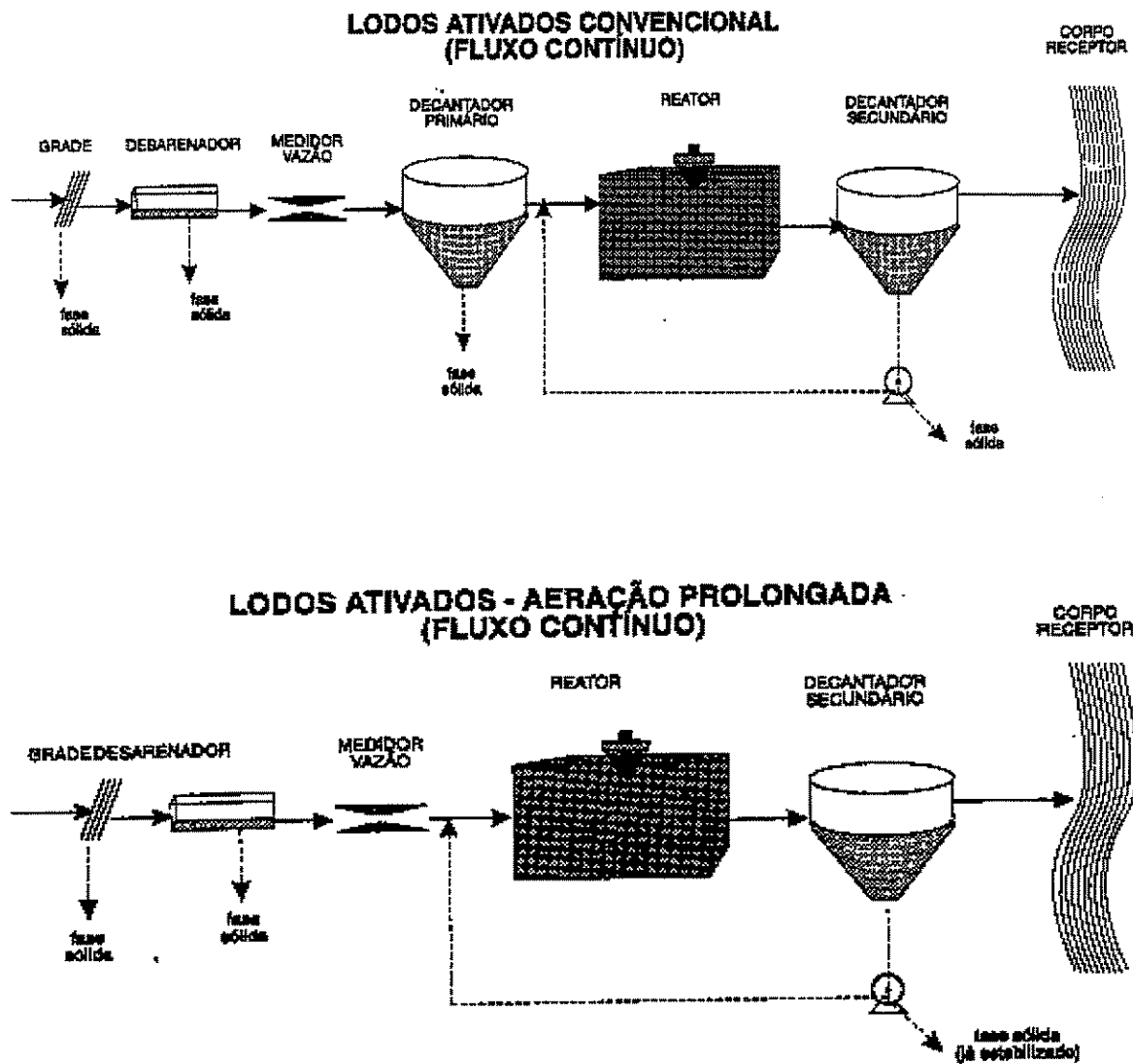
Entre outras vantagens, o sistema de Lodos Ativados é adequado para áreas de espaço limitado com versatilidade de operação; permite variações na carga orgânica, na aeração e nas mudanças dos tempos e ciclos. Segundo DOURADO *et al.* (1999) o sistema é o mais adequado para zonas urbanas com limitação de área ou indústrias com áreas pequenas.

Entre suas desvantagens, pelo fato de ser um processo aeróbio, têm a característica de gerar grande volume de lodo secundário, difícil de adensar e desidratar resultante na conversão biológica dos produtos solúveis de efluente; precisando ainda, de equipamentos de aeração e mistura, e energia para seu funcionamento.

Durante o tratamento, a remoção de substrato e crescimento da biomassa relaciona-se com o consumo de oxigênio, tornando-se numa medida de avaliação do sistema.

Na remoção dos poluentes dos sistemas por batelada, LAB, podem trabalhar em todos os tamanhos de partículas (em suspensão ou dissolvidas) de uma maneira efetiva (MALPEI *et al.*, 1997).

Segundo BANAT *et al.* (1996) as colônias dos microrganismos têm a habilidade para remover a cor; sendo o LAB um método efetivo na relação custo-benefício para remover poluentes. Para CARNEIRO *et al.* (1999), a operação em bancada de LAB mostrou que este pode ser utilizado para o tratamento dos efluentes têxteis, reduzindo os valores de DQO semelhantes aos praticados em sistemas contínuos; mas nos casos que apresente dificuldades de remoção de cor e de compostos orgânicos refratários, sugere-se um pós-tratamento através de métodos físico-químicos.



Fonte: von Sperling (1997)

Figura 3.3 Fluxogramas de Sistemas de Fluxo Contínuo: Lodos Ativados Convencional e Lodos Ativados de Aeração Prolongada.

Para LEO *et al.* (1999), no caso de despejo têxtil, o processo biológico consiste numa oxidação dos compostos orgânicos, para efetuar uma redução da cor e o início da nitrificação. A nitrificação é a oxidação biológica de amônio para nitrito e a oxidação de nitrito para nitrato, realizada por bactérias especializadas, que desenvolvem atividades bioquímicas em presença de oxigênio dissolvido; estes sistemas também têm capacidade de quebrar compostos orgânicos mais resistentes. Para sua boa operação eles requerem um tempo de retenção celular (idade de lodo, θ_C) alto para conseguir uma atividade biológica que inicie a nitrificação o que faria possível o controle da toxicidade, alcançando uma alta redução na DQO e cor, alcançando um alto grau de estabilização do lodo.

Considera-se a nitrificação como um dos processos mais importantes que se desenvolvem nos sistemas de lodos ativados já que determina grande parte da demanda de oxigênio e de alcalinidade, como também como um controle da estabilidade operacional e a possibilidade de desnitrificação (ABREU *et al.*, 2001).

Para ABREU *et al.* (2001), em sistemas de tratamento de águas residuárias onde se desenvolve a nitrificação, a quantidade de nitrito é pequena e para efeitos práticos o processo se considera um só; também, em lugares onde a temperatura se mantém maior a 20 °C, como nas regiões tropicais, a atividade das bactérias causadoras da nitrificação é tanta que o desenvolvimento do processo em sistemas aeróbios de tratamento é praticamente inevitável. Este processo provoca uma demanda de oxigênio que é da ordem do 50 % da demanda que existe para oxidação da matéria orgânica e a diminuição da alcalinidade o que requer uma correção do pH na faixa estável e neutra.

Para SHAMAS & ENGLAND (1992), as estratégias ou parâmetros de controle para os processos estão relacionadas com o crescimento das colônias de bactérias; entre elas estão θ_C , a relação alimento/microrganismos, concentração de sólidos em suspensão da mistura no reator, taxa de utilização dos substratos e taxa de consumo de oxigênio.

Mas o sistema de tratamento com remoção biológica requer em sua essência a determinação da idade de lodo (θ_C) mínima que permita o desenvolvimento eficiente destes processos anteriormente descritos.

Para AQUINO & BLUNDI (1999), os tratamentos biológicos para águas residuárias requerem um elevado tempo de detenção celular (θ_C) uma vez que os microrganismos são facilmente inibidos pelos metais pesados e solventes orgânicos. A nitrificação é obtida só pelo aumento de θ_C ou pelo pré-tratamento para controle de toxicidade.

Segundo VAN HAANDEL & MORAIS (1999) *apud* ABREU *et al.* (2001), o dimensionamento de sistemas de tratamento de remoção biológica consiste em sua essência na determinação de θ_C mínimo que permita o desenvolvimento eficiente dos processos de nitrificação e desnitrificação; assim θ_C dependerá da cinética das duas reações.

Na realização das operações necessárias para um bom desenvolvimento do sistema LAB, geralmente requer-se primeiramente mistura, equalização e neutralização dos despejos; também, deve-se incluir no despejo uma quantidade adicional determinada de nutrientes, P e N, para os microrganismos.

Para CARNEIRO *et al.* (1999), os efluentes devem ser neutralizados e suplementados com nutrientes; BRESAOLA & CANTELLI (2001), DOURADO *et al.* (1999) e PÔRTO (2002), adicionaram ao despejo nitrogênio e fósforo como nutrientes na relação:

$$\text{DBO: N: P} = 100:5:1$$

Adicionou-se uréia (com 47% de N) e ácido fosfórico (com 32% de P).

Para BARNHARDT, B.C & DIEZ, J.M.C. (2001), numa indústria de louças prensadas, foi usada uma relação:

$$\text{DQO: N: P} = 100:2:0,5$$

YEH *et al.* (2002) num sistema LAB/CAP usou a relação:

$$\text{DQO: N : P} = 200 : 5 : 1$$

Com respeito aos parâmetros de funcionamento dos reatores, eles devem ser definidos experimentalmente em função da carga orgânica do despejo, sua vazão e as características químicas do substrato como corantes, sais, metais entre outros.

O sistema deve ter um período de adaptação biológica com o despejo e buscar o equilíbrio dos sólidos nele contidos. Na bibliografia consultada, algumas vezes, no início da operação dos reatores usou-se lodo adaptado de outras estações de tratamento de efluente industrial ou se adicionou esgoto doméstico.

De acordo com AFONSO *et al* (2001), num sistema LAB para tratamento de laticínios mantendo o valor de pH em 7,0 e a temperatura em 25 ± 1 °C, conseguiu-se uma adaptação dos microrganismos em 16 dias (estabilização do valor da concentração de SSV no lodo) e obteve-se uma remoção de matéria orgânica superior a 95%.

DOURADO *et al.* (1999), numa estação piloto LAB, para água contaminada com hidrocarbonetos do petróleo, usou lodo de águas residuárias de uma indústria petroquímica que já era adaptado para a remoção de hidrocarbonetos de petróleo; adicionou polímero catiônico no reator para buscar o equilíbrio e melhorar a sedimentabilidade, evitando a perda excessiva de sólidos em suspensão com o efluente final.

Para SAPARI (1996), um período inicial de 5 semanas foi requerido na adaptação, desenvolvimento e crescimento da colônia biológica, sendo esgoto doméstico o inoculo biológico; o valor do pH no reator ficou entre 7,0 e 8,5.

A Tabela 3.5 amostra parâmetros operacionais do LAB para diferentes efluentes e modalidades de processo.

Tabela 3.5 Parâmetros Operacionais do Sistema LAB para Diferentes Efluentes e Modalidades

Literatura (Autores)	Efluente Industria	Remoção (%)		θ_c (dias)	pH LAB	+ CAP (mg/L)	SST (mg/L)
		DQO	COR				
AFONSO et al. (2001)	Laticínios	98,5					
ABREU et al. (2001)	Esgoto Domestico			6	7,2 -7,5		
BARNHARDT & DIEZ (2001)	Luças Prensadas	> 85,0		25 - 30	> 7,0		
CARNEIRO et al. (1999)	Têxtil Acabamento	62		20	8,0		
DOURADO et al. (1999)	Petróleo	> 95,0					
PALA & TOKAT, 2001	Têxtil Algodão		77	30	7,0 - 7,5	200	
KABACINSKI et al. (1998)	Curtumes			26			
LIN & PENG (1996)	Têxtil Tingimento				6,0 - 9,0		2825

3.5 USOS DO CARVÃO ATIVADO NOS PROCESSOS DE TRATAMENTOS

3.5.1 OS PROCESSOS DE ADSORÇÃO

De maneira geral, o processo de adsorção refere-se à habilidade de fixar moléculas orgânicas de fluidos (líquidos ou gases) na superfície de certos materiais (como o carvão). A capacidade de adsorção depende principalmente da área superficial do material adsorvente.

Os adsorventes podem ser naturais (50-200 m²/g de área superficial) ou sintéticos (pelo menos 300 m²/g). Entre os sintéticos, tem-se o carvão ativado, cuja área superficial está na faixa de 1000 a 1500 m²/g .

A capacidade de adsorção também depende da concentração da matéria orgânica em solução, das características hidrodinâmicas do reator e dos parâmetros de mistura (tempo de contato e gradiente de velocidade), da afinidade das superfícies em contato, do pH e de mecanismos físicos e químicos associados.

O carvão ativado é preparado a partir de antracito, carvão betuminoso, coques de petróleo, turfa, madeira ou casca de coco.

Para ECKENFELDER & MUSTERMAN (1994), o carvão ativado, por sua capacidade de adsorção, é utilizado para a eliminação da toxicidade nas águas residuárias industriais; a forma em pó é a mais utilizada por permitir uma maior versatilidade operacional; o sistema reduz os custos de construção e operação.

Para CABRAL (1999), os mesmos são usados para remoção de micropoluentes, de substâncias causadoras de sabor e odor, de traços de metais pesados e detergentes.

Segundo RIBEIRO & BRESAOLA (2001), a maioria das formas de carvão ativado são de natureza não polar, o que dá maior afinidade com compostos não polares como contaminantes orgânicos, trihalometanos, pesticidas e herbicidas, hidrocarbonetos aromáticos, Cd, Pb e alguns compostos orgânicos polares. Por outro lado, não remove eficazmente contaminantes de alta solubilidade, ou sais inorgânicos como nitratos.

O processo de adsorção é realizado em três etapas (RIBEIRO & BRESAOLA, 2001):

- Transporte do adsorvato para a superfície exterior do adsorvente;
- Difusão do adsorvato nos poros do carvão;
- A adsorção de soluto na superfície do adsorvente.

A adsorção pode acontecer, segundo RIBEIRO & BRESAOLA (2001), de três tipos: uma adsorção física resultante da condensação molecular nos microporos do carvão ativado pelas forças de dispersão (Van Der Waals); uma adsorção química resultante da formação de uma camada monomolecular no despejo; ou uma adsorção eletrostática influenciada pelas forças elétricas atrativas, reduzindo as barreiras para a difusão e aumentando a eficiência da adsorção.

A capacidade teórica de adsorção pelo CAG ou CAP pode ser determinada calculando-se as isotermas de adsorção; o modelo apresentado por Freundlich é o mais comumente utilizado.

Em geral, as isotermas mostram a quantidade de material adsorvido por adsorvente em função da concentração do poluente, a uma temperatura constante.

O CAG é usado como um meio filtrante, através do qual passa o fluido contaminado; e o CAP é misturado à solução aquosa para reagir com os contaminantes, posteriormente separado por processos de filtração ou sedimentação (RIBEIRO & BRESAOLA, 2001).

Entre outras características no uso do carvão ativado estão:

- A adsorção pelo carvão ativado é efetiva especialmente para os compostos de baixa polaridade (pouco solúveis em água) e que tem alto peso molecular (MANAHAN, 1990, *apud* AQUINO & BLUNDI, 1999).
- No caso do CAP a remoção é feita para compostos dissolvidos; estes usam a difusão para passar dentro dos poros do carvão (AQUINO & BLUNDI, 1999).
- O CAP ajuda na sedimentação dos sólidos em suspensão nos reatores (AQUINO & BLUNDI, 1999).
- Com a adição de CAP nos reatores tem-se um incremento do SST e como resultante um incremento na produção de lodo (PALA & TOKAT, 2001).
- O uso de CAP como tratamento de alta eficiência de remoção de poluentes, pode ser incrementado recirculando-o e aproveitando sua máxima capacidade de adsorção (NICOLET & ROTT, 1999).

3.5.2 TRATAMENTO PRELIMINAR OU PÓS-TRATAMENTO COM CAP

O tratamento físico-químico de efluente industrial com características tóxicas, como a maioria dos efluentes têxteis, desempenha um papel importante na eliminação da toxicidade do despejo e contribui na melhoria da eficiência dos sistemas de tratamento biológico; o uso do CAP como complemento dos sistemas biológicos é hoje uma alternativa muito usada.

Deve-se ter em conta que para altas dosagens de CAP obtém-se valores altos de remoção da cor e DQO; mas o processo de adsorção é dependente das características dos corantes e produtos químicos usados na indústria.

Para NICOLET & ROTT (1999), a diminuição da cor pela adsorção esta associada à remoção de outras substâncias que contribuem para a DQO, ou seja para os valores mais altos de DQO dos efluentes tratados os valores de eficiência de remoção de cor foram os menores. Nesta remoção de DQO incluem-se as proteínas, detergentes e ácidos húmicos.

No trabalho de AQUINO & BLUNDI (1999), o CAP é usado no pré-tratamento em águas residuárias de uma indústria química cujo processo de nitrificação estava sendo inibido; numa primeira fase de laboratório com “teste de jarros” foram determinadas as dosagens, o tempo e gradiente de velocidade da mistura, tempo de sedimentação e pH ideais; posteriormente, na segunda fase, em reatores aeróbios de bancada, tipo batelada, sob mesmas condições (θ_C , concentração de oxigênio dissolvido, pH e temperatura) foram avaliadas e comparadas as eficiências dos tratamentos de um despejo bruto e de um pré-tratado com CAP. Uma vez monitorados os parâmetros DQO, Série de Sólidos e Metais (Zn, Pb, Cd, Ni, Fe, Mn, Cu e Cr), no “teste de jarros” foi obtida a maior eficiência de remoção de DQO com um aumento da dosagem de CAP, não afetando a eficiência de remoção de Nitrogênio e Sulfatos devido a sua alta solubilidade. Mas, para uma dosagem de CAP superior a 10 g/L a variação na remoção de DQO e Sólidos era pouco significativa; na segunda fase, enquanto que a remoção mínima de metais foi do 73%. Porém, esta remoção não só dependia da adsorção, mas também

do pH e da precipitação por ele causado. O pH neutro indicou a maior eficiência de remoção no processo de adsorção. Porém, foi fundamental o CAP para a redução da toxicidade no despejo, já que o efluente pré-tratado no reator biológico teve uma maior taxa de nitrificação. Adicionalmente, verificou-se que $\theta_C = 14$ dias foi suficiente para promover a nitrificação no despejo sabidamente tóxico.

NICOLET & ROTT (1999), no pós-tratamento com CAP, apresentaram um estudo de recirculação de despejo de uma ETE que recebia uma alta carga de corantes e produtos químicos de indústrias têxteis. O processo iniciava-se num tanque de contato onde se adicionava o CAP e se misturava a uma rotação entre 100 e 600 rpm. Nos valores de maior rotação obteve-se mais rápida descoloração, mas os resultados de custo de operação não foram razoáveis. O tempo de contato foi de 20 min. Em seguida, o despejo era levado para o tanque de floculação onde se adicionava coagulante (solução 8% de sulfato de alumínio) e, posteriormente, enviado ao tanque de sedimentação onde se originava o lodo com CAP o qual era recirculado para o tanque de contacto. O excesso de lodo era descartado e o efluente passava para um filtro para a remoção do CAP remanescente. Para o tempo de contacto de 20 minutos obteve-se uma eficiência de remoção de cor de 57 %; para tempos de 60 min a eficiências foi de 70%. Na recirculação obteve-se uma eficiência de 80,7 %. A descoloração total variava na recirculação de 90.5 % a 92 %. O gasto de CAP no processo reduzia-se 50 %.

YEH et al. (2002), descreveram um sistema LAB e pós-tratamento com CAP para um despejo têxtil sintético com amido e corante Rojo-60; foram preparadas soluções com diferentes quantidades de corante, amido e carga de DQO; os SST mantiveram-se em 2500 mg/L nos reatores.; mostrou-se que a quantidade de corantes dificulta o trabalho do LAB na remoção da DQO e Cor; conseguiu-se uma eficiência de 88 até 98 % na remoção de DQO para um despejo com carga na faixa dos 500 mg/L , com 15 g/L de CAP. Os resultados mostraram que a remoção da DQO e a Cor são feitas em boa proporção pela adsorção do CAP

Para MIJAYLOVA *et al.* (2001), o tratamento de um efluente industrial com corante orto-nitro-anilina, proveniente de uma indústria farma-química, apresentou uma remoção de

quase 100 % pela adsorção com CAP; os ensaios foram feitos em pH 7,0; o CAP utilizado foi lavado com água deionizada com pH ajustado a 7,0 , em estufa a 105 °C durante 48 horas e guardado até sua aplicação. Foram feitos testes de jarros, misturando a 100 rpm por um tempo de contacto de 2 horas seguido de uma hora de sedimentação. Com os parâmetros de DQO e Cor determinaram-se às concentrações de equilíbrio, a capacidade de adsorção e as isothermas de Freundlich.

LEAO *et al.* (1999) referenciaram os resultados de um estudo de efluente têxtil de malharias tratado inicialmente com LAB e posteriormente aplicada a reação de Fenton para reduzir os valores de DQO e cor; a reação de Fenton é utilizada no tratamento para remoção de compostos antropogênicos resistentes a degradação ou tóxicos como fenóis, formaldeído, solventes orgânicos, corantes, pesticidas, entre outros; define-se como a geração catalítica de radicais hidroxila ($^{\bullet}\text{OH}$) que resultam de reações em cadeia entre o íon ferroso (Fe^{2+}) e peróxido de hidrogênio. Os pesquisadores concluíram que os custos de peróxido eram altos e a cor podia retornar após neutralização. A eficiência conseguida foi de 90 e 75 % para cor e DQO, respectivamente.

3.6 SISTEMA LAB/CAP OU TRATAMENTO CONJUNTO

A adição de CAP ao sistema de Lodos Ativados por Batelada é um processo desenvolvido pela indústria DuPont, nos Estados Unidos no início da década de 1970, como uma alternativa ao uso do carvão ativado granular. O processo foi aplicado para um efluente com variação de carga e vazão alta, que além de apresentar uma elevada concentração de metais pesados e substâncias não biodegradáveis e recalcitrantes, geradoras de cor e de toxicidade, impediam o processo de depuração biológica natural; o processo baseia-se na adição de CAP diretamente no tanque de aeração do sistema, melhorando sua eficiência e otimizando a

oxidação da matéria orgânica, já que no processo de aeração os poluentes são simultaneamente adsorvidos dentro do carvão e biologicamente degradados (ARBUCKLE & GRIGGS, 1982).

Para MALLIAROS & GUITONAS (1997) os efluentes têxteis, com presença de corantes que contém metais, são difíceis de remover e requerem o tratamento com CAP.

A eficiência no tratamento com CAP está associada com a granulometria do material adsorvente; valores de eficiência quase de 100 % na remoção de cor foram alcançados com granulometria abaixo de 0,150 mm e com valores de acumulação superiores a 200 mg/g; mas tem o problema de sua sedimentabilidade pela natureza fina, requerendo o auxílio de flocculantes como os polímeros, especialmente os catiônicos, permitindo a obtenção de flocos maiores, sedimentáveis com maior facilidade (AMARAL *et al.*, 1999).

KAPDAN & KARGI (2002), descreveram a descoloração do despejo têxtil, que continha o corante Everzol Turquesa Azul G, pelo sistema LAB e adsorção em cinzas de madeira. Para o processo biológico foi investigado na escala de laboratório o uso de biofilmes com fungos *Coriolus Versicolor*, considerado com capacidade de degradar uma variedade de recalcitrantes. A maior eficiência alcançada pelo sistema foi 82 % para cor, com concentrações de 200 a 150 mg/L de cinzas e $\theta_c = 20$ dias.

Na escolha do melhor tipo de carvão e a dosagem adequada são requeridos testes de adsorção com efluente bruto, em aparelho de jarros. CHAVEZ *et al* (2001) e PÔRTO (2002) descreveram uma metodologia para teste de jarros, fixando a rotação dos eixos nos jarros em 50 rpm e durante um tempo de contato de 22 horas, para garantir o equilíbrio da concentração nas fases líquida e sólida. Como parâmetros de eficiência da adsorção avaliaram-se a Cor ADMI, DQO e o Carbono Orgânico Dissolvido (COD) dos efluentes bruto e tratado.

Na Figura 3.4 mostra-se o fluxograma dos sistemas LAB/CAP.

BATELADA - CICLO OPERACIONAL TÍPICO

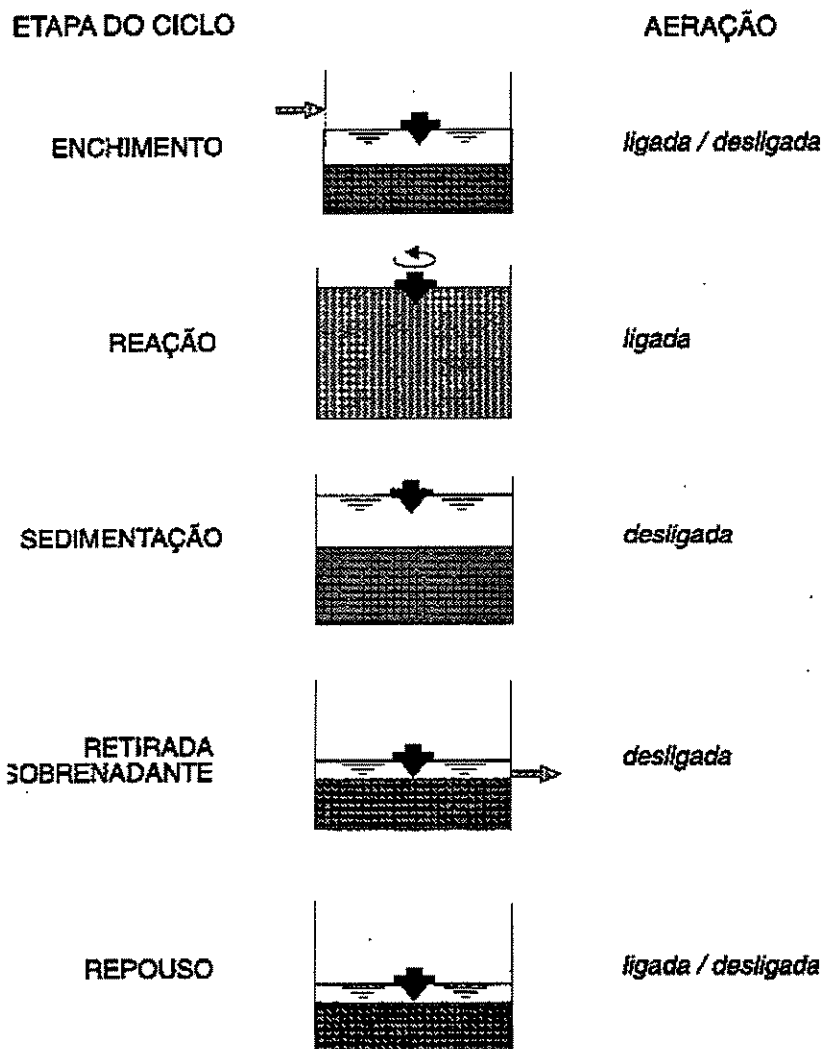


Figura 3.4 Fluxograma dos Sistemas LAB/CAP.

3.7 OS LODOS GERADOS

Os processos físicos, químicos e biológicos não destroem a totalidade das substâncias indesejáveis contidas nos despejos, muitas delas são apenas removidas e concentradas nos lodos, que passam assim a constituir o resíduo final dos processos de tratamento. Os lodos sejam gerados em processos biológicos ou em tratamentos físico-químicos, possuem uma alta concentração de poluentes que requerem uma gestão ambiental na disposição final ou reuso (ROBINSON *et al.*, 2001).

No caso na indústria têxtil, segundo MALLIAROS & GUITONAS (1997), o lodo concentrado deste despejo contém alta concentração de metais pesados, hidrocarbonetos halogenados, compostos não biodegradáveis, entre outros.

Para CHU *et al.* (1998) várias pesquisas têm sido desenvolvidas sobre a toxicidade dos contaminantes dos lodos oriundos de tratamentos de efluentes têxteis no ambiente (RAPPAPORT *et al.*, 1988; ALLOWAY & JACKSON, 1991; CHANG *et al.*, 1992; JING & LOGAN, 1992; ANDREU & GARCIA, 1996); além de ser um resíduo de alta carga, possui um elevado teor de metais pesados os quais são mais difíceis de serem processados.

A substituição de corantes por outros com reduzido teor de metais tem minimizado ou problema de contaminação com os lodos, mas requer-se de uma gestão viável para sua disposição.

Um dos parâmetros para medir o nível de contaminação de um lodo seria o teor de sólidos totais fixos (STF); se o valor destes sólidos fixos é elevado indica que o lodo tem avançado estágio de estabilização e menor fração de matéria orgânica (FERNANDES *et al.*, 1999).

Ao contrário dos microrganismos patogênicos que podem ser eliminados por tratamento de desinfecção, os metais pesados, uma vez presentes no lodo, na prática são muito difíceis de serem removidos, embora existam estudos, em escala de laboratório, sobre várias técnicas de sua remoção (TSUTIYA, 1999).

Outros elementos, como os surfactantes, produzem efeitos adversos nos processos de adensamento, condicionamento e desidratabilidade dos lodos aumentando as operações e custo do transporte (DENTEL *et al.*, 1993). Considerando-se como possível destinação final em aterros, aumentariam o conteúdo de água no subsolo das células e no chorume final coletado, adicionando impactos ambientais e criando dificuldades nos parâmetros de avaliação e gerenciamento já que podem mobilizar poluentes orgânicos insolúveis.

No caso de lodos provenientes de sistemas de lodos ativados com a incorporação de adsorventes, apresentam boa sedimentabilidade (KAPDAN & KARGI, 2002).

Segundo CHU *et al.* (1998), para facilitar o estudo, os lodos requerem ser caracterizados nos parâmetros como: pH, Condutividade, Sólidos Totais (ST - secos a 105 °C), Sólidos em Suspensão Totais (SST - filtrados e secos a 105 °C) Sólidos Voláteis Totais (SVT - agidos a 550 °C), Sólidos Sedimentáveis (SS), entre outros; a caracterização química seria feita com determinações específicos de metais para avaliar a toxicidade. Os valores de Índice Volumétricos de Lodo (IVL) e Índice de Centrifugação (IC), são parâmetros simples para determinar as características de espessamento destes lodos.

3.8 CONDICIONAMENTO COM POLÍMEROS

3.8.1 OS POLÍMEROS

DEFINIÇÃO

Os polímeros são compostos solúveis na água e possuem uma estrutura molecular em forma de longas cadeias, em segmentos lineares, ramais ou linhas cruzadas de comprimento variável; têm área superficial grande e são capazes de adsorver a matéria dissolvida nos efluentes. Formam suspensões coloidais quando estão dissolvidos na água.

O numero de segmentos produzidos, nos polímeros, é alto: 1 mg de polímero tem aproximadamente 100 trilhões de segmentos.

Os polímeros são empregados no tratamento de água potável ou residuária e para o condicionamento de lodo de ETE, ETA e industrial.

Os polímeros fixam-se à superfície das partículas por adsorção (fenômeno físico-químico que consiste na ligação de um átomo ou grupo químico da superfície do polímero com um átomo ou grupo químico da superfície da partícula). Sobre a mesma partícula podem fixar-se muitos segmentos de polímeros (centenas de vezes superiores ao de impurezas). Um segmento pode ligar-se a várias partículas formando ponte de ligação entre elas. Após a dispersão do polímero na água realizam-se logo as ações de adsorção (em 10 s completa-se cerca de 85% do fenômeno).

Os polímeros orgânicos sintéticos operam na coagulação-floculação através de vários mecanismos, incluindo-se formação de pontes e neutralização de cargas. A característica mais

importante no seu desempenho é a combinação de peso molecular e carga de suas moléculas. Alguns polímeros não se dissociam, mas os que o fazem formam íons que entram em solução na água, deixando-os eletricamente carregados já que os grupos ionizáveis presentes, distribuídos através do polímero são os responsáveis pelo desenvolvimento da carga da molécula, permitindo seu enlace com substâncias de cargas contrárias.

PESO MOLECULAR

O peso molecular de um polímero é referente a toda a cadeia ou segmento e as ramificações que contém os sítios de carga. Deve-se levar em conta neste valor outros fatores como a solubilidade, viscosidade e densidade de carga.

De forma geral os polímeros de peso molecular mais baixo são mais solúveis, menos viscosos e com maior densidade de carga em solução aquosa.

A Tabela 3.6 mostra as faixas de peso molecular para as diferentes categorias de polímeros.

Tabela 3.6 Categorias do Peso Molecular nos Polímeros

Termo	Faixa de peso molecular
Baixo	0 – 100.000
Médio	100.000 – 500.000
Alto	500.000 – 6.000.000
Muito alto	6.000.000 – 18.000.000

CLASSIFICAÇÃO

1- Pela sua natureza os polímeros podem ser classificados em :

Orgânicos.- apresentam mais vantagens sobre os coagulantes inorgânicos como condicionadores de lodo. Proporcionam redução nos custos de condicionamento; produzem menor quantidade, em volume e massa, de sólidos adensados e desidratados influenciando nos processos posteriores de tratamento.

Inorgânicos.- compostos poliméricos de ferro e alumínio; e.g. cloreto de poli-alumínio.

2- Quanto á origem podem ser:

Naturais.- e.g. o alginato de sódio extraído de algas marinhas; os derivados de amido e polissacarídeos extraídos de plantas leguminosas ou batata.

Sintéticos.- são fabricados pelo Homem; definidos como uma série de unidades químicas que se repetem e mantêm-se juntas por ligações covalentes. São compostos patenteados.

3- Quanto as suas propriedades elétricas estão classificados como:

Catiônicos .- liberam íons negativos, tornando-se positivamente carregados em meio aquoso. Podem ser usados no tratamento de água sem a aplicação do coagulante primário.

Aniônicos .- negativamente carregados.

Não-iônicos.- não se dissociam na água e apresentam grande poder de floculação.

Anfotéricos .- apresentam sítios ionizáveis negativos e positivos.

4- Quanto á sua forma estão classificados como:

Sólidos.- podem apresentar frações insolúveis, taxa de diluição e outras dificuldades associadas com a preparação da solução.

Líquidos.- apresentam problemas de estabilidade devido a reações provocadas por bactérias ou mesmo reações químicas.

Emulsões.- geralmente são de alto peso molecular.

TOXICIDADE

Muitos polímeros sintéticos não podem ser usados para tratamento de águas, pois os monômeros de que são formados são tóxicos e sempre existe uma pequena fração nos polímeros comerciais. Os polímeros naturais não são considerados tóxicos.

Alguns países têm proibido seu uso no tratamento de água (Suécia e Japão) e outros têm fortes limitações (França e Alemanha); nos Estados Unidos e em geral na Europa os tipos de polímeros aceitos para tratamento tem suas dosagens máximas estabelecidas (USEPA, 1997).

3.8.2 POLÍMEROS NO TRATAMENTO DE LODOS

USOS

Para BOLTO *et al.*, (1996), um dos principais usos dos polímeros orgânicos é o desaguamento dos lodos; onde atuam como agentes desestabilizadores das cargas elétricas e como agentes de crescimento dos flocos; permitindo um rápido processamento com baixo teor de sólidos insolúveis no manejo e reduzindo acréscimos na quantidade de lodo produzido se comparando a um sal metálico.

Quando aos polímeros são usados como auxiliares de adensamento ou desidratação dos lodos, reduzem os custos de produtos químicos consumidos como coagulantes principais e geram menor quantidade em volume e massa de sólidos desidratados; também exercem influência sobre a incineração e a disposição final; entre outras vantagens estão: a não geração de corrosão nos equipamentos, evitam os problemas de manuseio e estocagem de produtos químicos e não necessitam de obras civis especiais. A redução de custos pelo condicionamento obtém-se também devido aos altos custos do transporte do lodo, mediante a redução do volume (OLIVEIRA & GONÇALVES, 1999).

TIPO E DOSAGEM

Dada a extrema variedade de polímeros disponíveis no mercado e a diversidade de composição química das águas naturais e residuárias, as dosagens recomendáveis somente podem ser determinadas no laboratório.

DOURADO *et al.* (1999) concluíram que diferenças obtidas dos resultados nos diferentes trabalhos mostram que o tipo de polímero exerce uma grande influência na capacidade de adensamento do lodo, o que ressalta a necessidade de testes preliminares com diversos tipos de polímeros.

De modo geral, os lodos biológicos secundários requerem, normalmente, polímeros catiônicos diferentemente dos químicos que usam normalmente polímeros aniônicos (MIKI & ALEM, 1999).

Para MENDES & FERREIRA (1999), deve-se realizar ensaios no laboratório com polímeros catiônicos, aniônicos e não iônicos, de baixo, médio e alto peso molecular para avaliar a melhoria das características de adensamento, estimadas através dos estudos de sedimentação.

Segundo CHANG *et al.*, (1998), após experiências de condicionamento de lodos feitos com caulim a 5,0 % (peso seco) e polímeros catiônicos, avaliadas com testes de tempo de sucção capilar (CST) concluíram que o peso molecular alto influenciou negativamente no condicionamento; neste caso, com peso molecular do polímero testado superior a $6,6 \times 10^6$ g e densidade de carga superior a 15 % o condicionamento não apresentava diferenças; a quantidade de polímero dosado que minimizou o CST foi independente do peso molecular. Porém a quantidade final de umidade no lodo desidratado está relacionada, além do peso molecular e da densidade de carga, com a dosagem de polímero; estava umidade incrementava-se com o decréscimo do peso molecular.

Segundo CHRISTENSEN *et al.* (1993) a dosagem ótima de polímero está associada à quantidade de segmentos que fazem o recobrimento parcial da superfície coloidal com a mínima carga superficial. Uma super dosagem faria uma saturação na superfície coloidal e uma reversão da carga da partícula.

A preparação da solução de polímero a ser misturada tem considerável fator no desempenho do condicionamento e o tipo depende das características do lodo a ser tratado. Mas,

no laboratório as soluções de polímeros utilizadas em escala de bancada e piloto apresentam teores de até 0,5% evitando manejo de soluções excessivamente viscosas.

DESAGUAMENTO

O desaguamento é a primeira remoção de água do lodo, que pode ser feita com ou sem ajuda de polímeros. Geralmente, nesta etapa busca-se uma concentração mínima de sólidos de 2%, exigido na entrada do sistema dos equipamentos para desidratação.

O processo de desidratação de lodo mais barato é o adensamento ou sedimentação por gravidade. Neste processo busca-se a separação de partículas suspensas mais densas que a água com a ajuda da força da gravidade. A aglomeração de partículas de diferentes tamanhos em flocos pode formar agregados com velocidades de sedimentação maiores que as originais.

3.8.3. CONDICIONAMENTO QUÍMICO

Em termos gerais o condicionamento químico seguido de desidratação pode fazer uma redução de umidade do lodo de 90 a 99 % para 65 a 80 %, dependendo da natureza dos sólidos tratados.

O processo de desidratação continua após o condicionamento, com sistemas mecânicos ou pela ação da gravidade.

Os sistemas mecânicos como a centrífuga e o filtro-prensa, têm a vantagem de utilizar menor área, ter liberdade em relação às condições meteorológicas e minimizar os impactos

ambientais; suas desvantagens são o alto consumo de energia, uso de condicionadores químicos, sensibilidade às variações do lodo, processo de lavagem do sistema de filtração, ruído e vibração excessiva e manutenção das peças; a eficiência do equipamento e carga de aplicação estará determinada pela natureza do lodo, o grau de acondicionamento químico, a frequência de utilização, a manutenção e o produto final desejado (GARCES et al, 1996).

O condicionamento de lodo com polímero sintético pode diminuir significativamente sua resistência à filtração, ao promover um aumento no estado de agregação das partículas ou flocos. É feito para melhorar as características de separação das fases sólido-líquido do lodo, seja por processos físicos ou químicos; conseguindo-se reduzir significativamente a umidade do lodo, pelo processo de desidratação.

O condicionamento também altera a distribuição das águas presentes no lodo entre seus diferentes estados; cada estado e suas quantidades relativas determinam a maior ou menor facilidade com que um sistema desidratará o lodo, bem como o máximo teor possível de sólidos de ser alcançado.

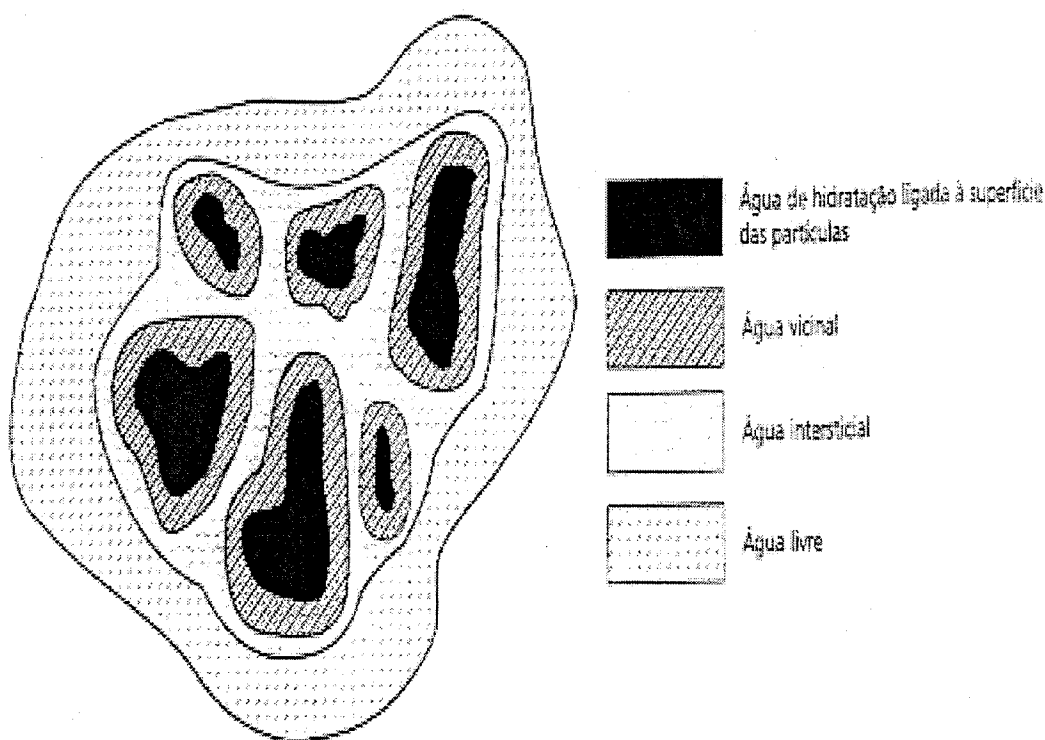
As diferentes frações de água presente no lodo são apresentadas a seguir:

- **Água livre:** água não associada, e nem influenciada por partículas sólidas suspensas; removida por drenagem, adensamento e desidratação mecânica.
- **Água intersticial ou capilar:** retida mecanicamente nos interstícios dos flocos; parte desta água está retida no interior do floco, mas pode ser liberada se a estrutura do floco for destruída; é removível mecanicamente.
- **Água vicinal:** constituída por múltiplas camadas de moléculas de água fisicamente ligadas, as quais encontram-se firmemente presas à superfície da partícula por meio de pontes de hidrogênio; a maior diferença desta fração com a anterior é que a água intersticial torna-se livre para se mover quando o confinamento é eliminado; a fração

de água vicinal só pode ser removida pela diminuição da área superficial total de partículas sólidas à qual ela pode se ligar, obtida, e.g., por condicionamento químico.

- **Água de hidratação:** água quimicamente ligada à superfície da partícula, removível apenas pelo aumento da energia térmica; por exemplo, a água associada com o floco de hidróxido de alumínio só pode ser removida por secagem térmica.

A Figura 3.5 mostra as diferentes frações de água presentes no lodo.



Fonte: Smollen & Kafaar.^[8]

Figura 3.5 Diferentes Frações de Água Presentes no Lodo

A remoção da água e a obtenção de um mesmo grau de adensamento de resíduos, em um tempo de sedimentação bem menor, são facilitadas pelos polímeros, com velocidade de sedimentação maior que aquela resultante sem o uso deles.

JORGE *et al.* (1999), para o espessamento por gravidade de lodo de ETA – logrou uma dosagem ótima de 10,26 g/Kg de SST no lodo. Com um teor de sólidos inicial de 0,50 a 0,65 % usando polímero catiônico e aniônico obteve valores de teor de sólidos entre 4,20 e 4,61 %.

Segundo MIKI & ALEM (1999), entre os fatores que afetam o condicionamento de lodos está a distribuição e tamanho das partículas; ou seja, na medida que diminui o tamanho das partículas, a relação entre a superfície e o volume cresce exponencialmente; ter uma área superficial maior indica maior capacidade de hidratação, maior consumo de produtos químicos e maior resistência à desidratação.

Outro fator que afeta o condicionamento é a concentração de sólidos, uma vez que o consumo de produto químico em termos de massa coagulante está relacionado a massa de sólidos secos.

Quimicamente, o condicionamento é afetado pelo pH e alcalinidade, já que a interação do polímero com as superfícies coloidais é que causa a agregação das partículas, sendo o pH o determinador da presença das espécies químicas, as cargas superficiais e a carga do polímero.

Alguns autores fizeram seus ensaios com diferentes faixas de pH, concentrações de polímeros e SST.

Entre eles, BOLTO *et al.* (1996), fizeram tratamento num resíduo de curtume com alto nível de Cr numa faixa de pH de 8,9 até 9,3; uso 25,0 mg/L de polímero aniônico; lograram 30 % de líquido sobrenadante. Para um valor de pH de 9,0 e 50,0 mg/L de polímero catiônico de densidade de carga baixa e alto peso molecular, lograram 55 % de líquido sobrenadante.

CHANG *et al.*, (1988), conseguiram boa sedimentação num lodo de caulim, para um valor de pH de 4,5 e 50,5 mg/L de polímero catiônico.

Segundo ABU-ORF & DENTEL, 1997, durante os processo de condicionamento diferentes condições de mistura devem ser avaliadas, levando-se em conta as características reológicas dos lodos condicionados. Estas características descrevem a deformação de um corpo influenciado pela pressão. Para os fluidos Newtonianos existe uma relação linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento (gradiente de velocidade). Nos fluidos não Newtonianos, no caso de lodo procedente de processos industriais, o gradiente de velocidade não tem uma relação linear proporcional com a tensão de cisalhamento. Infelizmente, na escala real todos os sistemas de mistura de lodo e polímero no acondicionamento são ocorridos nas tubulações, antes de entrar nos sistemas mecanizados, com dosadores que não permitem o controle destas condições de mistura, ficando somente com validade na fase de experimentação de laboratório.

Para LANGER *et al.* (1994), tempos de mistura reduzidos (<30 s) podem trazer soluções com excesso de polímero; tempo de mistura excessivo ou gradientes de velocidade elevados, implicariam rompimento dos flocos já formados.

Os mecanismos de criação dos flocos, isto é, formação de pontes e neutralização de cargas, conferem ao floco resistência ao cisalhamento, sendo o primeiro, responsável por um nível de resistência maior. Porém, quando acontece a ruptura, ela é irreversível (GREGORY, 1988).

Adicionalmente, ABU-ORF & DENTEL, 1997, concluem que a velocidade de rotação no momento da mistura tem uma influência grande na otimização do condicionamento e desidratação, afetando as características reológicas do lodo; altas doses de polímero são necessárias quando se aumentam as condições de mistura, devido as rupturas dos flocos já formados e a criação de maior quantidade de superfícies negativas.

Anteriormente à desidratação mecanizada, deve-se obter a dispersão destes auxiliares de floculação de tal forma que a densidade, a resistência e a filtrabilidade do floco formado não sejam afetadas pelas condições físicas que possam prevalecer no desidratador. As reações ocorridas iniciam-se em fração de segundos e requerem que em curto tempo, da ordem de um a dois segundos, o coagulante entre em contato com toda a massa de lodo; para isso precisa-se de misturadores que consigam esse objetivo. Entre os mais usados e recomendados para estes processos estão os “misturadores de jatos”; estes trabalham aplicando um jato de solução da mistura de polímero em sentido oposto ao fluxo de lodo efluente antes de entrar no desidratador mecanizado.

DOSAGEM ÓTIMA

Para BESRA *et al.* (1996), um aumento das características do condicionamento, filtração e desidratabilidade de lodos industriais foram conseguidos usando-se um polímero sintético; e numa faixa ótima se incrementa várias vezes a taxa de desidratabilidade.

Seus efeitos devem ser medidos em diferentes concentrações, avaliando as propriedades resultantes do condicionamento e também, que os efeitos dos polímeros sejam positivos, os quais desaparecem depois de certo tempo e (VANDERHASSELT & VERSTRAETE, 1999).

Para MIKI & ALEM (1999), o manejo de soluções com dosagens mais diluídas de polímero, no laboratório, permite melhores condições de mistura no lodo seja em emulsão ou em pó. Mas também se pode melhorar a dispersão com variação do gradiente de velocidade e do tempo de agitação das amostras.

Uma vez feita a solução de polímero numa concentração definida e feitos alguns ensaios para definir o tipo de polímero, deve-se ensaiar várias dosagens do tipo escolhido.

Segundo LEE & LIU (2000), uma dosagem ótima de polímero está usualmente associada com a superfície coloidal de mínima carga superficial e a tendência de agregação para a formação de flocos.

No caso da desidratabilidade, em algumas experiências com o dobro da dosagem ótima de polímero conseguida com testes de tempo de sucção capilar, o resultado foi tortas com alta proporção de umidade (DENTEL *et al.* 1993).

Segundo CHU & LEE (1999), os efeitos na desidratabilidade do condicionamento com polímero, na fase sólido - líquido, a resistência à filtração primeiramente decresce com o aumento da dosagem de polímero até alcançar o ponto de neutralização das cargas, então se incrementa no regime de sobredosagem.

No final, a produção de lodo esperada do condicionamento com polímero, em volume, aumenta quase 8% mas consegue-se taxas de filtração maiores, tempos de filtração mais curtos e tempos de ciclos menores, o que indica uma melhora na utilização do equipamento e aumento da capacidade instalada; em termos de produção de torta final verificou-se que não há aumento significativo destes valores em volume ou em massa (MIKI & ALEM, 1999).

Conforme METCALF & EDDY (1991) os polímeros não aumentam materialmente a quantidade de sólidos secos.

As faixas de teor de sólidos na torta finais estão relacionadas com todos os parâmetros anteriormente descritos e também de sua procedência seja de ETA, ETE ou tratamento de efluentes industriais.

KABACINSKI *et al.* (1998), numa ETE com tratamento conjunto de despejo industrial de curtumes, obtiveram lodos desidratados na faixa de 13 a 17 % de sólidos secos.

PROCESSO DE DUPLA FLOCULAÇÃO

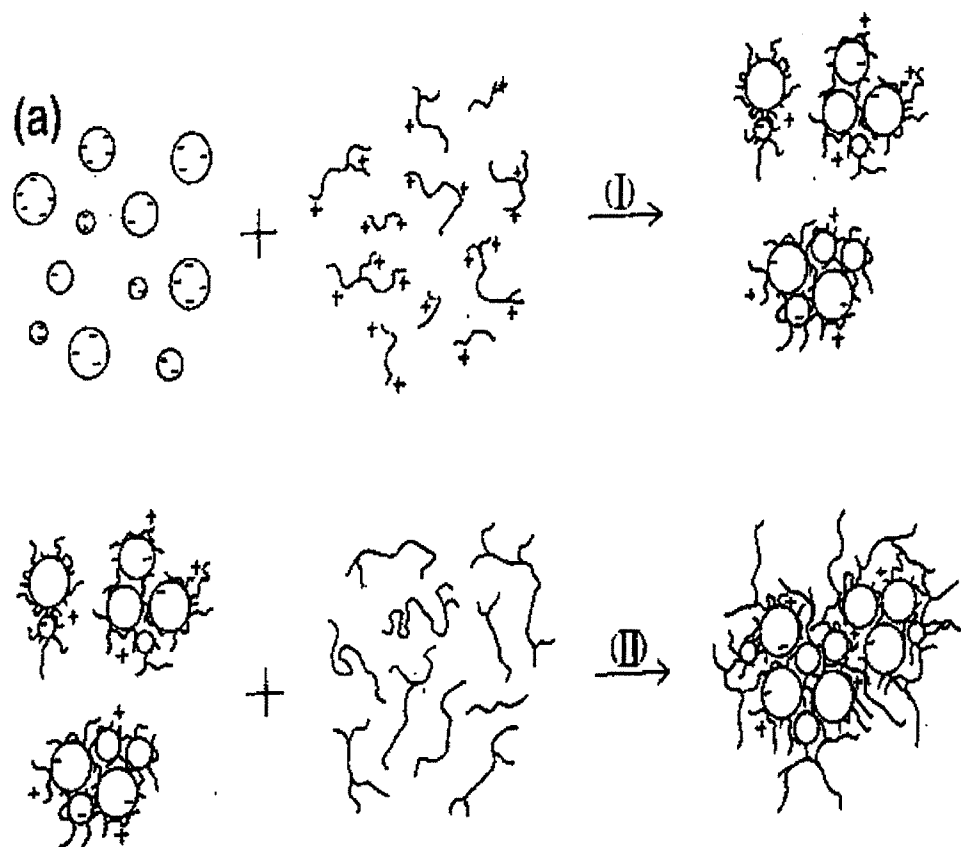
O uso da dupla floculação no condicionamento permite melhor desidratabilidade e redução de custos nos produtos químicos usados.

Seu desempenho depende da natureza dos polímeros usados, a superfície sólida do lodo, a solução química, a complexidade entre os dois polímeros e a alta capacidade de adsorção da superfície sólida.

Suas vantagens incluem incremento do conteúdo dos sólidos das tortas finais, incremento da taxa de captura de sólidos e melhorias no uso dos equipamentos.

Segundo LEE & LIU (2000), a adsorção inicial de um polímero catiônico na superfície através de interações eletrostáticas formando os primeiros flocos; possibilita uma segunda adsorção de uma longa cadeia de polímero não iônico para a formação dos flocos finais, melhorando a floculação e a desidratabilidade de lodo à base de hidróxido de alumínio.

A Figura 3.6 apresenta este processo de dupla floculação.



- a) adsorção inicial de um polímero catiônico (I) e posterior adição de polímero não iônico (II)
 b) adsorção inicial de um polímero não iônico (I) e posterior adição de polímero catiônico (II)

Fonte: LEE & LIU (2000)

Figura 3.6 Processo Condicionamento de Dupla Flocculação.

DESIDRATAÇÃO MECANIZADA

A desidratação mecânica pode ser feita por centrifugação ou por filtros prensa ou de esteiras.

O processo de centrifugação pode ser simulado no laboratório em centrífuga de bancada; o lodo é colocado dentro de um recipiente cilíndrico-cônico que gira a alta velocidade, submetido para a remoção da água pela força centrífuga, causando sedimentação das partículas nas paredes da parte inferior do recipiente ou proveta e a água fica na parte superior, onde é facilmente removida. Nos sistemas reais a remoção dos sólidos é feita com um parafuso helicoidal sem-fim que gira com o motor a uma velocidade determinada (GARCES *et al*, 1996).

Os sistemas de desidratação por filtros podem utilizar filtro prensa de placas, filtro prensa de correia ou filtro a vácuo; eles empregam pressões acima da atmosférica para promover a separação sólido-líquido.

Os teores de sólidos na centrífuga estão na faixa de 15 - 30 %; no filtro prensa ficam na faixa de 30 - 40 % (METCALF & EDDY, 1991)

3.8.4. ADOÇÃO DE TIPO E DOSAGEM DE POLÍMERO

Uma das metodologias adaptadas para a seleção do tipo e dosagem de polímero é a descrita por GARCES *et al.* (1996), no tratamento de lodos de ETA, que usa o tempo de filtração (TF) como parâmetro de escolha. Este consiste em submeter amostras de lodo espessado, condicionadas com distintas dosagens de polímeros, a uma filtração a vácuo, a uma pressão de 15 Bar, medindo o tempo necessário para filtrar a metade do volume da amostra; a

dosagem de menor tempo será a melhor. Nos ensaios do “Teste de Jarros” aqueles pesquisadores aplicaram uma agitação intensa de 100rpm por 30 s e moderada de 30 rpm por 15 minutos, para amostras de lodo espessado de 100 ml de volume.

Outras metodologias adotam o Tempo de Sucção Capilar (CST) que indica o tempo necessário, medido por dois sensores, que a frente de lodo leva para percorrer uma distância determinada num meio poroso (papel de filtro whatman #17). Segundo MIKI & ALÉN (1999), o teste trabalha com amostras muito pequenas ($V= 6\text{ml}$) e no condicionamento orgânico a formação rápida de flocos e a separação do líquido dificulta a amostragem; os autores não usaram o método.

O teste de Resistência Específica a Filtração (SRF) é usado para quantificar a maior ou menor facilidade de desidratação dos lodos, com ou sem condicionamento.

A metodologia adotada é similar ao teste de TF, determinando ainda, os sólidos formados na torta final num aparato de filtração, a uma pressão conhecida.

Com os valores de tempo (T) e volume filtrado acumulado (V), se constroem as curvas de t/V em função de V e se determina o coeficiente angular (b). Conhecidos a área filtrante do aparato ($A=1.3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$), a viscosidade dinâmica do filtrado (μ , igual a da água a essa temperatura, em Ns/m^2), o gradiente de pressão ($P=50.8 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$) e a massa de sólidos secos retida por unidade de volume (c em kg/m^3); o valor da resistência específica a filtração (r) pode-se calcular pela expressão :

$$r = 2 \cdot b \cdot P \cdot A / (\mu \cdot c) \text{ (m/kg)} \quad (3.1)$$

A expressão é proveniente da equação de filtração adaptada por CARMAN & KOZENY (1938), originada na lei de Poiseuille e a forma modificada da lei de Darcy de 1850 (CHRISTENSEN, 1985; apud GARCES *et al.*, 1996).

Para condicionamento de lodo de ETE, o teste de Resistência Específica a Filtração (SRF) e o teste do Tempo de Filtração (TF) indicaram a mesma dosagem ótima de polímero; além deste, os resultados de REF podem apresentar valores inconsistentes devido a dificuldade operacional de se fazer a leitura das medidas de tempo e volume (MIKI & ALÉM, 1999).

Igualmente o “Standard Methods” considera como um teste similar o teste de TF com o teste de SRF se o teor de sólidos e a viscosidade do filtrado não varia de uma amostra a outra; igualmente considera o TF superior pelo fato de ser fácil de usar e simples de fazer. Para a determinação da SRF se requer medidas de tempo e volume do filtrado, teor de sólidos do lodo condicionado e da torta final.

Para a obtenção da dosagem ótima para centrifugação, REALI *et al.* (1999) aplicam um método, adaptado de VESILIND & ZHANG, que utiliza uma centrífuga comum de laboratório, e que permite estimar-se também valores adequados para o tempo de centrifugação e a intensidade da aceleração centrífuga aplicada pelo aparelho.

No referido método utilizam-se: uma centrífuga com alimentação por batelada e cubetas com graduação volumétrica, entre outros equipamentos e material de laboratório; soluções de polímeros em concentrações predefinidas; amostras de lodo. Para análise dos resultados deve-se ter duas considerações e hipóteses: as cubetas são consideradas um sistema fechado (sem perda de massa durante o ensaio) e todos os sólidos em suspensão presentes estarão na torta final (não considerando os sólidos presentes nos sobrenadantes finais).

O cálculo das concentrações de sólidos do lodo condicionado e lodos finais são feitas com as expressões:

$$SST_C = SST_I \left[V_I / (V_I + V_C) \right] \quad (3.02)$$

$$SST_T = SST_C \left[V_A / V_T \right] \quad (3.03)$$

SST_C : concentração de sólidos em suspensão totais no lodo após o condicionado com polímero (mg/L)

SST_I : concentração de sólidos em suspensão totais iniciais no lodo antes do condicionado com polímero (mg/L)

SST_T : concentração de sólidos em suspensão totais na torta final após centrifugação (mg/L)

V_I : volume inicial de lodo (ml)

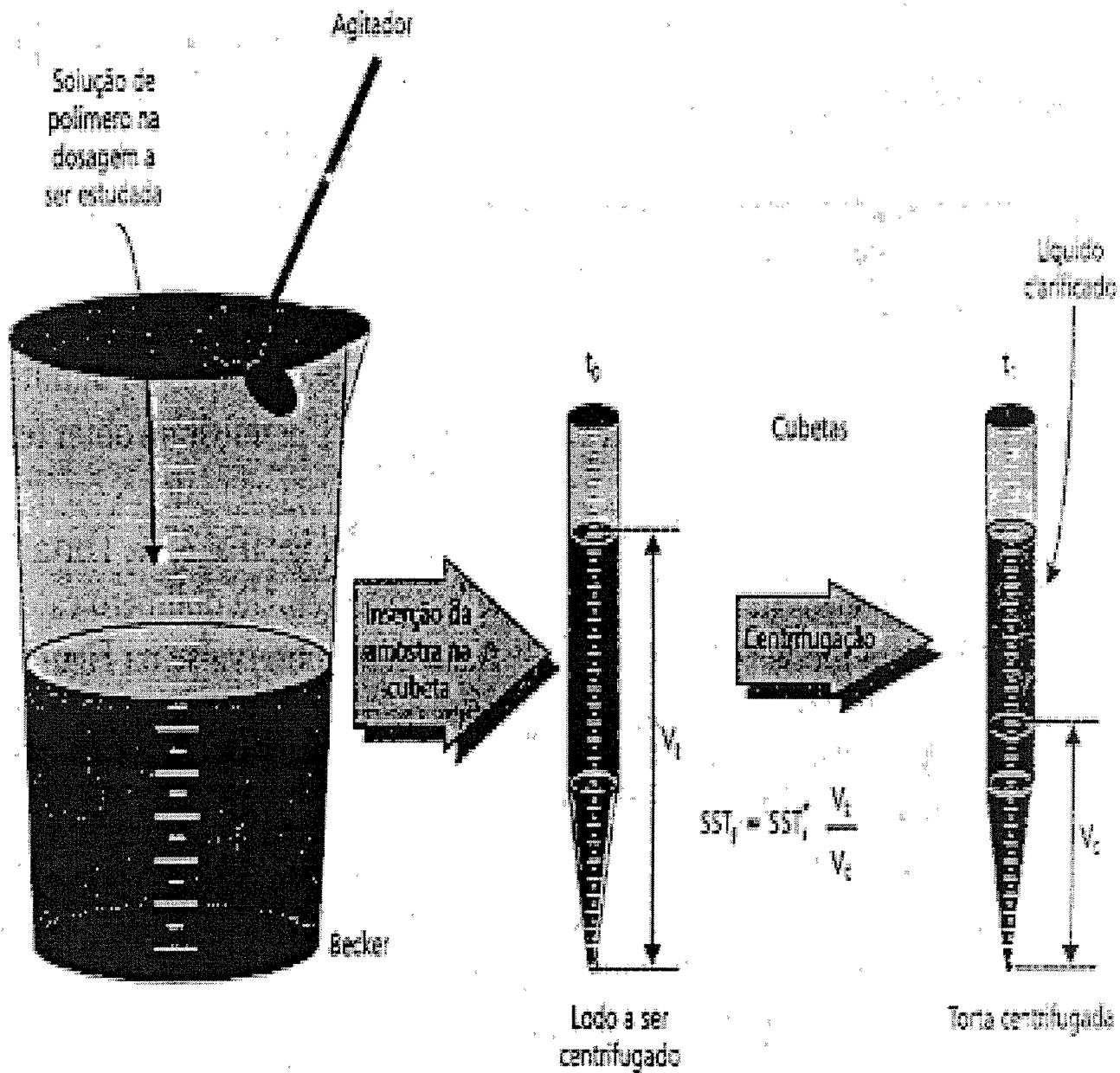
V_C : volume da solução de lodo condicionado (ml)

V_A : volume da amostra de lodo na cubeta para ser centrifugada (ml)

V_T : volume da amostra de lodo após centrifugação (ml)

Inicialmente, para a escolha do tipo de polímero, deve-se fazer centrifugações com amostras condicionadas, com diferentes dosagens de polímeros a uma rotação na faixa dos 750 até 1000 rpm. As leituras dos valores de centrifugação devem ser tomadas em intervalos de tempo pequenos (por exemplo 10, 20, 40 e até 60 minutos), para a construção das curvas de centrifugação. Uma vez escolhido o melhor polímero pode-se fazer novas curvas para rotações maiores como 1500, 2250 e 3000 rpm. Por meio da comparação entre os diversos valores de SST obtidos, é possível avaliar a dosagem que produz maior remoção de água.

A Figura 3.7 mostra um esquema das principais etapas do método utilizado para ensaios de centrifugação.



Fonte: REALY *et al.* (1999)

Figura 3.7 Esquema do Método Utilizado para Ensaio de Centrifugação.

3.9. DISPOSIÇÃO FINAL

A disposição final das tortas (resíduos sólidos) gerados nos processos de tratamentos de efluentes líquidos não deixa de ser um problema ambiental que deve ser resolvido e geralmente seu destino final são os aterros (WANG, 1997).

Segundo DIJKEMA *et al.* (2000), vem nascendo um novo paradigma para o gerenciamento dos resíduos: o conceito de resíduo vem sendo redefinido e está se incorporando a forma de mostrar que estes resíduos podem ser matéria prima de um novo processo. Uma substância é considerada resíduo quando não tem sido usada em todo seu potencial. Mas, considerando qualquer substância como resíduo, o recurso deverá ser parte como material de pelo menos um processo produtivo. Com este re-gerenciamento e encerrando os ciclos para os materiais, poder-se-á, por exemplo, no futuro eliminar aterros que contêm materiais perigosos e contribuir com a conservação dos recursos.

Este paradigma traz consigo a implementação e desenvolvimento de novas tecnologias, uma integralização dos recursos e um sistema decisório para sistemas de resíduos que dará suporte de informação para novas estruturas, opções tecnológicas e efeitos ambientais.

Segundo ASSUNÇÃO & SÍGOLO (1997), diversos pesquisadores como ANDERSON & NILSON (1972), PAGE (1974), BIGMAM *et al.* (1975), JORGENSEN (1975), JOHN & VAN LAERHOVEN (1976), KELLING *et al.* (1977), STRETT *et al.* (1978), LAKE *et al.* (1984) e SMITH (1994) estudaram o emprego na agricultura, para lodos situados nos limites de teores de metais pesados; enquanto outros têm estudado destinações alternativas como incineração e utilização na fabricação de elementos para construção civil.

Trabalhos vêm se desenvolvendo para minimizar a concentração de metais tóxicos e outros poluentes nos lodos de ETEs, usando um forte controle nas descargas industriais e nos sistemas de tratamento (MOSSAKOWSKA *et al.*, 1998).

Do ponto de vista da viabilidade econômica, além das características do lodo, é necessário considerar as distâncias de transporte, o teor de umidade do lodo e os volumes a serem reciclados. Portanto, para que a reciclagem agrícola do lodo seja ambientalmente segura e economicamente viável, é necessário que o lodo satisfaça às condições fixadas pelas Normas de utilização e seja produzido em volume suficiente que justifique a implantação (WANG, 1997; MOSSAKOWSKA *et al.*, 1998).

No caso que se pretenda fazer uma reciclagem agrícola destes lodos, segura e econômica, o seu uso deve estar cumprindo com as Normas de utilização ou as concentrações máximas permitidas de compostos pelas legislações definidas em cada país. Também é importante que o lodo satisfaça e seja produzido em volume suficiente que justifique a implantação do sistema de reciclagem agrícola. No Brasil, a norma Cetesb de uso agrícola de biossólido para o Estado de São Paulo, está baseada na legislação norte-americana U.S.EPA-40 CFR Part 503. Concentrações permitidas são apresentadas na Tabela 3.6 Concentrações Máximas Permissíveis de Metais no Biossólido para Uso Agrícola (TSUTIYA, 1999).

Para reciclagem agrícola são necessários certos controles como o teor dos metais pesados como o principal fator limitante, e seu conteúdo de microrganismos patogênicos; e do ponto de vista ambiental, o teor de nutrientes é um dado importante por seu interesse agrônômico, assim como para evitar doses excessivas que impliquem em lixiviação de nitratos (TSUTIYA, 1999; MOSSAKOWSKA *et al.*, 1998).

A operação de reciclagem agrícola demanda a implantação de uma estrutura de controle de qualidade do lodo, desinfecção, planejamento e monitoramento da distribuição (WANG, 1997).

Tabela 3.7 Concentrações Máximas Permissíveis para Uso de Lodos na Agricultura.

País	Concentração máxima de metais, mg/kg (base seca)										
	Ar	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ní	Pb	Se	Zn
Comunidade	-	20	-	-	1000	16	-	300	750	-	2500
Européia		/40			/1750	/25		/250	/ 1200		/ 4000
Bélgica	-	10	20	500	500	10	-	100	300	25	2000
Alemanha	-	20	-	1200	1200	25	-	200	1200	-	3000
França	-	20	-	2000	1000	10	-	200	800	100	3000
Grécia	-	40	-	-	1750	25	-	400	1200	-	4000
Itália	-	10	-	750	1000	10	-	200	500	-	3000
Holanda	10	5	-	500	600	5	-	100	500	-	2000
Suécia	-	4	-	150	600	5	-	100	200	-	1500
Escócia	150	20	-	800	1000	7,5	25	250	800	40	2500
Canadá	75	20	150	-	-	5	20	180	500	14	1850
USA- EPA	75	85	-	-	4300	57	75	420	840	100	7500
São Paulo	75	85	-	-	4300	57	75	420	840	100	7500
China pH < 6,5	75	5		600	250	5		100	300		500
China pH > 6,5	75	20		1000	500	15		200	1000		1000

*

Fontes SANEPAR (1997), TSUTIYA (1999) e WANG (1997)

Outro método de interesse é o uso combinado destes lodos industriais com resíduos sólidos ou bio-combustíveis (MOSSAKOWSKA *et al.*, 1998).

No caso de lodos de tratamento de águas residuárias de indústria têxtil, eles podem ser usados além da agricultura, na indústria cerâmica.

Segundo MOREIRA (2001), pode ser utilizada, de forma segura, a adição do lodo de água residuária da indústria têxtil nos materiais para construção, cerâmica vermelha neste caso, considerando proporções adequadas de argila-lodo, argilas adequadas para o processo e aplicação de tratamento térmico adequado.

O processo consistiu na preparação de peças cerâmicas contendo o lodo e utilizando dois tipos de argilas, uma mais plástica que a outra, a primeira rica em Ilita e Baumita e a segunda rica em Quartzo.

Foram usadas quantidades diferentes de lodo (0 - 5 e 10 %) para duas classes de amostras; na primeira com 100 % da argila mais plástica e na segunda 50 % de cada tipo de argila.

O lodo antes de ser usado foi seco a 110°C por 24 horas e as amostras foram queimadas a diferentes temperaturas: 1000, 1050 e 1100°C .

As cerâmicas foram caracterizadas com medidas de retração, absorção de água, microscopia eletrônica de varredura e resistência mecânica das peças.

Para avaliar a segurança ambiental da produção deste material cerâmico, com a adição de lodo da indústria têxtil, foram feitos testes de lixiviação.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A investigação experimental foi realizada nas dependências dos Laboratórios de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, em Campinas, SP.

O efluente industrial utilizado no presente trabalho foi coletado em uma indústria têxtil situada no Município de Americana, na região Metropolitana de Campinas, SP. Esta região é considerada o principal pólo têxtil do Estado de São Paulo. A referida indústria realiza as operações de tecelagem, preparação, tingimento, estampagem e acabamento de tecidos sintéticos.

O consumo de água para o processo produtivo da empresa é da ordem de 30 m³/h. A água usada na indústria é captada em dois poços profundos. A empresa gera, aproximadamente, 25 m³/h de efluentes, que passam por processo de controle de temperatura e equalização de vazão, sendo logo lançados na rede pública coletora de esgotos, para posterior tratamento na ETE do Município. As coletas dos efluentes foram realizadas diretamente no tanque de equalização.

4.1.1 AS COLETAS DE EFLUENTE BRUTO

As amostras do despejo foram coletadas no período compreendido entre o início de outubro de 2001 até o final de julho de 2002; foram feitas 18 coletas, a cada 3 semanas aproximadamente, de 400 litros nos primeiros quatro meses e de 500 litros até o final; o despejo era armazenado em geladeira à temperatura inferior a 4 °C e colocado à temperatura ambiente 24 horas antes de ser usado .

Eram adicionados como nutrientes para o sistema biológico, ácido fosfórico e uréia. Esta adição de nutrientes e a correção do pH eram feitas no final de cada semana para o efluente a ser usado na semana seguinte.

Os nutrientes, uréia com 47 % de nitrogênio (N) e ácido fosfórico com 32 % de fósforo (P), foram adicionados com base no valor adotado de $DBO_{5,20}$ no Efluente Bruto (EB) de 900 mg de O_2/L .

Considerou-se uma relação $DBO_{5,20} : N : P$ em 100 : 5 : 1 (BRESAOLA & CANTELLI, 2001; PÔRTO, 2002), e para cada 20 litros foram adicionados 1,92 g. de uréia e 0,4 mL de ácido fosfórico.

Posteriormente, fazia-se a correção do pH com uma solução de barrilha a 50 mg/L ou com uma solução de ácido clorídrico. Definiu-se a faixa de correção de pH entre 7,0 e 8,0.

Além desses, o despejo foi caracterizado, após coleta, nos parâmetros pH, COD, DQO, Cor ADMI e Série de Sólidos.

4.1.2 DENOMINAÇÕES FEITAS PARA OS REATORES BIOLÓGICOS, EFLUENTES, MISTURAS E LODOS

No trabalho foram usadas as seguintes denominações:

Efluentes

EF	Efluente Bruto
“TR40 Sem CAP”	Efluente tratado no Reator de 40 litros sem adição de CAP
“TR10 Sem CAP”	Efluente tratado no Reator de 10 litros sem adição de CAP
“TR40 Com CAP”	Efluente tratado no Reator de 40 litros com adição de CAP

Reatores

“R40 Sem CAP”	Reator de 40 litros de capacidade sem adição de CAP
“R10 Sem CAP”	Reator de 10 litros de capacidade sem adição de CAP
“R40 Com CAP”	Reator de 40 litros de capacidade com adição de CAP

Lodos Gerados

“LR40 Sem CAP”	Lodo do Reator de 40 litros sem adição de CAP
“LR10 Sem CAP”	Lodo do Reator de 10 litros sem adição de CAP
“LR40 Com CAP”	Lodo do Reator de 40 litros com adição de CAP
“LR40 Com CAP(A)”	Lodo do Reator de 40 litros com adição de CAP adensado

Clarificados dos Lodos Desidratados (após centrifugação)

“CLR40 Sem CAP”	Clarificado do Reator de 40 litros sem adição de CAP
“CLR10 Sem CAP”	Clarificado do Reator de 10 litros sem adição de CAP
“CLR40 Com CAP”	Clarificado do Reator de 40 litros com adição de CAP

4.1.3 CONDIÇÕES OPERACIONAIS DOS REATORES BIOLÓGICOS

As seguintes condições operacionais foram mantidas nos reatores biológicos:

- Os reatores funcionavam de segunda a domingo.
- As trocas de efluente tratado por efluente bruto eram feitas de segunda a sábado, seis dias por semana.
- No ultimo dia (domingo) o reator permanecia em movimentação e aeração.
- A aeração e mistura do reator foram obtidas através de bombas de mistura e difusão de ar e pedras porosas (bombas tipo aquário).
- Os reatores funcionaram com fluxo intermitente ou batelada, em ciclos de 24 horas.
- Nos ciclos de 24 horas fizeram-se as operações de enchimento (feito de forma quase instantânea), reação (22 horas), sedimentação (1,5 hora) e esvaziamento em repouso (0,5 hora).
- Retirou-se diariamente uma fração correspondente a 1/20 da capacidade do reator (da mistura em movimentação) para garantir um tempo de residência celular (idade de lodo) de 23,3 dias, ou seja, 2 litros e 0,5 litros para os reatores R40 e R10 litros, respectivamente.
- Para manter a fração de lodo de 50% na operação de esvaziamento retiravam-se 20 litros e 5 litros de efluente tratado dos reatores R40 e R10 litros de capacidade, respectivamente.
- O descarte do efluente tratado e o esvaziamento foram feitos por meio de válvulas hidráulicas colocadas nos reatores.
- No enchimento de EB para o reator R40 usou-se um tanque de 20 litros de capacidade que alimentava por gravidade o reator.
- O enchimento de EB para o reator R10 era feito manualmente.
- A adição do CAP no reator era feita manualmente após preparação de uma suspensão com EB.

Na Figura 4.1 mostram-se as operações efetuadas no reator biológico.

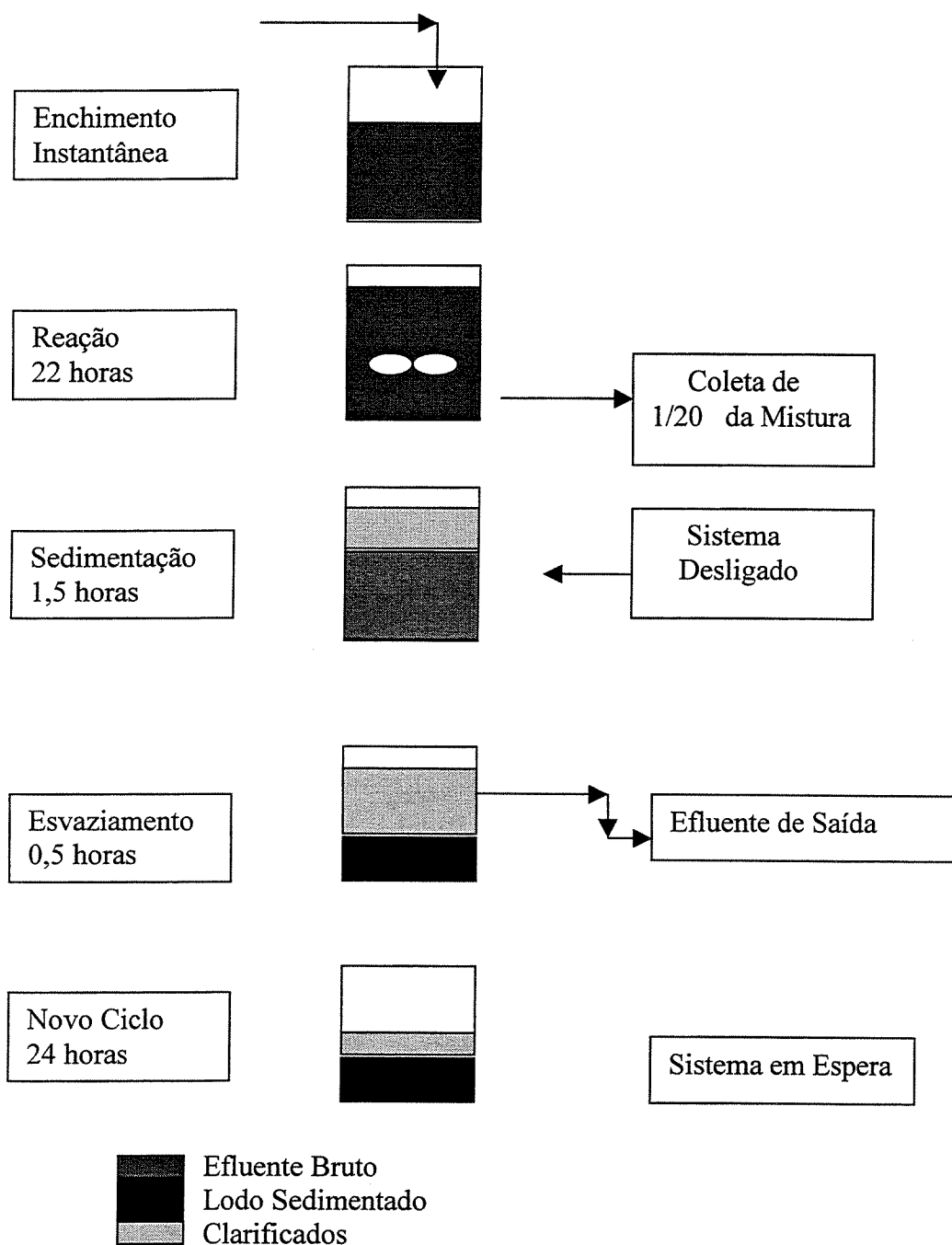


Figura 4.1 Operações Efetuadas nos Reatores Biológicos.

4.2 FASES DO TRABALHO EXPERIMENTAL

O trabalho experimental foi desenvolvido em três fases.

Na Tabela 4.1 descrevem-se o uso dos reatores e sua capacidade de tratamento nas diferentes fases.

Na Tabela 4.2 descrevem-se as diferentes operações, dos reatores, feitas nas fases da pesquisa e os tempos necessários para sua realização.

Tabela 4.1 Uso dos Reatores e suas Capacidades de Tratamento

FASE DO	REATOR		
PROCESSO	Capacidade (litros)	Sistema	Comentário
1	40	LAB	Início das Operações de Tratamento Biológico Tratamento biológico sem adição de CAP
2	40	LAB/CAP	Tratamento biológico com adição de CAP
	10	LAB	Tratamento biológico sem adição de CAP
3	40	LAB/CAP	Tratamento biológico com adição de CAP
	10	LAB	Tratamento biológico sem adição de CAP

Tabela 4.2 Operações dos Reatores nas Fases da Pesquisa

ATIVIDADES	Meses em Operação											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Partida do reator "R40SemCAP"	xx											
Equilíbrio "R40SemCAP"		xx										
Coleta-Tratamento lodo "R40SemCAP"			xx	xx	xx							
Partida "R10SemCAP" e "R40ComCAP"						x						
Coleta-Tratamento lodo "R40ComCAP"						x	x					
Adição CAP "R40ComCAP"							x					
Coleta-Tratamento lodo "R40ComCAP"								xx	xx	xx	xx	x
Coleta-Tratamento lodo "R10SemCAP"						x	xx	xx	xx	xx	xx	x

4.2.1 Primeira Fase

Na primeira fase, iniciou-se o trabalho com um reator biológico de 40 litros de capacidade, sem a incorporação de CAP.

Nesta fase experimental foram realizadas as seguintes atividades:

- 1- Deu-se partida ao reator "R40 Sem CAP", inoculando-o com lodo biológico de tratamento de efluente têxtil de um estudo de bancada de laboratório. Operação descrita no item 4.3.1.
- 2- Mediu-se diariamente a temperatura e pH no reator.
- 3- Operou-se até atingir o estado de equilíbrio no tratamento, caracterizado pelas variações mínimas na eficiência de remoção de Cor ADMI, DQO e COD do despejo bruto e pela pouca variação de sólidos em suspensão no interior do reator.

- 4- Após o equilíbrio, iniciou-se a coleta do lodo gerado para o processo de condicionamento e desidratação.
- 5- Caracterizou-se as amostras do EB com os parâmetros Cor ADMI, DQO e COD e Série de Sólidos.
- 6- O despejo foi condicionado com nutrientes e corrigido nos valores de pH conforme descrito na metodologia.
- 7- Caracterizou-se o efluente tratado com os parâmetros Cor ADMI, DQO e COD e Série de Sólidos.
- 8- Mediu-se a quantidade de sólidos do conteúdo do reator (Série de Sólidos).
- 9- Após atingir-se o estado de equilíbrio coletou-se o lodo gerado e efetuou-se a medição de sólidos para seu tratamento posterior.
- 10- Efetuou-se o tratamento condicionando o lodo com vários tipos de polímeros e dosagens, em várias condições de mistura (tempo e rotação), e efetuou-se a desidratação por centrifugação para diferentes valores de rotação (rpm).
- 11- Após atingir-se o estado de equilíbrio do reator (num valor de SST aproximado a 3.000 mg/L) escolheu-se o melhor CAP, entre vários tipos e concentrações, para ser usado na fase seguinte; escolheu-se aquele de melhor desempenho tanto para EB como para efluente tratado biologicamente neste reator sem adição de CAP. A operação está descrita no item 4.3.2.

Na Figura 4.2 apresenta-se a fotografia do reator de 40 litros.

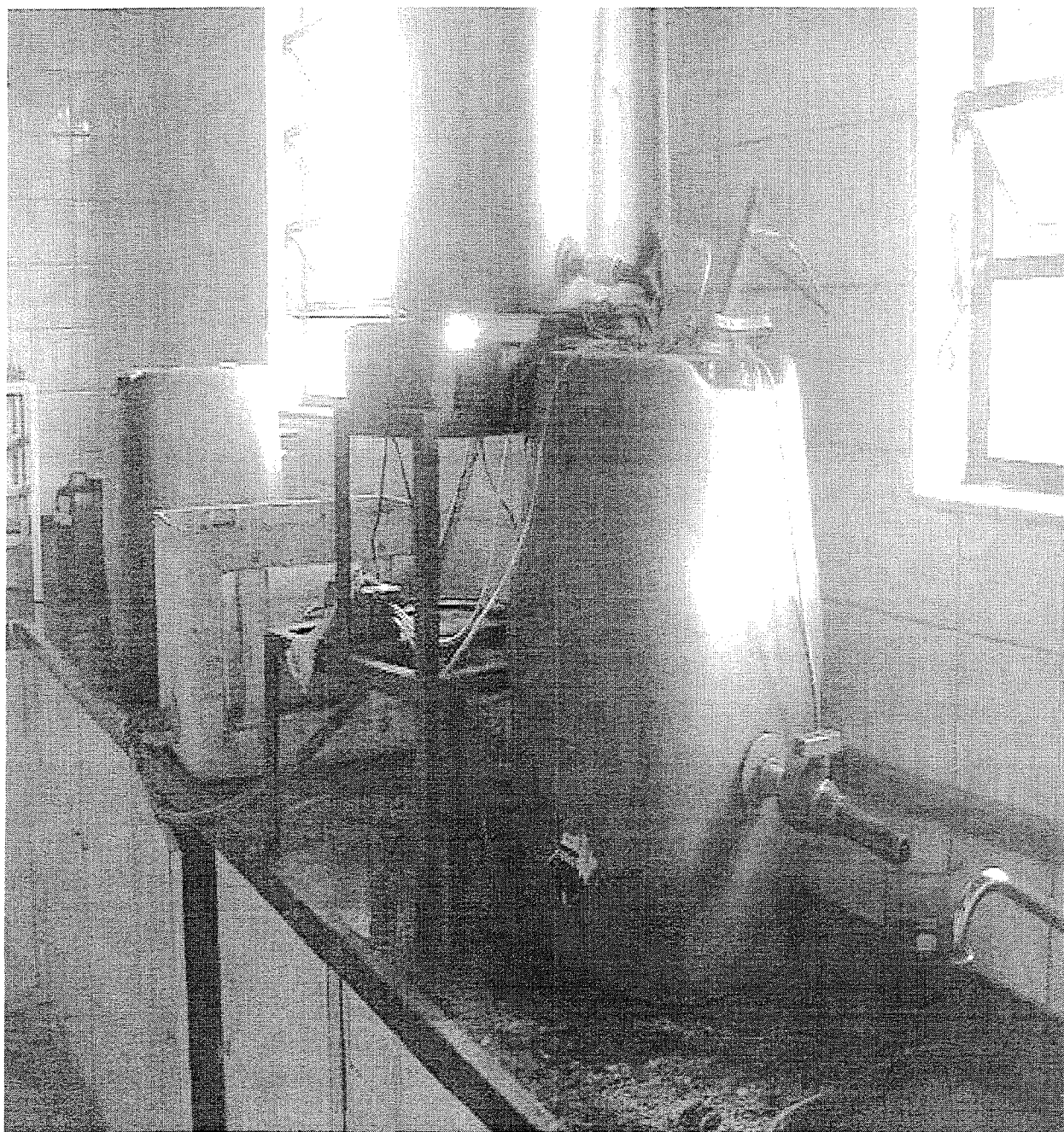


Figura 4.2 Fotografia do Reator de 40 litros

4.2.2 Segunda Fase

Na segunda fase foram instalados dois reatores biológicos para tratamento do mesmo despejo (10 litros sem CAP e 40 litros com CAP).

Nesta fase experimental foram realizadas as seguintes atividades:

- 1- Deu-se início à operação dos reatores “R10 Sem CAP” e “R40 Com CAP” descritas no item 4.3.1.
- 2- Para os dois reatores biológicos foram efetuadas similarmente as operações 2 a 10 da primeira fase.
- 3- Para efeitos comparativos, adensou-se pela ação da gravidade o lodo “LR40 Com CAP” até atingir os valores de SST do lodo da primeira fase e realizou-se o condicionamento e desidratação similarmente aos outros lodos. Operação descrita no item 4.3.3.

4.2.3 Terceira Fase

Nesta fase experimental foram realizadas as seguintes atividades:

- 1- O lodo gerado nos reatores “R10 Sem CAP” e “R40 Com CAP” foi coletado e foi feito o condicionamento nas condições ótimas obtidas na fase anterior; desidratando-o na centrifuga a 2500 rpm.

- 2- Os efluentes bruto e tratados, “TR10SemCAP” e “TR40ComCAP”, e clarificados “CR10SemCAP” e “CR40ComCAP” (resultantes nas condições ótimas no condicionamento e mistura após centrifugação) foram caracterizados quanto aos parâmetros Cor ADMI, DQO, COD, Serie de Sólidos e Metais.

4.3 METODOLOGIAS USADAS NOS PROCESSOS

4.3.1 PARTIDA DOS REATORES BIOLÓGICOS

REATOR “R40 Sem CAP”

Durante duas semanas foi colocado 200 mL da mistura em suspensão retirada dos reatores biológicos do reator utilizado por PORTO (2002).

Esta mistura, adicionada diariamente ao reator, serviu como inoculador do sistema biológico.

A capacidade de tratamento do reator, que inicialmente era de 5 litros, foi aumentada gradativamente até atingir o valor desejado de 40 litros após três semanas.

A operação das três semanas iniciais nos processos de enchimento, sedimentação e descarte do efluente no reator “R40 Sem CAP” foi feita segundo o plano mostrado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 Início do Reator "R40 Sem CAP"

Semana	Dia	Substrato inicial (L)	Descarte mistura - (L)	Descarte tratado - (L)	Bio mistura + (L)	Efluente bruto + (L)	total enchimento + (L)
1	1	0,0	0,0	0,0	0,2	5,0	5,2
	2	5,2	0,0	2,6	0,2	5,0	7,8
	3	7,8	0,0	3,9	0,2	5,0	9,1
	4	9,1	0,0	4,6	0,2	5,0	9,8
	5	9,8	0,0	4,9	0,2	5,0	10,1
	6	10,1	0,0	5,0	0,2	10,0	15,2
	7	15,2	0,0	7,6	0,2	10,0	17,8
2	8	17,8	0,0	8,9	0,2	10,0	19,1
	9	19,1	0,0	9,6	0,2	10,0	19,8
	10	19,8	0,0	9,9	0,2	10,0	20,1
	11	20,1	0,0	10,0	0,2	20,0	30,2
	12	30,2	0,0	15,1	0,2	20,0	35,3
	13	35,3	0,0	17,7	0,2	20,0	37,9
	14	37,9	0,0	18,9	0,2	20,0	39,1
3	15	39,1	2,0	17,1	0,0	20,0	40,0
	16	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	17	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	18	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	19	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	20	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0
	21	40,0	2,0	18,0	0,0	20,0	40,0

Após a terceira semana de funcionamento o reator entrou na fase de troca normal diária, ou seja, descarte de 2 litros de mistura (1/20 do total da capacidade do tratamento do reator), sedimentação, descarte de 18 litros de efluente tratado e o enchimento de 20 litros de EB.

Para a determinação do estado de equilíbrio avaliou-se a eficiência do tratamento quanto aos parâmetros DQO, COT e Cor ADMI, além da série de sólidos.

REATORES "R10 Sem CAP" e "R40 Com CAP"

Para o início de operação destes reatores procedeu-se gradativamente com o incremento do efluente bruto reator inicial "R40 Sem CAP" até atingir a capacidade de 50 litros; este foi dividido, respectivamente, em 10 litros e 40 litros.

O descarte da mistura diária diminuiu-se os primeiros dias e logo se incremento até atingir o valor de 2,5 litros equivalente a 1/20 da capacidade para 50 litros.

Esta operação, feita em duas semanas, é mostrada na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 Início dos Reatores "R10 Sem CAP" e "R40 Com CAP"

Semana	Dia	Substrato inicial (L)	Descarte mistura - (L)	Descarte tratado - (L)	Efluente bruto + (L)	total enchimento + (L)
1	1	40,0	1,0	19,0	21,0	41,0
	2	41,0	1,0	19,0	22,0	43,0
	3	43,0	1,0	19,0	23,0	46,0
	4	46,0	1,0	19,0	24,0	50,0
	5	50,0	1,5	23,5	25,0	50,0
	6	50,0	1,5	23,5	25,0	50,0
	7	50,0	1,5	23,5	25,0	50,0
2	8	50,0	1,5	23,5	25,0	50,0
	9	50,0	2,0	23,0	25,0	50,0
	10	50,0	2,0	23,0	25,0	50,0
	11	50,0	2,0	23,0	25,0	50,0
	12	50,0	2,0	23,0	25,0	50,0
	13	50,0	2,5	22,5	25,0	50,0
	14	50,0	2,5	22,5	25,0	50,0
3	separação dos reatores 40 litros e 10 litros					

A partir da terceira semana foi dividido o substrato em dois reatores, de 10 e 40 litros de capacidade respectivamente. Os reatores continuaram a serem operados separadamente.

O enchimento diário dos dois reatores foi feito com EB equalizado em um mesmo tanque para garantir a carga de poluentes em iguais proporções.

Para a determinação do equilíbrio destes reatores avaliou-se a eficiência do tratamento com relação aos parâmetros DQO, COD e Cor ADMI, além da Série de Sólidos.

Uma vez atingido o equilíbrio no reator “R40 Com CAP”, adicionou-se o CAP de forma gradativa até atingir a concentração inicial desejada e sem evitar a perda de carvão. Para facilitar a adição de carvão, este era misturado com aproximadamente 100 mL de EB até formar uma suspensão. A Tabela 4.5 mostra o procedimento de adição inicial de CAP.

Tabela 4.5 Adição de CAP no Reator "R40 Com CAP"

Operação de adição = 5 dias
 Total CAP no reator = 40,0 g
 Dosagem = 8 g / dia
 Reposição diária = 1 / 20 do total de CAP

Semana	Dia	CAP inicial (mg)	Dosagem CAP (mg)	Reposição diária mg no dia	Total CAP adicionado mg no dia	Total CAP no reator mg no dia
1	1	0,0	8,0	0,0	8,0	8,0
	2	8,0	8,0	0,4	8,4	16,0
	3	16,0	8,0	0,8	8,8	24,0
	4	24,0	8,0	1,2	9,2	32,0
	5	32,0	8,0	1,6	9,6	40,0
	6	40,0	0,0	2,0	2,0	40,0
	7	40,0	0,0	2,0	2,0	40,0

O reator continuou funcionando com adição diária de CAP e quando atingiu o equilíbrio foi iniciada a coleta de lodo para condicionamento e desidratação. Para o reator “R10 Sem CAP” a coleta de lodo foi feita após o estado de equilíbrio.

4.3.2. MÉTODO DE ESCOLHA DO CAP (TIPO E DOSAGEM)

Na escolha do melhor tipo de CAP e sua dosagem, o trabalho foi baseado nas metodologias propostas por PÔRTO (2002) e CHAVEZ *et al.* (2001) com algumas modificações.

O trabalho foi feito em duas fases, na primeira para escolha do melhor tipo de CAP e na segunda para a escolha da dosagem ótima. Na Figura 4.5 mostram-se uma fotografia do “teste de jarros” utilizado para a escolha do CAP.

Os substratos utilizados para cada ensaio de adsorção foram EB e efluente tratado (“TR40 Sem CAP” retirado no dia seguinte do reator biológico). Não houve alteração na granulometria dos CAP usados nos ensaios.

Os ensaios foram feitos com duas amostras diferentes de despejo têxtil, chamados Bruto 1 e Bruto 2.

Na experimentação o valor de pH dos efluentes foi corrigido para $7,5 \pm 0,5$ e a temperatura dos despejos manteve-se em $23,0 \pm 1,0$ °C. Cada batelada era composta de seis jarros de 2 litros de despejo, mantidos sob agitação.

Nos ensaios de adsorção, nos testes de jarros, definiram-se os seguintes parâmetros:

- 1- Velocidade de mistura nos jarros de 50 rpm (rotação suficiente para manter o CAP em suspensão).
- 2- Tempos de contato para coleta: duas, quatro, seis e 22 horas.
- 3- Foram determinados como parâmetros de eficiência do tratamento a Cor ADMI, DQO e COD.

Foram feitos 4 ensaios de adsorção:

- 1- Bruto 1 sem tratamento biológico.
- 2- Bruto 1 após tratamento biológico.
- 3- Bruto 2 sem tratamento biológico.
- 4- Bruto 2 após tratamento biológico.

Na coleta de amostras, tomaram-se 50 mL após duas, quatro, seis e 22 horas de agitação; após coleta, as amostras foram mantidas em repouso por 1 hora, para sedimentação dos sólidos em suspensão, antes da determinação dos parâmetros para a medição da eficiência (Cor ADMI, DQO e COD).

Foram testados três tipos de CAP nos ensaios. A Tabela 4.6 mostra as características destes.

Tabela 4.6 Características dos CAP's Testados

CARACTERÍSTICAS	CARVÃO ATIVADO EM PÓ		
	CARVÃO A	CARVÃO B	CARVÃO C
Tipo	Vegetal	Vegetal	Vegetal
Matéria-prima	Pinus	Pinus	Nó de pinho
Fabricante	Liz & Oliveira	Liz & Oliveira	Carbomafra
Local de Fábrica	Pitanga, PR	Pitanga, PR	Curitiba, PR
Nome Comercial	PWI 185	GRM 405	106-90
Preço - R\$/kg (para 100 kg de CAP/mês)	1,7	1,8	1,7
Número de Iodo (mg I ₂ /g)	700	822	600 (mín.)
Densidade Aparente (g/cm ³)	0,35	0,3	0,5
Cinzas (%)	8	6	< 8,0
Granulometria - % (via úmida retida peneira 325)	10	40	10

PRIMEIRA FASE NA ESCOLHA DO CAP

Na primeira fase foram testados os três tipos de CAP, em 6 dosagens diferentes, variando na faixa de 250 a 1500 mg/L, para os dois efluentes, Bruto 1 e Bruto 2.

Foram determinados os parâmetros Cor ADMI, DQO e COD no efluente inicial e final, após o tempo de adsorção.

SEGUNDA FASE NA ESCOLHA DO CAP

Nesta fase, uma vez escolhido o melhor tipo de CAP, com os resultados da primeira fase, foram realizados testes de adsorção, com o melhor CAP, em diferentes dosagens.

A eficiência do tratamento foi avaliada para os mesmos parâmetros da fase anterior.

4.3.3. CONDICIONAMENTO E DESIDRATAÇÃO DO LODO

OS POLÍMEROS

Para o condicionamento foram usados quatro tipos diferentes de polímeros, aniônicos e catiônicos, de alto peso molecular ($>10^6$), os quais foram usados em concentrações na faixa de 1,0 a 10,0 mg / g ST no lodo. Estes polímeros foram fornecidos por dois fabricantes com suas respectivas informações de uso e recomendações de preparação. A Tabela 4.7 descreve os polímeros usados no estudo e suas propriedades.

Os polímeros foram preparados semanalmente em diluição concentrada de 0,25 %. Sua preparação consistiu na mistura, num béquer de 500 mL, de 0,250 g de polímero com 2 mL de acetona, adicionando-se água desionizada até completar uma massa total de 100 g; posteriormente, a solução foi agitada por três horas a uma rotação de 200 rpm, para abertura das cadeias segundo recomendações do fabricante.

Tabela 4.7 Descrição dos Polímeros Usados e suas Propriedades.

Estudo dos Polímeros

Descrição das propriedades dos polímeros usados

P1=	852BC pr	Alto peso molecular, Tipo de Carga: catiônico	Stockhausen, Praestol
P2=	G9046 na	Alto peso molecular, Tipo de Carga: alta carga catiônica	Nalco
P3=	G999 na	Alto peso molecular, Tipo de Carga: não iônica	Nalco
P4=	G998 na	Alto peso molecular, Tipo de Carga: alta anionicidade	Nalco

COLETA DE LODOS

Os lodos foram coletados diariamente e guardados em geladeira (- 4°C), e condicionados em períodos inferiores de 10 dias, após serem coletados, para evitar alterações em suas características causadas pela presença de atividade biológica (LEE & LIU, 2000), da seguinte maneira:

Na Primeira Fase: “LR40 Sem CAP”

Dois litros de mistura do reator “R40 Sem CAP” eram colocados diariamente em um béquer. Após 2 horas de sedimentação, o clarificado era retirado por sifonamento. O lodo resultante era armazenado e refrigerado num frasco de dois litros de capacidade. Ao completar uma semana, e após colocar a última porção de lodo coletado, o conteúdo era agitado e depois

de 48 horas de sedimentação retirava-se o clarificado do recipiente e determinava-se o valor de ST. Depois se prosseguia com o processo de condicionamento e desidratação.

Na Segunda Fase: “LR10 Sem CAP” e “LR40 Com CAP”

Separadamente, os 0,5 litro de mistura do reator “R10SemCAP” e 2 litros de mistura do reator “R40ComCAP” eram colocados diariamente em béqueres, e após 24 horas de sedimentação, o clarificado era retirado por sifonamento. Estes lodos eram armazenados e refrigerados até completar uma semana de coleta. Então, eram agitados e determinava-se o valor de ST. Depois se prosseguia com o condicionamento e desidratação.

“LR40 Com CAP” (A) adensado

Conhecendo o valor inicial de ST de um litro de lodo “LR40 Com CAP”, este era colocado numa proveta graduada e após 4 dias de sedimentação era retirado o clarificado por sifonamento, até atingir o valor de ST do lodo “LR40 Sem CAP” da fase anterior para fins de comparação. O valor médio de ST do lodo “LR40 Sem CAP”, tomado como referência, foi de 40.000 ± 3.000 mg de ST / litro de lodo (valor de $\pm 4\%$).

Este adensamento pela ação da gravidade era feito com a suposição de que todos os sólidos em suspensão sedimentariam nesse intervalo de tempo adotado. Os cálculos eram feitos com uma relação inversamente proporcional com respeito à altura da proveta e o resultado indicava a altura de clarificado a ser retirado por sifonamento.

A equação 4.1 mostra a forma de cálculo dos ST na amostra:

$$\text{ALTURA retirar} = \text{ALTURA total} * [1 - (\text{ST inicial} / \text{ST final})] \quad (4.1)$$

Onde:

ALTURA retirar	altura a retirar de clarificado do nível de um litro (cm)
ALTURA total	altura total da proveta até o nível de um litro (cm)
ST inicial	ST da amostra de lodo “LR40 Com CAP” (mg de SST /litro)
ST final	ST final adotado para o lodo “LR40 Com CAP” (mg de SST /litro).

Para verificar o valor obtido pela equação, a amostra era misturada e se determinava a medida dos ST do lodo resultante. Na prática sempre se obteve o adensamento nesses valores.

ESTUDOS DE CONDICIONAMENTO E DESIDRATABILIDADE

O trabalho de estudo de condicionamento com polímero e desidratação por centrifugação, para os quatro tipos de lodos, dividiu-se em três fases. Para todos os lodos determinou-se inicialmente a quantidade de ST.

- 1- **Fase 1.-** neste estudo desidrataram-se na centrífuga os lodos sem polímero, a valores de rotação de 1000, 2000, 3000 e 4000 rpm.

- 2- **Fase 2.-** o estudo foi feito para a escolha dos dois melhores tipos de polímero e suas respectivas dosagens, baseado na metodologia de REALI *et al.* (1999). Fixaram-se os seguintes parâmetros:
- a- No misturador para condicionamento utilizou-se um tempo de 60 s e uma rotação de 200 rpm
 - b- Na desidratação a rotação de centrifugação foi de 1000 rpm.
- 3- **Fase 3.-** neste estudo, com os dois melhores polímeros e suas respectivas dosagens variou-se os tempos e as rotações da mistura de quatro formas, conforme a Tabela 4.8. Para cada uma destas variações na mistura, o lodo foi centrifugado a rotações fixadas em 1000, 2000, 3000 e 4000 rpm.

Tabela 4.8 Variação das Condições de Mistura no Condicionamento (Fase 3)

Tempo (s)	Rotação (rpm)
60	200
60	250
90	200
90	250

O condicionamento com polímero para as Fases 2 e 3 foi feito para amostras de 100 mL de lodo. A centrifugação para cada ensaio, nos três estudos, foi feita com 4 cubetas de 15 mL; tomou-se um valor médio destes quatro valores para realização dos cálculos.

4.4. MÉTODOS DE ANÁLISE USADOS NA PESQUISA

Para dar cumprimento aos objetivos da pesquisa foram feitas as caracterizações de: efluentes bruto e tratado, dos lodos sem e com CAP e dos clarificados após desidratação.

Foram feitos testes e medidas de: pH, temperatura, Cor ADMI, DQO, COD, Série de Sólidos, Sólidos Sedimentáveis (SS) e Metais (na fase final do estudo num laboratório fora da Unicamp).

Os métodos utilizados para Cor ADMI, DQO, COD e Serie de Sólidos estão apresentados no AWWA, APHA e WEF 1995). Na Tabela 4.9 relacionam-se os métodos usados nas análises laboratoriais.

Tabela 4.9 Métodos das Análises Laboratoriais

Análise	Método
Cor ADMI	APHA;AWWA;WEF(1995)- 2120 E ADMI
DQO (demanda química de oxigênio)	APHA;AWWA;WEF(1995)- 5220 C
COD (carbono orgânico dissolvido)	APHA;AWWA;WEF(1995)- 5310 B
Série de Sólidos	APHA;AWWA;WEF(1995)- 2540

A Tabela 4.10 mostra a frequência de análises para cada um dos efluentes, misturas, lodos e clarificados do estudo.

Tabela 4.10 Frequência de Análises para Efluentes, Misturas, Lodos e Clarificados

Teste	Efluente	Efluentes	Misturas	Lodos	Clarificado
Feitos	Bruto	Tratados	Reatores	Gerados	após Cent.
SS	1 / sem	1 / sem	2 / mês	1 / sem	*
Serie Sólidos	2 / mês	2 / mês	2 / mês	2 / mês	*
SST	1 / sem	1 / sem	1 / sem	1 / sem	*
Cor ADMI	2 / sem	2 / sem	*	*	1 / final
DQO	2 / sem	2 / sem	*	*	1 / final
COD	2 / sem	2 / sem	*	*	1 / final
pH	1 / coleta	diário	*	*	1 / final
Temperatura	*	diário	*	*	*
Metais*	1 / final	1 / final	*	*	1 / final

* Nos metais avaliados estão incluídos: Alumínio, Astato, Boro, Cálcio, Cobre, Cádmio, Cromo,

Ferro, Mercúrio, Manganês, Molibdênio, Níquel, Fósforo, selênio, Chumbo, Enxofre e Zinco.

5. RESULTADOS E DISCUSSAO

A apresentação dos resultados foi dividida em cinco partes para facilitar a interpretação dos dados experimentais:

- 1- Resultados de caracterização do Efluente Bruto (EB) para Cor ADMI, DQO, COD e Série de Sólidos.
- 2- Resultados da operação diária dos reatores sem e com CAP; resultados do tratamento; avaliação da Série de Sólidos para misturas, efluentes tratados e lodos gerados nos reatores.
- 3- Resultados dos ensaios de adsorção para avaliação do melhor tipo e dosagem ótima de CAP.
- 4- Resultados obtidos nos ensaios de condicionamento de lodos com polímeros e desidratação pela centrifugação.

- 5- Resultados da avaliação do sistema nos melhores pontos de condicionamento; avaliaram-se todos os parâmetros anteriores e adicionalmente avaliou-se o teor de metais.

5.1. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO

Efetuaram-se 18 coletas de despejo industrial, para um total aproximado de 7200 litros; de cada coleta tomou-se, aleatoriamente, um litro para análises de laboratório a qual foi caracterizada nos parâmetros de pH, Cor ADMI, DQO, COD e Série de Sólidos, num lapso não maior de 48 horas.

O despejo apresentou valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) na faixa de 467 a 2.753mg/l, Cor ADMI na faixa de 325 até 2.640 unidades, Carbono Orgânico Dissolvido (COD) na faixa de 185,7 a 646,1 mg/l, e Sólidos Totais na faixa de 4.600 a 1.700 mg/l, dos quais cerca de 90%, em média, eram Dissolvidos. Na Tabela 5.1 são mostrados os resultados da caracterização feita nos despejos brutos coletados com relação aos parâmetros pH, Cor ADMI, DQO e COD. As Figuras 5.1 a 5.4 mostram os valores desses parâmetros (pH, Cor ADMI, DQO e COD), no despejo bruto, respectivamente.

Os valores encontrados nos parâmetros, pH, Cor ADMI, DQO e COD, foram bastante variáveis entre as coletas efetuadas; por serem os processos de beneficiamento têxtil realizados

em bateladas é muito difícil considerar uma correlação destes diferentes parâmetros, dificultando o tratamento.

Tabela 5.1 Resultados da Caracterização das Coletas de EB

Coleta Data Quant. pH Cor ADMI DQO Carbono Dissolv.(mg/L)

No	Coleta	L	media	media	Abs	mg/l	CTD	CID	COD
1	5/9/01	400	11,0	740	0,940	2436	503,0	98,0	405,0
2	5/10/01	300	6,3	910	1,060	2753	502,0	99,9	402,1
3	15/10/01	300	7,5	870	0,950	2463	499,0	10,1	488,9
4	29/10/01	500	7,1	810	0,705	1815	202,1	16,41	185,7
5	22/11/01	400	9,9	1075	0,820	2119	516,1	54,4	461,7
6	3/12/01	400	7,4	2640	0,75	1934	453,8	28,2	425,6
7	20/12/01	400	10,4	630	0,71	1828	609,0	99,1	509,9
8	16/1/02	400	6,7	1480	1,00	2595	457,3	8,5	448,8
9	1/2/02	400	9,5	1100	0,96	2489	413,8	60,5	405,0
10	27/2/02	400	12,2	910	0,620	1590	493,6	31,6	462,0
11	22/3/02	400	7,6	1085	0,650	1670	443,8	26,3	417,5
12	8/4/02	400	6,2	810	0,930	2410	714,8	68,7	646,1
13	22/4/02	400	9,5	1020	0,750	1934	493,2	48,3	405,0
14	7/5/02	400	6,5	1095	0,590	1511	435,4	21,5	405,0
15	27/5/02	400	10,3	480	0,310	771	425,6	26,3	399,3
16	14/6/02	400	6,3	325	0,195	467	325,4	31,0	294,4
17	3/7/02	400	6,5	2560	0,680	1749	675,4	43,8	631,6
18	24/7/02	400	7,6	2250	0,602	1543	506,7	55,3	461,7

V. Máx			12,2	2640		2753			646,1
V. Mín			6,2	325		467			185,7
Media		pH [6,3/ 12,2]		1155		1893			436,4
Desv.P a.				666		607			103,6

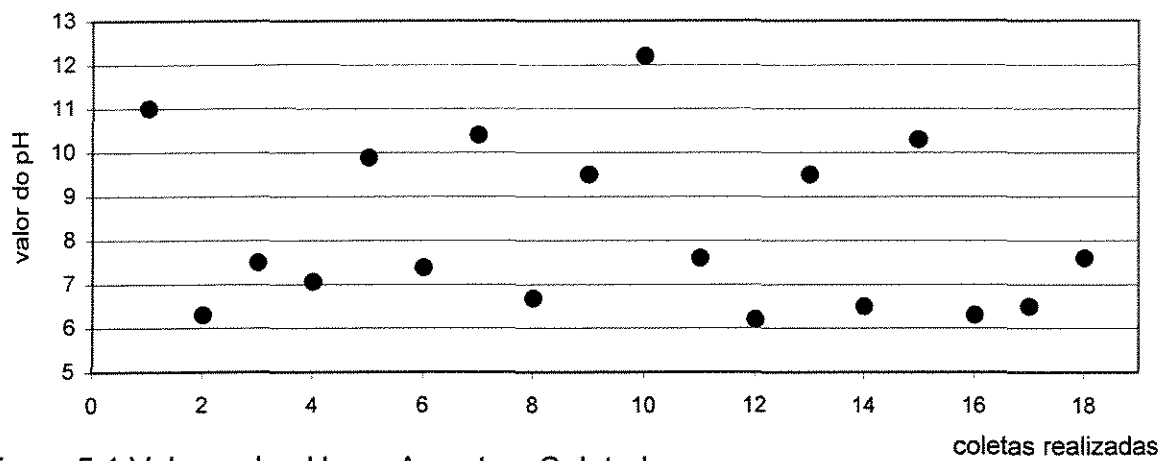


Figura 5.1 Valores de pH nas Amostras Coletadas

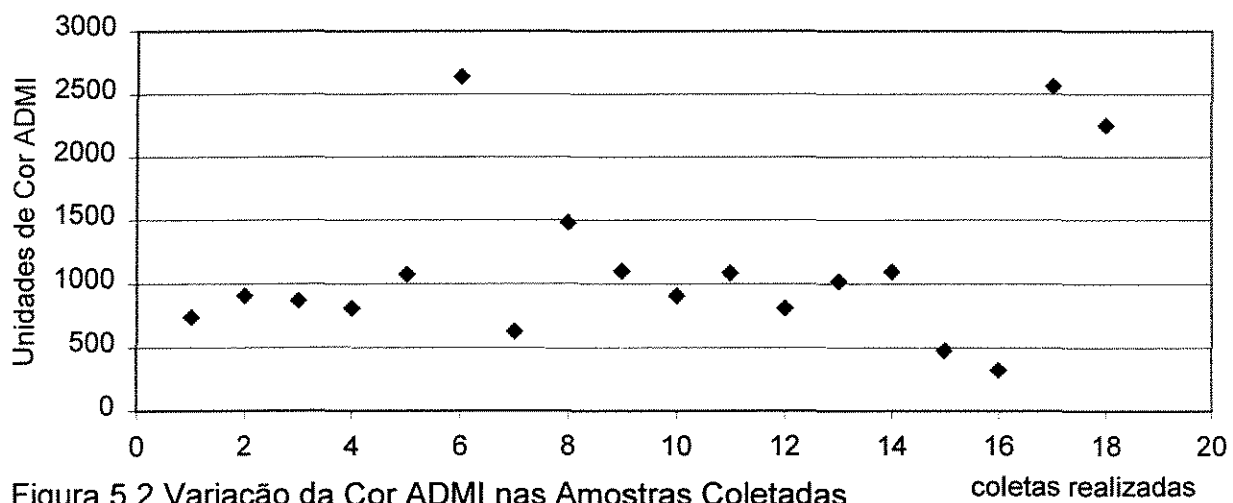


Figura 5.2 Variação da Cor ADMI nas Amostras Coletadas

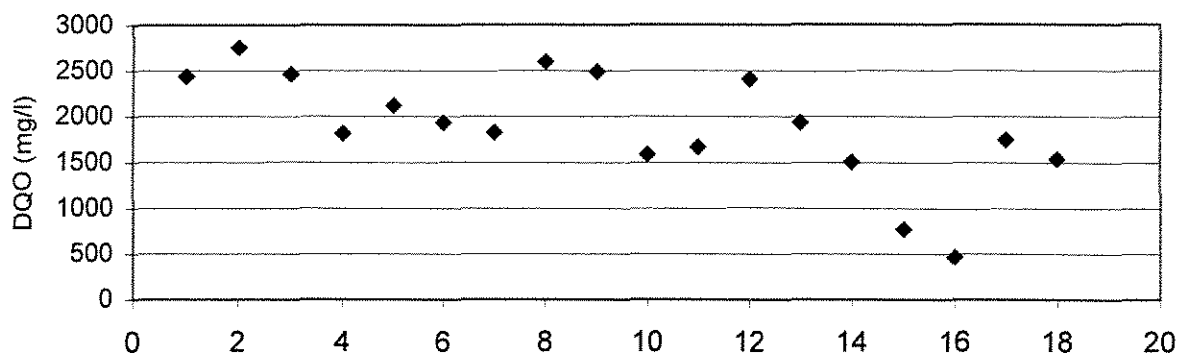


Figura 5.3 Variação de DQO nas Amostras Coletadas coletas realizadas

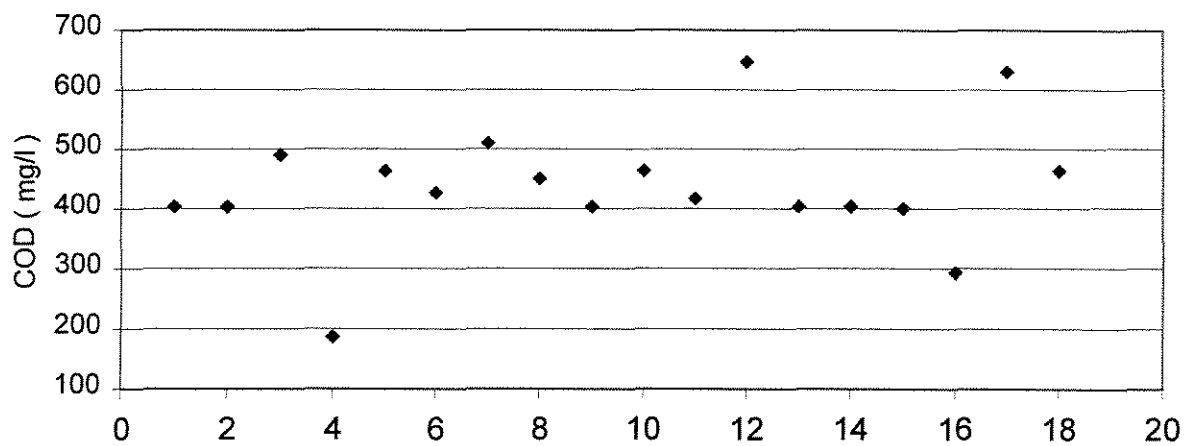


Figura 5.4 Variação de COD nas Amostras Coletadas coletas realizadas

Os valores de correlação dos resultados dos testes nos parâmetros para EB, que foram encontrados, são inferiores a 0,9 para o R^2 , e portanto não foram considerados.

Os valores referenciados para o despejo da indústria têxtil, na bibliografia, também se encontram nesta faixa de variabilidade.

Os resultados quanto a Séries de Sólidos para as coletas de EB são mostradas na Tabela 5.2

Na Figura 5.5 são mostrados comparativamente os valores dos sólidos (ST, STF, STV, SST e SDT) para as 18 coletas.

Os valores do parâmetro de Cor ADMI no efluente estudado variou de 325 mínimo ate 2640 Unidades ADMI máximo, com uma média de 1155 Unidades ADMI.

Comparado com alguns efluentes brutos da industria têxtil, o despejo apresenta um valor de Cor alta. PÔRTO (2002), trabalhou com efluentes de Cor ADMI com média inferior a 200 Unidades ADMI, mas na fase final de seu trabalho resultou uma Cor média de 2.224 Unidades ADMI. Segundo KAO *et al.* (2001) *apud* PÔRTO (2002) de dez indústrias avaliadas, nos valores de Cor ADMI, duas resultaram com valores inferiores a 400 Unidades ADMI, três com valores entre 400 e 1000 Unidades ADMI e cinco delas com valores superiores a 1000 Unidades ADMI.

Igualmente, os valores de COD para o despejo tratado apresentou valores elevados com uma média de 4364 mg/L., comparado com os valores de PÔRTO (2002) em média de 117 mg/L.

Os valores de DQO, em média, foram de 1893 mg de O_2/l , considerados altos comparados com os dados da bibliografia.

Tabela 5.2 Série de Sólidos do Efluente Bruto nas Coletas

Coleta	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
1	2660	1977	683	269	215	54	2391	1762	629
2	2520	1569	951	280	224	56	2240	1345	895
3	2300	1405	895	206	165	41	2094	1240	854
4	2366	1240	1126	269	217	52	2097	1023	1074
5	1700	1444	256	252	204	48	1448	1240	208
6	4600	3662	938	263	222	41	4337	3440	897
7	4000	3195	805	250	210	40	3750	2985	765
8	2900	2233	667	264	226	38	2636	2007	629
9	3610	2546	1064	286	245	41	3324	2301	1023
10	2700	1814	886	304	250	54	2396	1564	832
11	3400	2370	1030	296	234	62	3104	2136	968
12	2570	2054	516	230	188	42	2340	1866	474
13	2803	1944	859	247	199	48	2556	1745	811
14	2540	1462	1078	267	226	41	2273	1236	1037
15	3043	2484	559	288	235	53	2755	2249	506
16	2645	2203	442	254	214	40	2391	1989	402
17	2890	1936	954	299	251	48	2591	1685	906
18	2680	1934	746	251	213	38	2429	1721	708

V. Máx	4600	3662	1126	304	251	62	4337	3440	1074
V. Mín	1700	1240	256	206	165	38	1448	1023	208
Media	2885	2082	803	265	219	47	2620	1863	757
Desv.Pa.	667	623	241	25	22	7	661	619	240

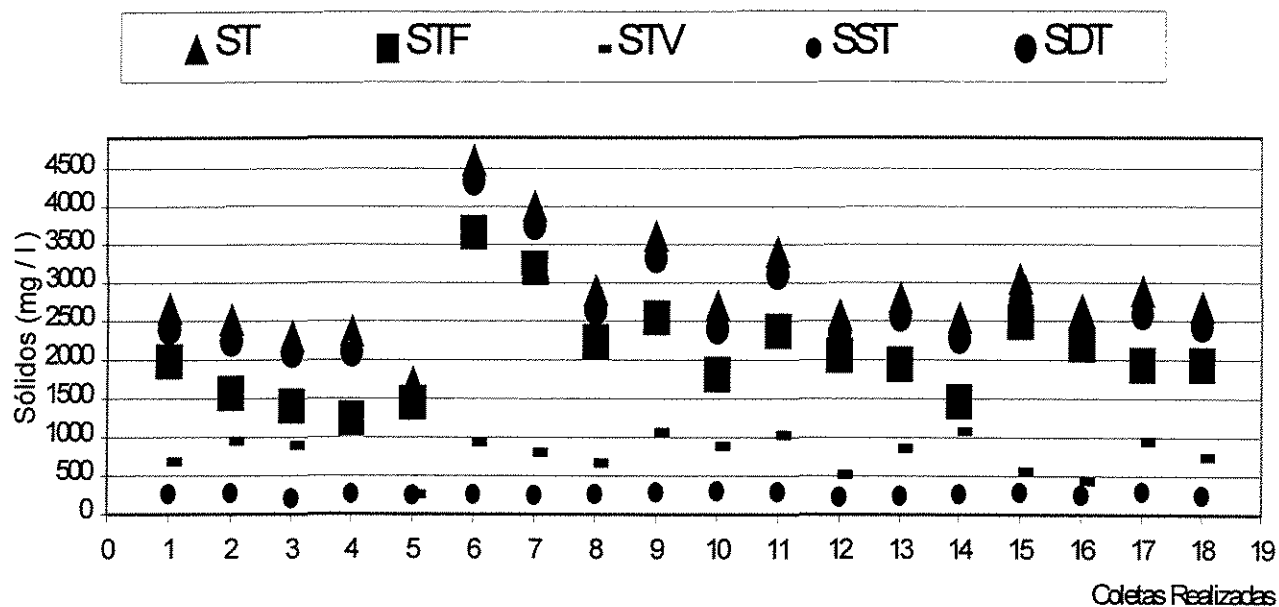


Figura 5.5 Série de Sólidos do EB nas Amostras Coletadas

5.2 FASES DO TRATAMENTO DE EFLUENTES

5.2.1 REATOR “R40 SemCAP”

O reator operou de forma contínua de setembro de 2001 até final de janeiro de 2002. No primeiro mês ele foi inoculado (início de operações) e no segundo mês esperou-se até alcançar certo equilíbrio para SST da mistura. Nos meses seguintes, além do tratamento de efluentes se coletou o lodo para seu posterior condicionamento e desidratação.

Recolheram-se amostras, quase diariamente, para a determinação dos valores de pH e temperatura do reator e semanalmente para a determinação dos valores de Sólidos Sedimentáveis (SS). A tabela de dados de operação diária do reator está no Anexo A (Dados Operacionais Diários dos Reatores).

Na Figura 5.6 mostram-se os valores de SS (Sólidos Sedimentáveis) e pH do reator (dados obtidos ao final do período de reação).

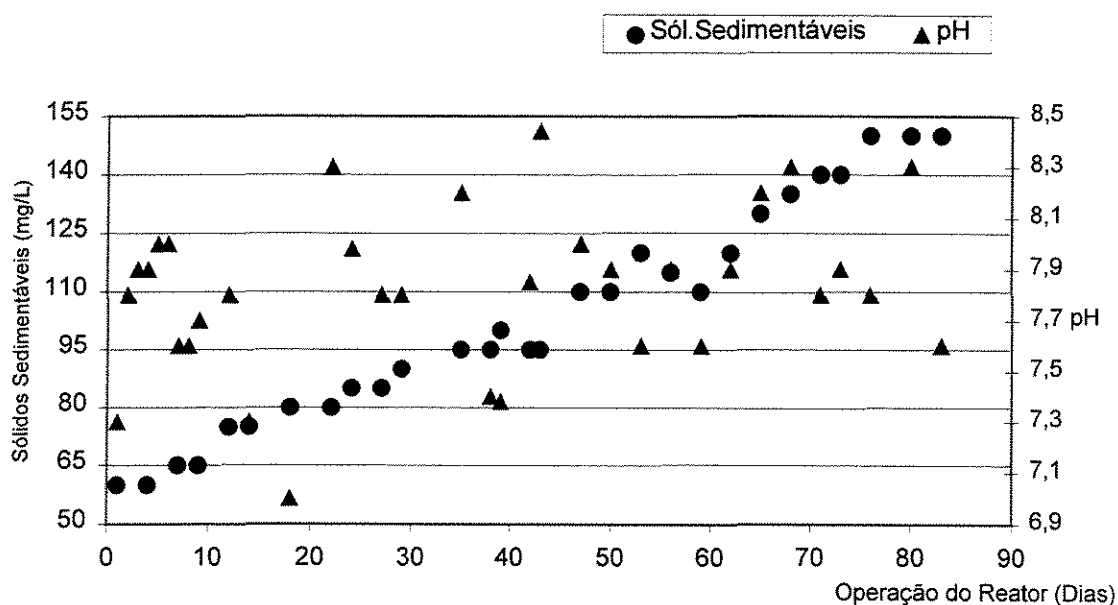


Figura 5.6 Valores de Sólidos Sedimentáveis e pH no Reator "R40SemCAP"

Pode-se observar o crescimento dos Sólidos Sedimentáveis desde o início das operações até uma estabilização quase no final do período onde o reator atinge o valor de equilíbrio de, aproximadamente, 150 mL/L de sólidos sedimentáveis presentes na mistura.

Para a mistura deste reator, na Tabela 5.3, são apresentadas a Série de Sólidos e na Figura 5.7 apresentam-se os diferentes valores de SST.

A estabilização dos valores nos sólidos também se apresenta nos SST da mistura do reator, incrementando-se até o valor próximo a 3000 mg/L.

Os resultados da eficiência do tratamento do despejo bruto, nesta fase do reator “R40SemCAP” são apresentados nas Figuras 5.8 a 5.10 para Cor ADMI, DQO, e COD respectivamente. Os valores da Série de Sólidos para o efluente tratado pelo sistema do reator são apresentados na Tabela 5.4. Na Figura 5.11 apresentam-se os valores de SST para o efluente tratado.

Observa-se na figura que os SST dos efluentes tratados no reator “R40SemCAP” tendem a diminuir até um valor de equilíbrio aproximado de 250 mg/L.

Adicionalmente, pode-se inferir que as quantificações de sólidos não atingidos pela sedimentação incorporam muitas partículas suspensas pouco sedimentáveis e também aquelas que por efeito das bolhas do ar tendem a ficar no sobrenadante no tempo de sedimentação.

Os lodos gerados, neste reator, foram caracterizados com a Série de Sólidos apresentada na Tabela 5.5. Na Figura 5.12 apresentam-se os valores de SST destes lodos. A tendência dos valores de SST em 40,000 mg/L mostra o equilíbrio e estabilização do lodo.

Tabela 5.3 Série de Sólidos da Mistura do Reator
"R40SemCAP"

DATA

Resultados (mg/L)

Amostra	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
5/10/2002	1660	550	1110	1090	10	1080	570	540	30
8/10/2001	2840	1100	1740	1347	267	1080	1493	833	660
19/10/2001	3140	760	2380	2160	240	1920	980	520	460
15/10/2001	2500	980	1520	1040	0	1040	1460	980	480
23/10/2001	3360	1100	2260	2000	200	1800	1360	900	460
29/10/2001	2870	760	2110	1467	67	1400	1403	693	710
31/10/2001	6400	1100	5300	2840	100	2740	3560	1000	2560
5/11/2001	4080	880	3200	2500	200	2300	1580	680	900
6/11/2001	3660	740	2920	2000	100	1900	1660	640	1020
7/11/2001	2930	820	2110	2300	200	2100	630	620	10
12/11/2001	6690	1490	5200	3600	100	3500	3090	1390	1700
14/11/2001	6880	110	6770	3600	100	3500	3280	10	3270
27/11/2001	7200	1933	5267	3600	100	3500	3600	1833	1767
29/11/2001	6000	1733	4267	3000	100	2900	3000	1633	1367
12/12/2001	6333	4600	1733	3300	2300	1000	3033	2300	733
21/12/2001	5600	1600	4000	3300	300	3000	2300	1300	1000
22/12/2001	4800	1200	3600	3800	200	3600	1000	1000	0
8/1/2002	5200	2267	2933	2800	1200	1600	2400	1067	1333
29/1/2002	4420	1380	3040	2800	400	2400	1620	980	640
V. Máx	7200	4600	6770	3800	2300	3600	3600	2300	3270
V. Mín	1660	110	1110	1040	0	1000	570	10	0
Media	4556	1321	3235	2555	325	2229	2001	996	1005
Desv.Pa.	1711	944	1544	890	544	916	996	525	853

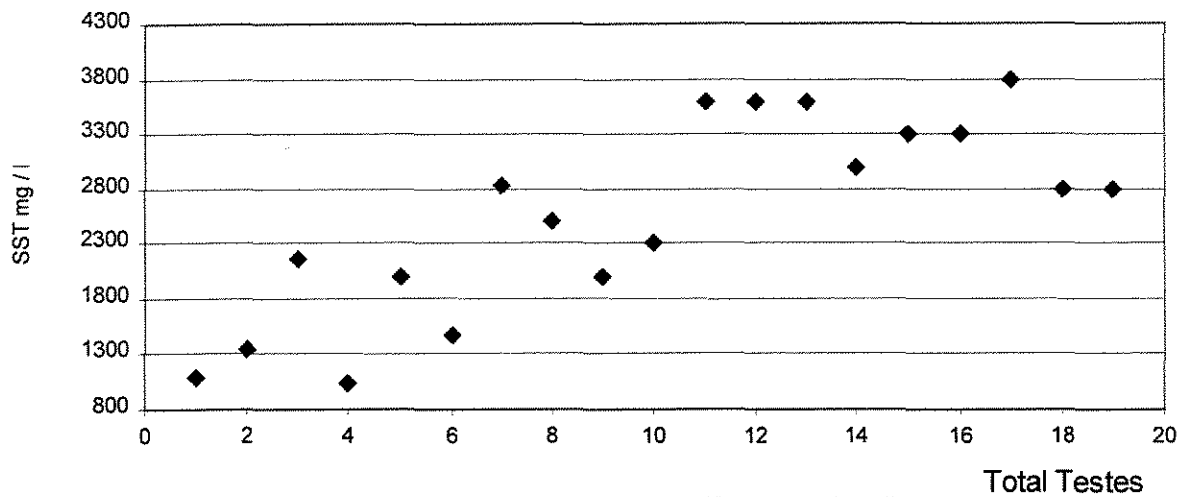


Figura 5.7 Valores SST da Mistura no Reator "R40SemCAP"

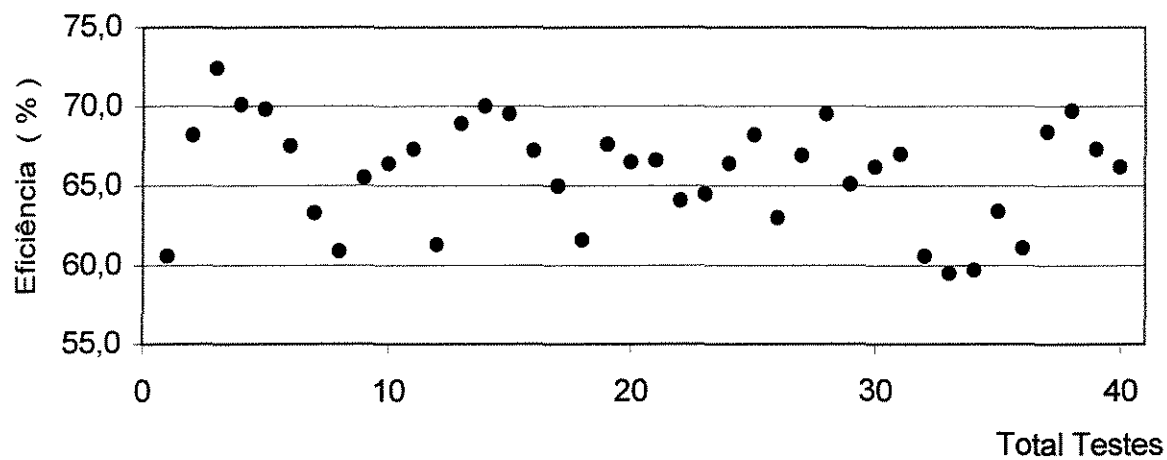


Figura 5.8 Eficiência de Remoção de Cor ADMI no Reator "R40SemCAP"

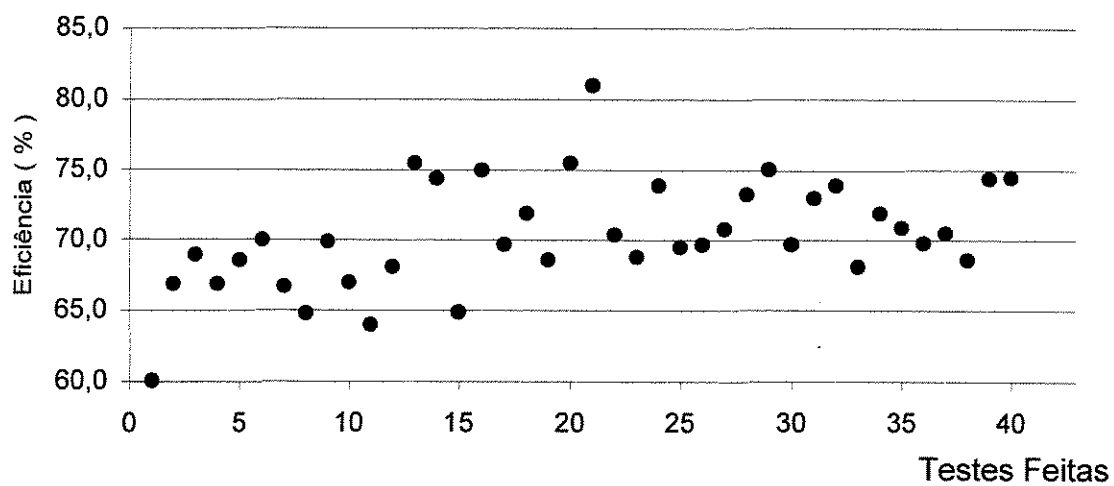
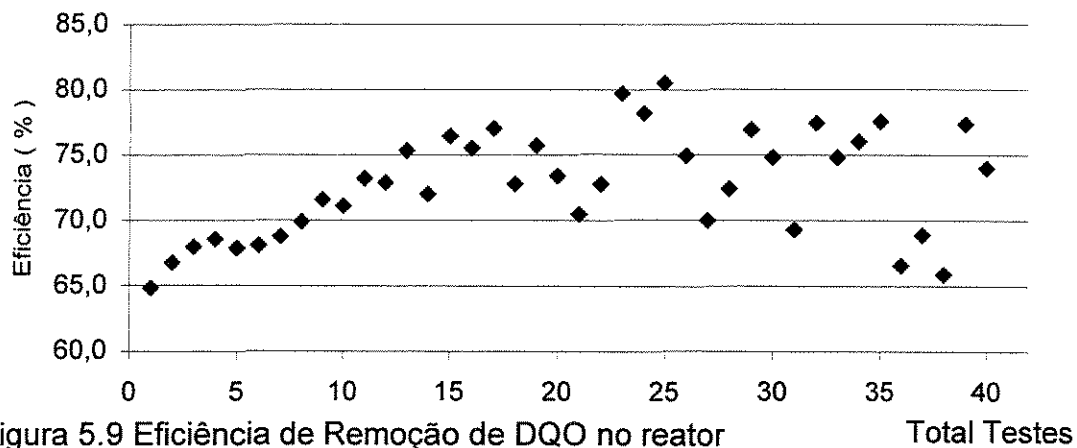


Tabela 5.4 Série de Sólidos para Efluente Tratado no Reator "R40SemCAP"

DATA	RESULTADOS (mg/L)								
	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
5/10/2001	2272	1280	992	673	133	540	1599	1147	452
27/11/2001	2600	2000	600	240	80	160	2360	1920	440
29/11/2001	1867	1400	467	200	80	120	1667	1320	347
12/12/2001	2267	1533	733	500	50	450	1767	1483	283
21/12/2001	1500	1100	400	200	50	150	1300	1050	250
22/12/2001	2267	1467	800	500	50	450	1767	1417	350
7/1/2002	2031	1109	922	350	50	300	1681	1246	435
15/1/2002	1756	956	800	250	50	200	1506	1048	458
21/1/2002	1834	948	886	240	50	190	1594	987	607
25/1/2002	1657	894	763	245	50	195	1412	1102	310
29/1/2002	1563	869	694	238	50	188	1325	994	331
V. Máx	2600	2000	992	673	133	540	2360	1920	607
V. Mín	1500	869	400	200	50	120	1300	987	250
Media	1965	1232	732	331	63	268	1634	1247	388
Desv.Pa.	350	347	184	158	26	145	290	280	102

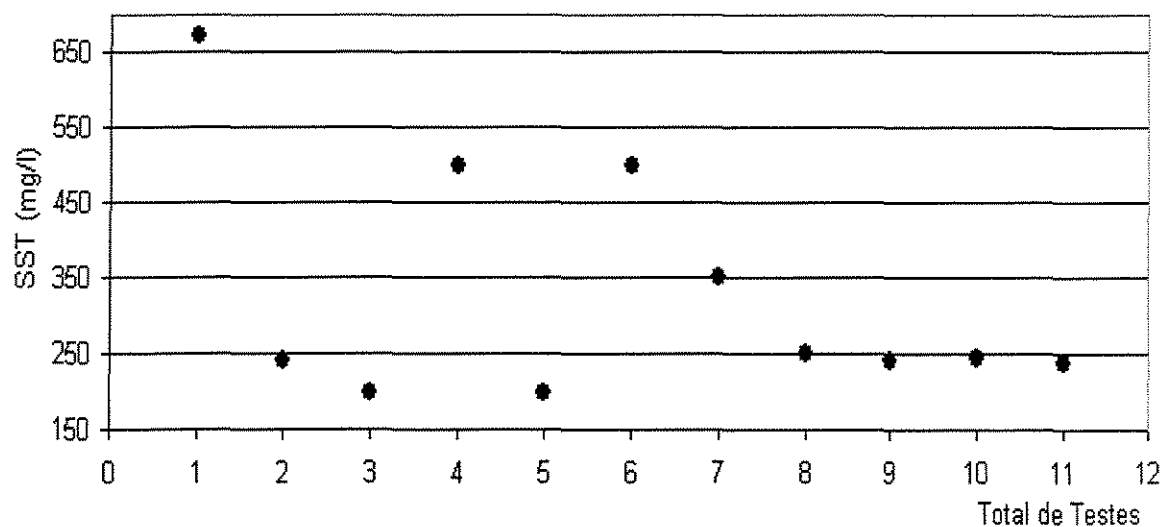


Figura 5.11 SST do Efluente Tratado no Reator "R40SemCAP"

Tabela 5.5 Série de Sólidos do Lodo no Reator
"R40SemCAP"

(mg/L)

Data	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
14/11/2001	36540	3700	32840	27467	2733	24733	9073	967	8107
27/11/2001	39320	3560	35760	23440	1960	21480	15880	1600	14280
29/11/2001	40840	4480	36360	24100	4000	20100	16740	480	16260
9/12/2001	42700	7800	34900	35800	1000	34800	6900	6800	100
12/12/2001	43500	6800	36700	35000	600	34400	8500	6200	2300
20/12/2001	47800	6600	41200	34400	6200	28200	13400	400	13000
21/12/2001	49400	6600	42800	41800	6000	35800	7600	600	7000
3/1/2002	49200	6000	43200	40700	3600	37100	8500	2400	6100
9/1/2002	43900	4000	39900	42800	3400	39400	1100	600	500
16/1/2002	45000	4300	40700	42600	2500	40100	2400	1800	600
V. Máx	49400	7800	43200	42800	6200	40100	16740	6800	16260
V. Mín	36540	3560	32840	23440	600	20100	1100	400	100
Media	43820	5384	38436	34811	3199	31611	9009	2185	6825
Desv.Pa.	4227	1537	3574	7507	1872	7397	5158	2370	6050

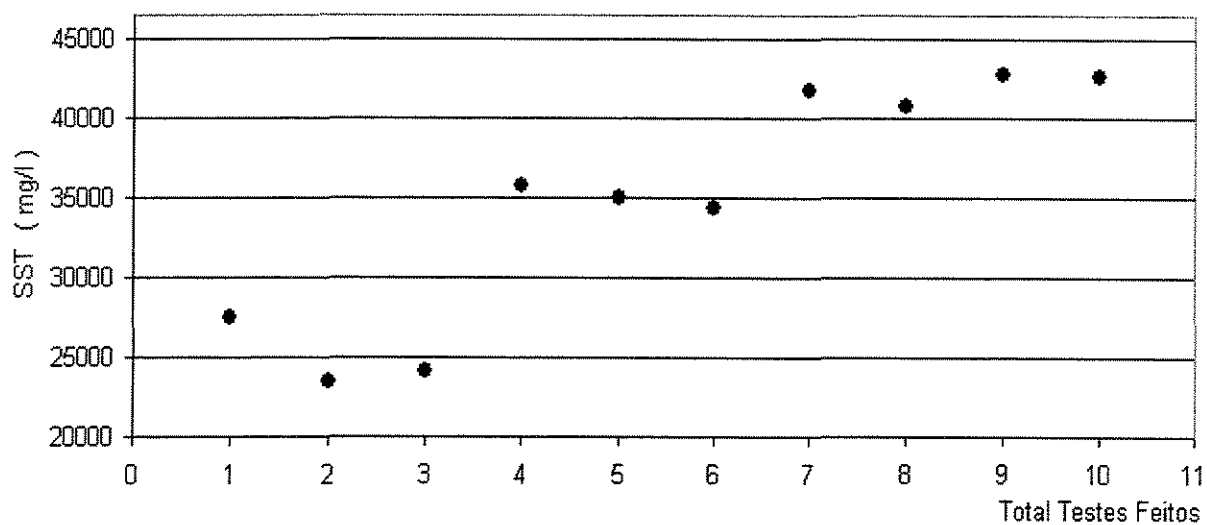


Figura 5.12 SST de Lodo no Reator "R40SemCAP"

5.2.2 REATOR “R10SemCAP”

O reator sem carvão “R10SemCAP” (controle) foi operado de forma contínua da segunda semana de fevereiro até o início de agosto de 2002. Nas primeiras duas semanas de fevereiro o reator foi inoculado (início de operações) junto com o reator “R40 Com CAP”. Após a segunda semana desse mês iniciou-se, além do tratamento de efluente têxtil, a coleta de lodo para o condicionamento e desidratação.

Foram determinados os valores de pH, temperatura e SS; no Anexo A são apresentados os dados respectivos.

Na Figura 5.13 são mostrados os valores de Sólidos Sedimentáveis e pH do reator obtidos ao final do período diário de reação.

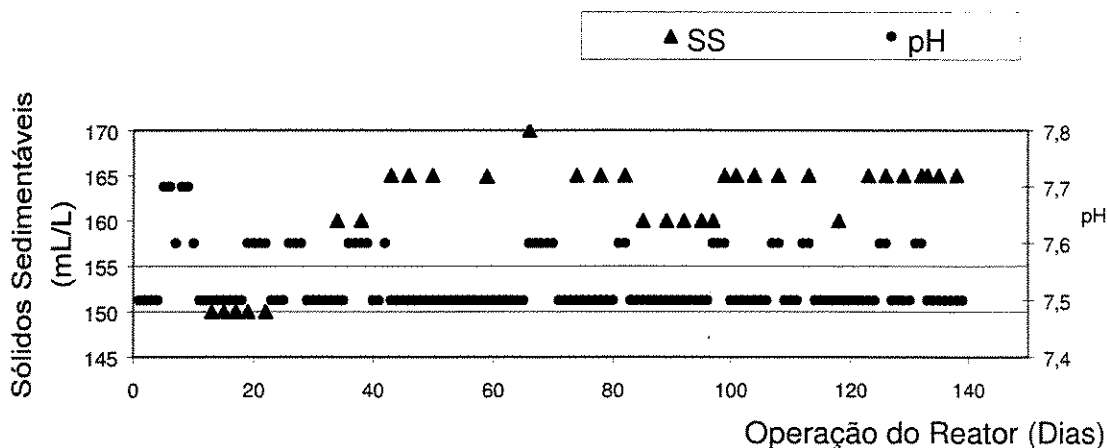


Figura 5.13 Valores de Sólidos Sedimentáveis e pH no Reator “R10SemCAP”

O crescimento dos valores de Sólidos Sedimentáveis na mistura se estabilizou em 165 mL/L no período final.

Na Tabela 5.6 mostra-se, para a mistura do reator “R10 SemCAP”, a Série de Sólidos; a Figura 5.14 apresenta os resultados dos testes de SST desta mistura no período de operação do reator. No Anexo A são apresentados os dados diários do reator.

Os valores de SST na mistura foram aumentando proporcionalmente até 3000 mg/ L.

A eficiência do tratamento no reator “R10 SemCAP” é apresentada nas Figuras 5.15 a 5.17, para os parâmetros de Cor ADMI, DQO, e COD respectivamente.

Para efluente tratado neste reator, na Tabela 5.7 apresenta-se a Série de Sólidos e na Figura 5.18 os valores de SST.

Para os lodos gerados, na Tabela 5.8 apresentam-se os valores da Série de Sólidos e na Figura 5.19 mostram-se os valores de SST.

A quantidade de SST nos lodos gerados no reator “R10SemCAP” atingiu um valor de equilíbrio próximo de 17.000 mg/L .

Tabela 5.6 Sólido de Sólidos da Mistura do Reator "R10SemCAP"

	RESULTADOS			(mg/L)					
DATA	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
26/2/2002	3700	1300	2400	2800	800	1800	1100	500	600
26/2/2002	4100	1400	2700	2900	900	2000	1200	500	700
6/3/2002	4300	1600	2700	2700	900	1800	1600	500	1100
13/3/2002	3800	1300	2500	2600	800	1800	1300	400	900
16/3/2002	4500	1500	3000	2700	1000	1700	1900	600	1100
1/4/2002	4800	1400	3400	2900	800	2100	2000	700	1300
12/4/2002	5200	1600	3600	2700	900	1800	2300	1000	1500
23/4/2002	4800	1600	3200	2900	700	1900	2300	900	1400
3/5/2002	4900	1300	3600	2800	800	2000	2100	800	1300
11/5/2002	4700	1400	3300	2900	800	2100	1800	800	1200
22/5/2002	4800	1300	3500	2700	600	2100	1900	600	1300
30/5/2002	4900	1300	3600	2900	700	2200	2000	600	1500
6/6/2002	5200	1600	3600	3100	900	2200	2100	600	1500
12/6/2002	5300	1400	3900	2900	1500	1800	2400	800	1600
20/6/2002	5100	1500	3600	2800	800	1900	2500	1000	1500
27/6/2002	5200	1300	3900	2800	600	2300	2400	1000	1400
8/7/2002	5300	1600	3700	2800	900	1900	2500	1100	1400
13/7/2002	5000	1600	3400	2600	700	1900	2400	800	1600
23/7/2002	5100	1400	3700	2700	800	1900	2400	600	1500
30/7/2002	4900	1500	3400	2900	900	2000	2000	700	1500
7/8/2002	4500	1700	2800	2800	900	2000	1800	600	900
14/8/2002	7200	1900	5300	3400	400	3000	3900	1500	2300
5/9/2002	5500	1500	4000	2500	600	1900	3400	1000	2400
V. Max	7200	1900	5300	3400	1000	3000	3900	1500	2400
V. Min	3700	1300	2400	2500	400	1700	1100	400	600
Media	4806	1468	3400	275*	787	2064	2135	783	1352
Desv. Pa	700	164	620	198	152	265	623	263	421

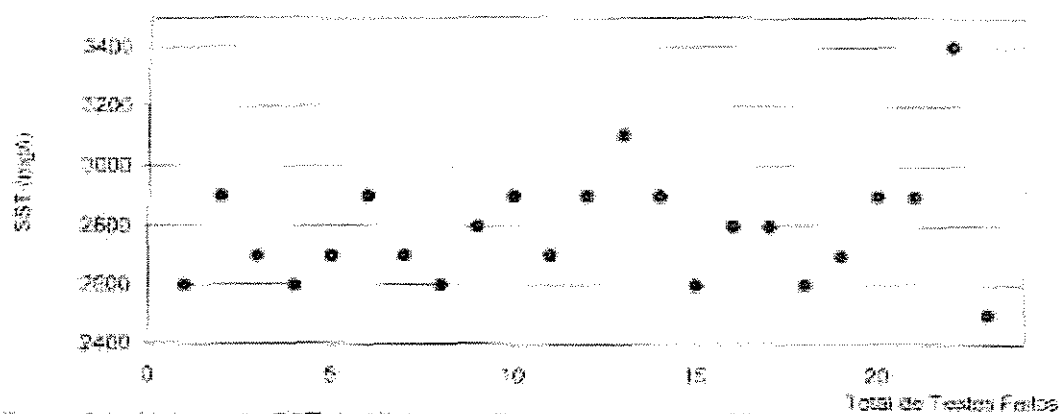


Figura 5.14 Valores de SST da Mistura no Reator "R10SemCAP"

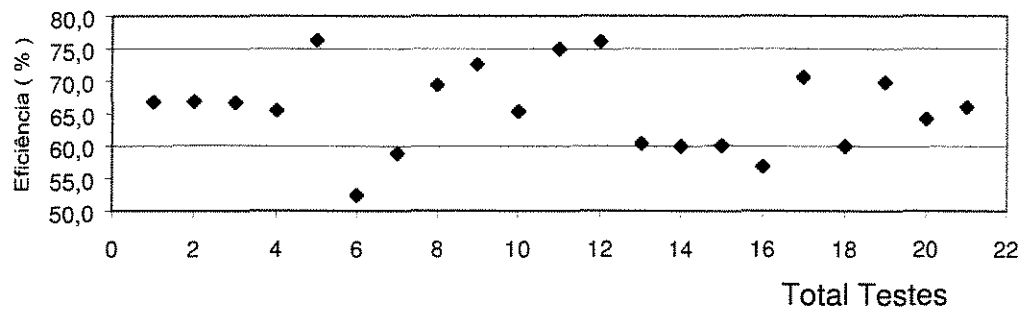


Figura 5.15 Eficiência de Remoção de Cor ADMI no Reator "R10SemCAP"

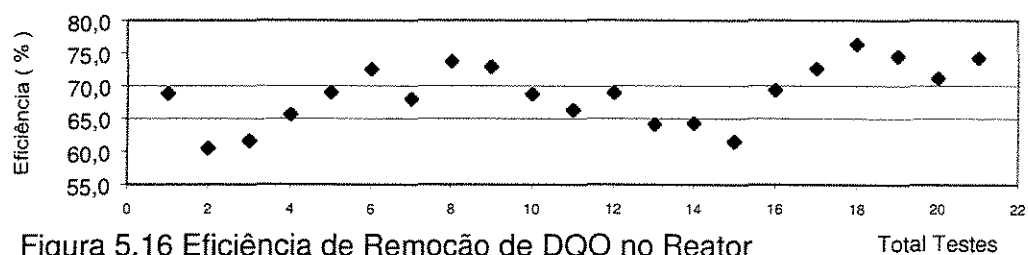


Figura 5.16 Eficiência de Remoção de DQO no Reator "R10SemCAP"

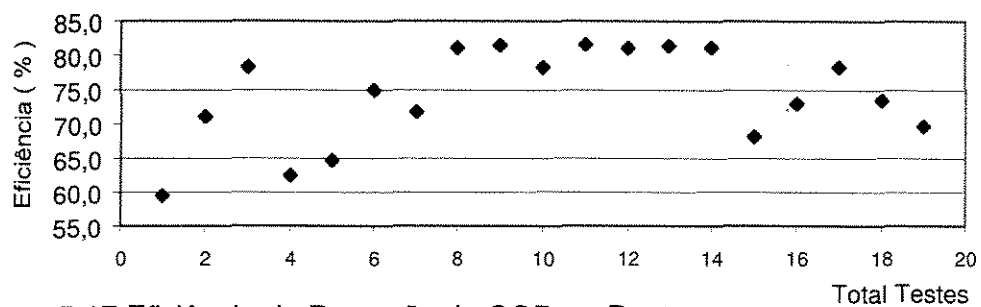


Figura 5.17 Eficiência de Remoção de COD no Reator "R10SemCAP"

Tabela 5. 7 Série de Sólidos de Efluente Tratado pelo Reator "R10SemCAP"

RESULTADOS (mg/L)									
Data	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
21/2/2002	950	539	411	601	226	375	349	313	36
1/3/2002	980	624	356	408	86	322	572	538	34
8/3/2002	1359	1002	357	464	129	335	895	873	22
15/3/2002	1483	951	532	358	79	279	1125	872	253
5/4/2002	1539	875	664	541	67	474	998	808	190
12/4/2002	1475	957	518	398	62	336	1077	895	182
19/4/2002	1630	1058	572	601	94	507	1029	964	65
26/4/2002	1857	1245	612	694	113	581	1163	1132	31
3/5/2002	1471	784	687	674	107	567	797	677	120
10/5/2002	1684	958	726	805	158	647	879	800	79
17/5/2002	1694	864	830	731	75	656	963	789	174
24/5/2002	1547	697	850	253	169	84	1294	528	766
31/5/2002	1675	648	1027	512	226	286	1163	422	741
7/6/2002	1250	786	464	333	86	247	917	700	217
14/6/2002	1688	958	730	674	129	545	1014	829	185
21/6/2002	1750	923	827	326	79	247	1424	844	580
28/6/2002	1356	748	608	254	67	187	1102	681	421
5/7/2002	1453	856	597	198	62	136	1255	794	461
11/7/2002	1430	969	461	256	94	162	1174	875	299
12/7/2002	1600	978	622	501	113	388	1099	865	234
19/7/2002	1345	841	504	329	107	222	1016	734	282
25/7/2002	1874	1028	846	456	158	298	1418	870	548
26/7/2002	1230	764	466	286	75	211	944	689	255
V. Máx	1874	1245	1027	805	226	656	1424	1132	766
V. Mín	950	539	356	198	62	84	349	313	22
Media	1492	872	620	463	111	352	1029	761	268
Desv.Pa.	241	160	175	176	48	167	243	181	220

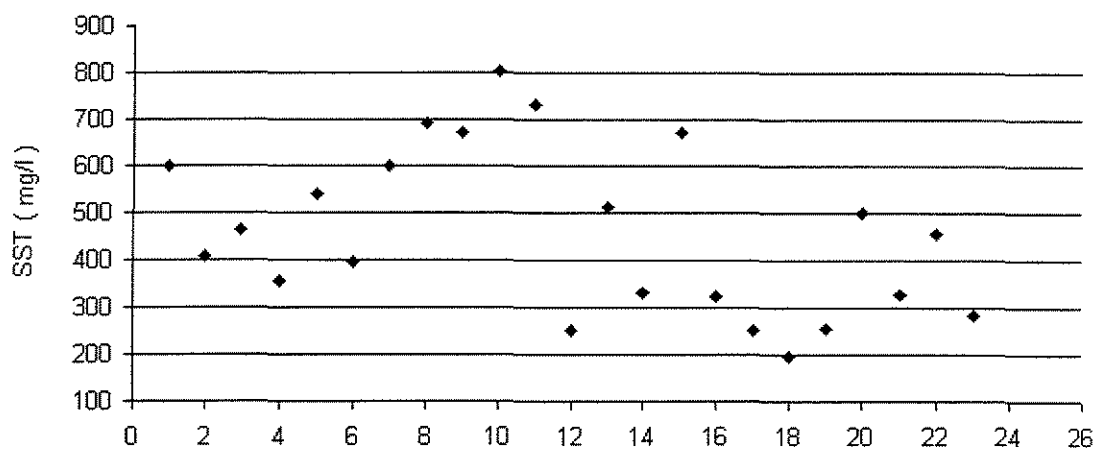


Figura 5.18 SST do Efluente Tratado no Reator "R10SemCAP" Total Testes Feitos

Tabela 5.8 Série de Sólidos de Lodo Gerado no Reator "R10SemCAP"

Data	RESULTADOS (mg/L)								
	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
21/2/2002	16100	2100	13900	15100	1400	13700	1000	700	200
1/3/2002	18300	1800	16500	16800	1200	15600	1500	600	900
8/3/2002	19500	2200	17300	17400	1500	15900	2100	700	1400
15/3/2002	21000	2100	18900	18300	1400	16900	2700	700	2000
5/4/2002	16900	1700	15200	15400	1200	14200	1500	500	1000
12/4/2002	18200	1600	16600	16900	1200	15700	1300	400	900
19/4/2002	18100	1700	16400	16000	1400	14600	2100	300	1800
26/4/2002	19100	1800	17300	16900	1500	15400	2200	300	1900
3/5/2002	18200	1900	16300	16700	1400	15300	1500	500	1000
10/5/2002	19600	1900	17700	18000	1500	16500	1600	400	1200
17/5/2002	18800	1800	17000	17300	1400	15900	1500	400	1100
24/5/2002	18300	2100	16200	16500	1400	15100	1800	700	1100
31/5/2002	17300	1700	15600	15200	1500	13700	2100	200	1900
7/6/2002	18500	1800	16700	17500	1600	15900	1000	200	800
14/6/2002	19900	1900	18000	18500	1400	17100	1400	500	900
21/6/2002	17100	1700	15400	15300	1200	14100	1800	500	1300
28/6/2002	17000	1900	15100	15200	1500	13700	1800	400	1400
5/7/2002	20900	1900	19000	19100	1600	17500	1800	300	1500
11/7/2002	19800	2100	17700	18500	1400	17100	1300	700	600
12/7/2002	17300	1800	15500	15800	1500	14300	1500	300	1200
19/7/2002	17800	1700	16100	16900	1200	15700	900	500	400
25/7/2002	16700	1600	15100	14800	1200	13600	1900	400	1500
26/7/2002	17800	2100	15700	16200	1400	14800	1600	700	900
V. Máx	21000	2200	19000	19100	1600	17500	2700	700	2000
V. Mín	16100	1600	13900	14800	1200	13600	900	200	200
Media	18357	1865	16487	16709	1391	15317	1648	474	1170
Desv.Pa.	1312	177	1262	1243	131	1203	426	168	469

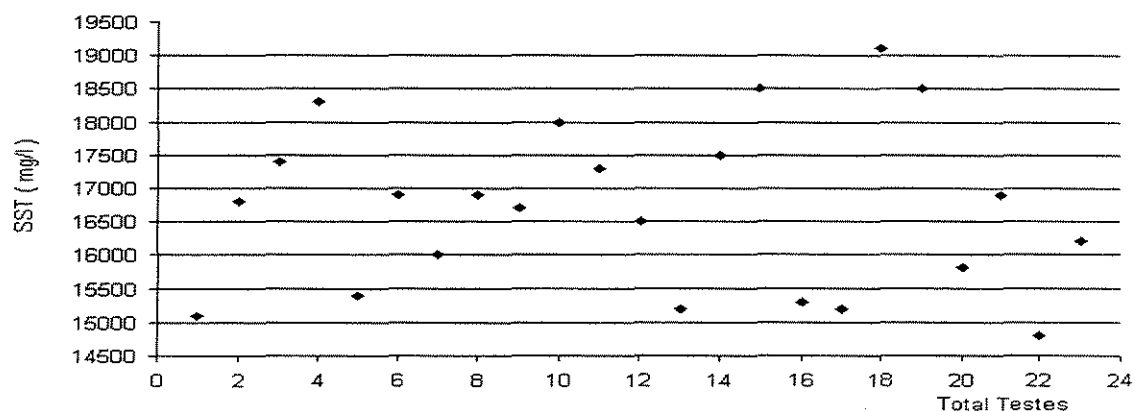


Figura 5.19 SST do Lodo Gerado no Reator "R10SemCAP"

5.2.3 REATOR “R40ComCAP”

O reator de 40 litros, nesta segunda fase da experimentação, foi operado de forma contínua da segunda semana de fevereiro até o início de agosto de 2002. No primeiro mês, o reator operou sem a introdução de carvão, para facilitar a coleta de lodo gerado sem CAP e alcançar o equilíbrio cinético.

Após o primeiro mês de operação deu-se início a introdução gradativa de carvão (segundo metodologia descrita); esperou-se duas semanas para o equilíbrio cinético e posteriormente iniciou-se, além das operações de tratamento de efluente, a coleta deste lodo com carvão.

Os dados diários de operação de pH, temperatura e SS no reator estão registradas no Anexo A

Na Figura 5.20 mostram-se os valores de Sólidos Sedimentáveis e pH do reator neste período.

O crescimento de Sólidos Sedimentáveis na mistura estabilizou-se num valor próximo a 270 mL/L no período final.

Os valores resultantes da Série de Sólidos da mistura do reator são mostradas na Tabela 5.9 e o comportamento dos resultados de SST, para esta mistura, na Figura 5.21.

Estes valores de SST, no reator com CAP, oscilaram num valor próximo a 6.000 mg/ L.

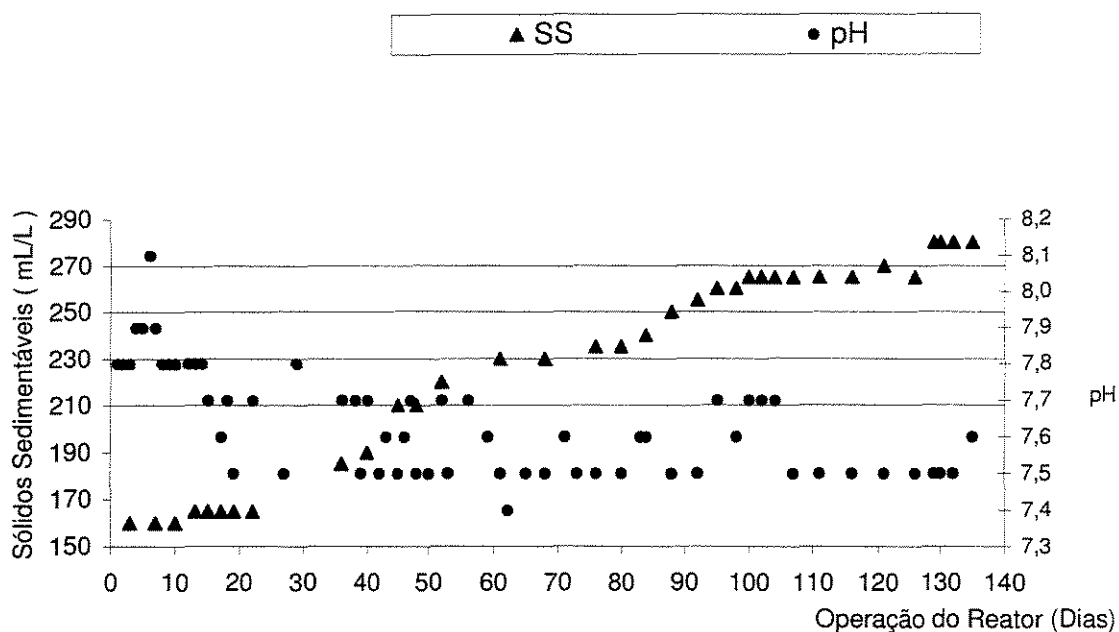


Figura 5.20 Valores de SS e pH no Reator "R40ComCAP"

A eficiência do tratamento no reator foi avaliada e os resultados estão apresentados nas Figuras 5.22 a 5.24, para Cor ADMI, DQO, e COD, respectivamente. As tabelas de dados da operação diária do reator estão no Anexo A.

Para o efluente tratado no reator, a Série de Sólidos está apresentada na Tabela 5.10; o comportamento dos valores de SST deste efluente é mostrado na Figura 5.25.

Para os lodos gerados no reator montou-se a Tabela 5.11 com os valores da Série de Sólidos; na Figura 5.26 mostram-se os SST nestes lodos.

O valor de SST, nos lodos gerados pelo reator, atingiu um valor de equilíbrio próximo a 27.000 mg/L.

Tabela 5.9 Série de Sólidos da Mistura do Reator "R40ComCAP"

DATA	RESULTADOS (mg/L)								
	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
20/2/2002	4100	1400	2700	2800	1100	1700	1300	300	1000
28/2/2002	4200	1600	2600	3100	1100	2000	1100	500	600
6/3/2002	4000	1500	2500	3000	1200	1800	1000	300	700
13/3/2002	4100	1600	2500	2900	1200	1700	1200	400	800
16/3/2002	4300	1700	2600	2800	1400	1400	1500	300	1200

Adição de CAP

1/4/2002	6500	1000	5500	4900	800	4100	1600	200	1400
12/4/2002	6600	990	5610	4900	900	4000	1700	90	1610
23/4/2002	6300	1200	5100	4900	900	4000	1400	300	1100
3/5/2002	6800	1000	5800	5200	800	4400	1600	200	1400
11/5/2002	7000	990	6010	5500	600	4900	1500	390	1110
22/5/2002	7200	1100	6100	5300	700	4600	1900	400	1500
30/5/2002	7300	1200	6100	5400	900	4500	1900	300	1600
8/6/2002	7200	1200	6000	5800	1000	4800	1400	200	1200
12/6/2002	7500	1300	6200	5700	1100	4600	1800	200	1600
20/6/2002	7500	1500	6000	5800	1200	4600	1700	300	1400
27/6/2002	7400	1600	5800	5400	1100	4300	2000	500	1500
8/7/2002	7700	1600	6100	5900	1100	4800	1800	500	1300
13/7/2002	7600	1500	6100	6000	1000	5000	1600	500	1100
23/7/2002	7500	1400	6100	6100	800	5300	1400	600	800
30/7/2002	7700	1400	6300	6000	700	5300	1700	700	1000
7/8/2002	7600	1300	6300	5900	600	5300	1700	700	1000
14/8/2002	7500	1300	6200	5800	900	4900	1700	400	1300
5/9/2002	7600	1400	6200	5900	800	5100	1700	600	1100
V. Máx	7700	1600	6300	6100	1200	5300	2000	700	1610
V. Mín	6300	990	5100	4900	600	4000	1400	90	800
Media	7250	1277	5973	5578	883	4694	1672	393	1279
Desv.Pa.	434	206	310	404	176	426	174	184	239

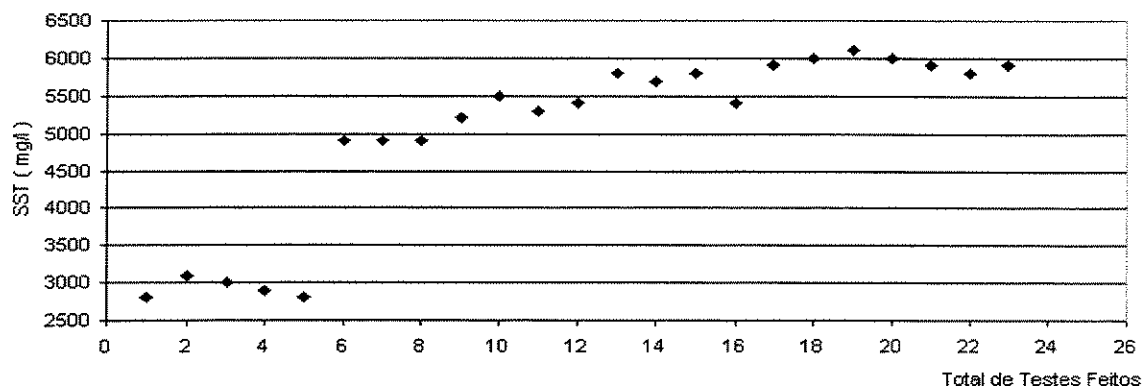


Figura 5.21 Valores de SST da Mistura no Reator "R40ComCAP"

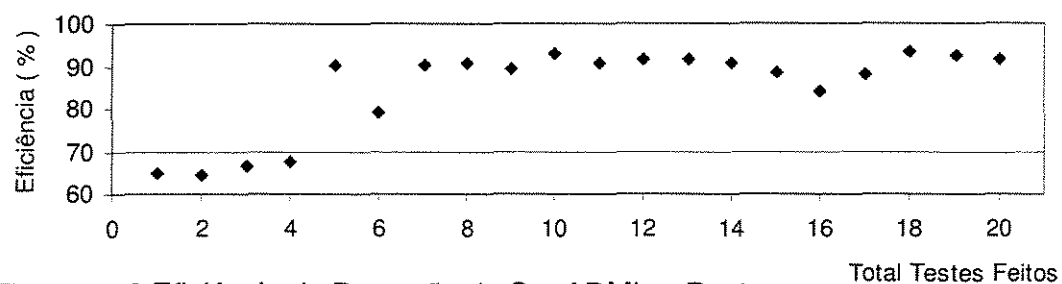


Figura 5.22 Eficiência de Remoção de Cor ADMI no Reator "R40ComCAP"

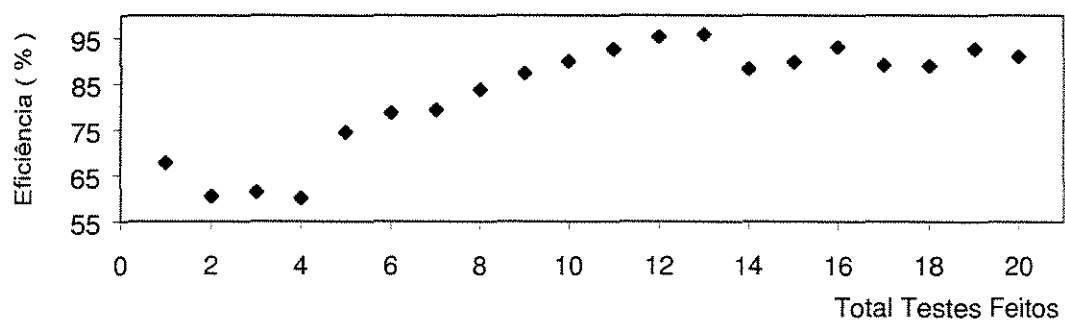


Figura 5.23 Eficiência de Remoção de DQO no Reator "R40ComCAP"

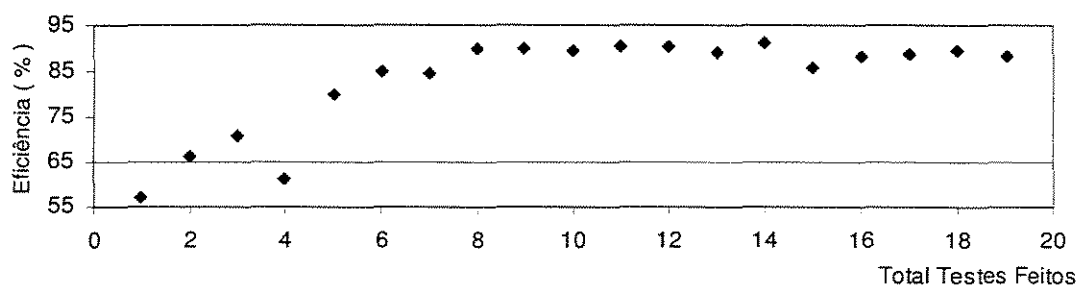


Figura 5.24 Eficiência de Remoção de COD no Reator "R40ComCAP"

Tabela 5.10 Série de Sólidos para Efluente Tratado pelo Reator "R40ComCAP"

RESULTADO S (mg/L)									
Data	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
21/2/2002	1100	511	589	504	359	145	596	152	444
1/3/2002	1250	543	707	398	289	109	852	254	598
8/3/2002	1090	621	469	402	168	234	688	453	235
15/3/2002	1130	398	732	423	148	275	707	250	457

Adição de CAP

5/4/2002	1326	680	646	401	175	226	925	505	420
12/4/2002	1258	745	513	389	158	231	869	587	282
19/4/2002	1247	896	351	347	194	153	900	702	198
26/4/2002	1236	845	391	356	162	194	880	683	197
3/5/2002	1222	745	477	349	172	177	873	573	300
10/5/2002	1298	624	674	394	148	246	904	476	428
17/5/2002	1123	904	219	405	125	280	718	779	0
24/5/2002	1253	963	290	403	146	257	850	817	33
31/5/2002	1456	965	491	456	173	283	1000	792	208
7/6/2002	1489	978	511	325	128	197	1164	850	314
14/6/2002	1587	932	655	394	139	255	1193	793	400
21/6/2002	1689	186	1503	325	143	182	1364	43	1321
28/6/2002	1458	852	606	305	167	138	1153	685	468
5/7/2002	1653	745	908	347	126	221	1306	619	687
11/7/2002	1547	763	784	356	110	246	1191	653	538
12/7/2002	1589	701	888	275	112	163	1314	589	725
19/7/2002	1478	748	730	246	147	99	1232	601	631
25/7/2002	1674	792	882	286	156	130	1388	636	752
26/7/2002	1586	764	822	395	136	259	1191	628	563
V. Máx	1689	978	1503	456	194	283	1388	850	1321
V. Mín	1123	186	219	246	110	99	718	43	0
Media	1430	780	650	355	148	207	1074	632	446
Desv.Pa.	178	177	291	53	23	54	205	177	305

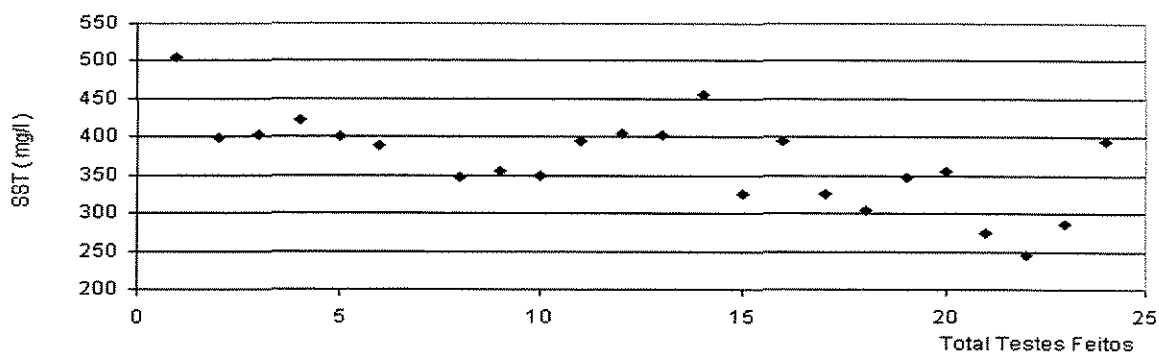


Figura 5.25 Valores de SST do Efluente Tratado no Reator "R40ComCAP"

Tabela 5.11 Série de Sólidos de Lodo Gerado no Reator "R40ComCAP"

RESULTADOS (mg/L)									
Data	ST	STF	STV	SST	SSF	SSV	SDT	SDF	SDV
21/2/2002	18100	2300	15800	16800	1600	15200	1300	700	600
1/3/2002	19200	2000	17200	17400	1700	15700	1800	300	1500
8/3/2002	19100	1900	17200	16500	1700	14800	2600	200	2400
15/3/2002	20100	2100	18000	16900	1700	15200	3200	400	2800
Adição de CAP									
5/4/2002	22100	2300	19800	19700	2200	17500	2400	100	2300
12/4/2002	23400	2400	21000	21200	2300	18900	2200	100	2100
19/4/2002	24500	2600	21900	22300	2400	19900	2200	200	2000
26/4/2002	23900	2800	21100	22500	2600	19900	1400	200	1200
3/5/2002	24800	2700	22100	22800	2600	20200	2000	100	1900
10/5/2002	25600	2600	23000	23900	2500	21400	1700	100	1600
17/5/2002	27100	2900	24200	25000	2700	22300	2100	200	1900
24/5/2002	27400	2800	24600	26000	2600	23400	1400	200	1200
31/5/2002	28200	3200	25000	26400	2500	23900	1800	700	1100
7/6/2002	28100	3500	24600	25800	2900	22900	2300	600	1700
14/6/2002	29100	2800	26300	28600	2400	26200	500	400	100
21/6/2002	28500	2500	26000	27500	2200	25300	1000	300	700
28/6/2002	28600	3100	25500	26000	2400	23600	2600	700	1900
5/7/2002	27400	2900	24500	25900	2300	23600	1500	600	900
11/7/2002	27500	2500	25000	27100	2400	24700	400	100	300
12/7/2002	28100	3100	25000	27200	2600	24600	900	500	400
19/7/2002	28200	3000	25200	27300	2700	24600	900	300	600
25/7/2002	27900	3100	24800	26800	2800	24000	1100	300	800
26/7/2002	28200	3100	25100	26400	2600	23800	1800	500	1300
V. Máx	29100	3500	26300	28600	2900	26200	2600	700	2300
V. Mín	22100	2300	19800	19700	2200	17500	400	100	100
Media	26768	2837	23932	25179	2511	22668	1589	326	1263
Desv.Pa.	2054	309	1868	2425	194	2380	653	213	667

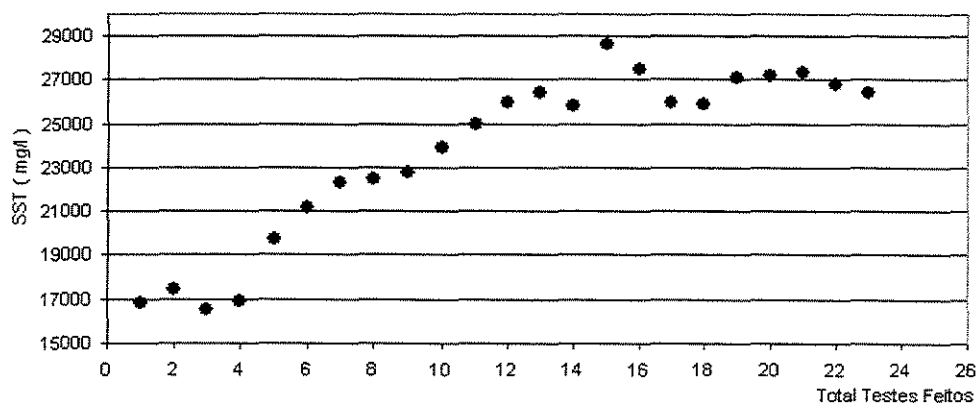


Figura 5.26 SST no Lodo Gerado no Reator "R40ComCAP"

5.2.4 CONSIDERAÇÕES DOS TRATAMENTOS NOS TRÊS REATORES

Conforme as figuras e tabelas apresentadas no item 5.2 de comparação dos resultados obtidos para os diferentes reatores, conclui-se:

OS REATORES

O reator “R40SemCAP” iniciou operação com inóculo (mistura) de outros reatores que tratavam efluente têxtil (sem adição de CAP) e despejo têxtil bruto. Ele operou por um tempo até atingir uma estabilidade operacional.

Além disso, o reator foi o início das operações de bancada dos reatores “R40ComCAP” e “R10SemCAP”, ou seja, seu conteúdo serviu como inóculo destes para a segunda fase da pesquisa.

Resulta importante ressaltar que as comparações, dos resultados dos despejos tratados, devem ser tidas mais em conta entre os reatores com e sem CAP (“R40ComCAP” e “R10SemCAP”), os quais funcionaram concomitantemente e portanto tinham em seu conteúdo diária o mesmo efluente bruto a tratar.

pH

Os valores de pH, nos reatores (“R40ComCAP”, “R10SemCAP” e “R40SemCAP”), após tempo de reação, variaram na faixa de 7,5 até 8,0; sendo que o despejo bruto tinha sido ajustados na faixa de pH entre 7,0 e 8,0.

SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS NA MISTURA DOS REATORES

Os valores de SS, nos reatores “R40ComCAP” e “R10SemCAP” após tempo de reação, ficaram perto de 270 mL/L e 165 mL/L, respectivamente; esta diferença foi baseada na presença de CAP adicionado no reator “R40ComCAP” para manter um valor de 1000 mg/L . Os valores para o reator “R40SemCAP” ficaram perto de 150 mL/L, muito próximo dos valores do reator “R10SemCAP”.

VALOR DE SST NA MISTURA DOS REATORES

Os valores dos SST das misturas nos reatores “R40SemCAP” e “R10SemCAP” ficaram com valores pertos de 3.000 mg/L; para o reator “R40ComCAP”, pela adição de carvão o equilíbrio ficou perto de 6.000 mg/L, ou seja, o dobro da massa.

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE COR ADMI

Para os reatores sem CAP, a eficiência de remoção deste parâmetro ficou na faixa de 60 a 70 %; para o reator com CAP, este parâmetro esteve na faixa de 90 a 95 %. Portanto a adição de CAP incrementou, num valor considerável, a eficiência de remoção de corantes e produtos de baixa degradabilidade.

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DQO

Para a DQO, nos reatores sem CAP a eficiência de remoção foi de 70 a 75 %; para o reator com CAP a remoção ficou em valores na faixa de 85 a 95 %. A adição de CAP, além da remoção de corantes e produtos de baixa degradabilidade, teve que ter permitido que a colônia

bacteriana incrementasse a remoção da matéria orgânica pela não presença destes (corantes e produtos de baixa degradabilidade).

EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE COD

Os resultados na eficiência de remoção de COD foram muito similares aos obtidos para DQO (considerando-se a remoção dos corantes e produtos de baixa degradabilidade feitas pela ajuda da adição de CAP). A eficiência de remoção nos reatores sem CAP ficou na faixa de 65 a 75%; para o reator com CAP a remoção ficou em valores na faixa de 85 a 90 %.

SST DE EFLUENTES TRATADOS

A faixa de valores de SST para efluentes tratados, para os três reatores sem e com CAP, foi entre 250 mg/L e 350 mg/L. Alguns testes de SS feitos, para estes efluentes, indicaram sólidos sedimentáveis inferiores a 1 mL/L.

LODOS GERADOS

Os resultados para SST nos três reatores foram bastante diferentes não somente pela adição de CAP em um deles, como também as métodos e tempos de sedimentação usados segundo o item 4.3.3 do capítulo de Materiais e Métodos.

No sistema de coleta lodos sem CAP apresentaram-se valores de teor de sólidos perto de 4 % para o lodo do reator “R40SemCAP” e 1,7 % para o reator “R10SemCAP”.

5.3 AVALIAÇÃO DO TIPO E DOSAGEM DE CAP

5.3.1 PRIMEIRA FASE

Inicialmente avaliaram-se três tipos de CAP em diferentes dosagens. Os CAPs, descritos no capítulo de Materiais e Método, foram nomeados como:

Tipo A	(PW 1185)
Tipo B	(GRM 405)
Tipo C	(106-90)

Eles foram avaliados no Teste de Jarros para dosagens de: 250, 500, 750, 1000, 1250 e 1500 mg de CAP / litro de despejo.

Na tabela 5.12 apresentam-se os valores da caracterização do EB nesta fase inicial.

Tabela 5.12 Caracterização do Efluente Bruto para Avaliação do Tipo e Dosagem de CAP

DATA	AMOST.	CTD	CID	COD	DQO	COR	pH	T (°C)
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	U. ADMI		
	1	236	13	223	2162	800	7,1	23
	2	221	14	207	2136	790	7,1	23
	3	227	16	211	2110	800	7,2	23
	media			214	2136	797		23

Na tabela 5.13 apresentam-se os valores de eficiência dos três tipos de CAP na adsorção, de 22 horas, em relação aos parâmetros de Cor ADMI, DQO e COD. Nas Figuras de 5.27 a 5.32 apresentam-se as comparações das eficiências dos tratamentos para os três tipos de CAP nos mesmos parâmetros avaliados.

Tabela 5.13 Valores de Eficiência do Tratamento de Três tipos de CAP

após 22 Horas de Adsorção

Carvão Ativado em PóTipo A PW 1185

	Dose	CT	CI	COD	ABS	DQO	COR	Eficiência do tratamento		
Jarro	(mg/l)	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	U.ADMI	COD	DQO	COR
	inicial			213,6		2136	797	%	%	%
1	250	196	17	179	0,750	2030	520	16	5	35
2	500	187	19	168	0,650	1766	450	21	17	44
3	750	159	19	140	0,420	1158	470	34	46	41
4	1000	125	20	105	0,320	894	410	51	58	49
5	1250	119	22	97	0,320	894	410	55	58	49
6	1500	117	22	95	0,310	867	400	56	59	50

Carvão Ativado em PóTipo B GRM405

	Dose	CT	CI	COD	ABS	DQO	COR	eficiência do tratamento		
Jarro	(mg/l)	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	U.ADMI	COD	DQO	COR
	inicial			214		2136	797	%	%	%
1	250	192	21	172	0,770	2083	605	20	2	24
2	500	176	24	153	0,650	1766	560	29	17	30
3	750	138	23	116	0,580	1581	430	46	26	46
4	1000	143	23	121	0,480	1317	460	44	38	42
5	1250	134	23	111	0,430	1185	425	48	45	47
6	1500	142	22	120	0,380	1052	400	44	51	50

Carvão Ativado em PóTipo C 106-90

	Dose	CT	CI	COD	ABS	DQO	COR	eficiência do tratamento		
Jarro	(mg/l)	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	U.ADMI	COD	DQO	COR
	inicial			214		2136	797	%	%	%
1	250	237	21	213	0,650	1766	700	0	17	12
2	500	221	22	199	0,620	1687	680	7	21	15
3	750	217	24	194	0,460	1264	630	9	41	21
4	1000	193	26	167	0,480	1317	600	22	38	25
5	1250	179	29	151	0,430	1185	550	30	45	31
6	1500	170	26	144	0,420	1158	560	32	46	30

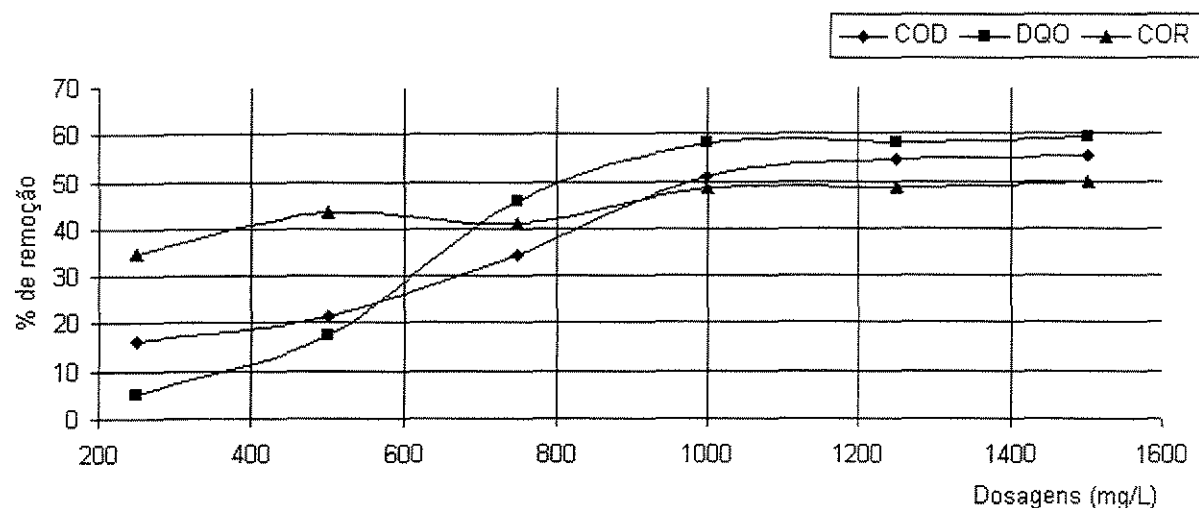


Figura 5.27 Eficiência de Remoção por Adsorção CAP Tipo A

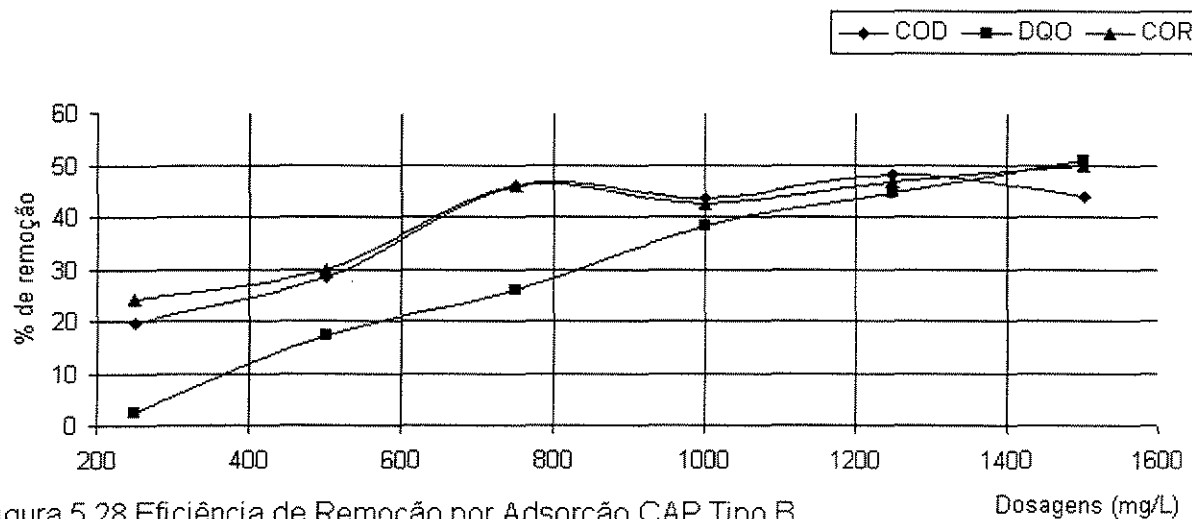


Figura 5.28 Eficiência de Remoção por Adsorção CAP Tipo B

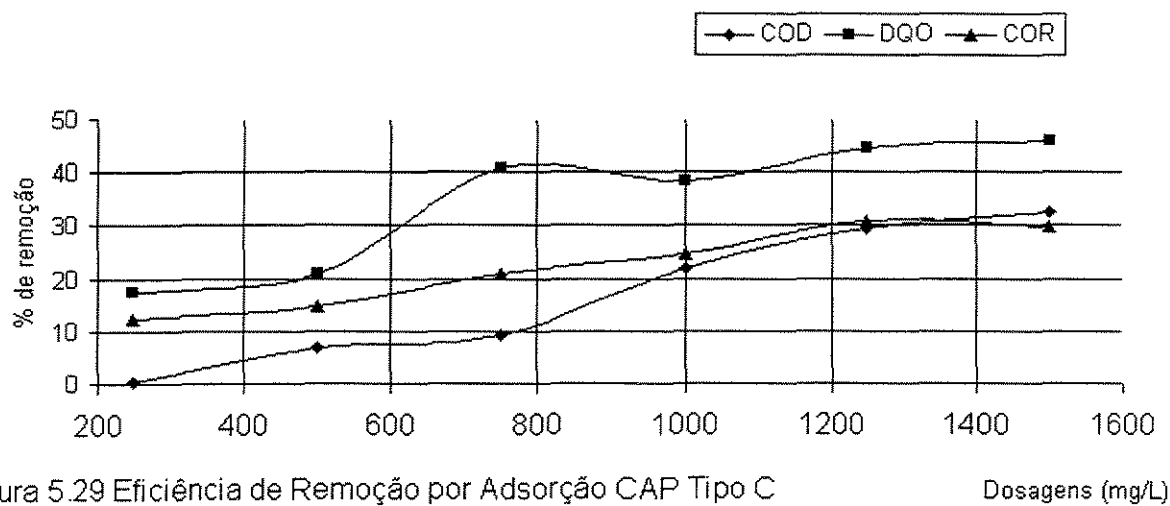


Figura 5.29 Eficiência de Remoção por Adsorção CAP Tipo C

5.3.2. SEGUNDA FASE

Para o despejo avaliado, dos resultados obtidos na primeira fase de seleção de CAP no Testes de Jarros, escolheu-se como melhor o CAP Tipo A.

Para valores de 1000 mg/L de CAP, o Tipo A apresentou melhor eficiência de remoção de Cor ADMI, DQO e COD comparado aos demais CAPs testados (Tipo B e Tipo C).

O CAP Tipo B foi melhor que o Tipo C tanto para remoção de Cor como para remoção de COD; para DQO, os valores do Tipo B ficaram perto da eficiência de remoção do Tipo C.

Após a escolha, o CAP Tipo A foi avaliado, em diferentes dosagens, em dois efluentes e períodos diferentes. O processo de avaliação precisou que cada um dos dois efluentes brutos fora tratado, primeiro, diretamente pelo CAP e seguidamente tratado biologicamente, para um total de 4 testes.

Estes dois despejos brutos foram nomeados como Br#1 e Br#2, respectivamente. Os efluentes tratados biologicamente pelo reator foram nomeados como BrBio#1 (procedente de Br#1) e BrBio#2 (procedente de Br#2):

Efluentes Brutos

Br#1

Br#2

Tratados Biologicamente

BrBio#1 (procedente de Br#1)

BrBio#2 (procedente de Br#2).

Na Tabela 5.14 apresentam-se as caracterizações dos efluentes brutos (Br#1 e Br#2) e dos efluentes após ser tratados no reator biológico “R40SemCAP” (BrBio#1 e BrBio#2).

Tabela 5.14 Caracterização dos Efluentes Brutos e Biologicamente Tratados para Avaliação do CAP Tipo A

DATA	AMOST.	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	pH	T (°C)
		mg/L	mg/L	mg/L		Mg de O ₂ /L	UADMI		
	Br #1	441,0	16,3	429,7	0,570	1555	880	7,4	23,0
	BrBio#1	217,4	29,9	187,5	0,261	738	230	7,4	23,0
	Br #2	677,9	36,9	641,0	0,838	2263	785	7,4	23,0
	BrBio#2	287,3	18,3	269,0	0,420	1158	210	7,4	23,0

No Anexo B (Dados Operacionais da Avaliação do Tipo e Dosagem de CAP) apresentam-se os resultados de eficiência de remoção, para os quatro efluentes, nos parâmetros Cor ADMI, DQO e COD para o CAP Tipo A em diferentes dosagem, para amostras tomadas em 2, 4, 6 e 22 horas de adsorção.

Ao analisar as tabelas e figuras do Anexo B, na apresentação dos diferentes parâmetros, a dosagem escolhida foi de 1000 mg/L.

Observou-se que para valores superiores a 1000 mg/L, a adsorção, para os três parâmetros, têm aumentos percentuais muito pequenos. Além disso, o aumento de massa no lodo para valores superiores a 1000 mg/L é bem mais alta.

5.4 AVALIAÇÃO DO CONDICIONAMENTO COM POLÍMEROS E DESIDRATAÇÃO POR CENTRIFUGAÇÃO

Foi feita, segundo as três fases planejadas, a avaliação dos quatro lodos:

- “LR40SemCAP”
- “LR40ComCAP”
- “LR10SemCAP”
- “LR40ComCAP” (A)

Avaliaram-se 4 polímeros em dosagens entre 1 até 10 mg de polímero / g de SST de lodo.

5.4.1. LODO “LR40SemCAP”

Com o lodo “LR40SemCAP” foi feita a Fase 1, sem polímero, para SST de 39.600mg/L (4 %). Na Figura 5.30 apresentam-se os valores de SST obtidos na centrifugação em 1000, 2000, 3000, 4000 e 5000 rpm.

Nesta centrifugação, sem polímero, conseguiram-se valores perto de 15 % de SST para rotações em 5000 rpm. Os resultados para 3000 rpm, com valores muito perto de rotações de equipamento comercial, os SST, somente chegaram até valores próximos a 12%.

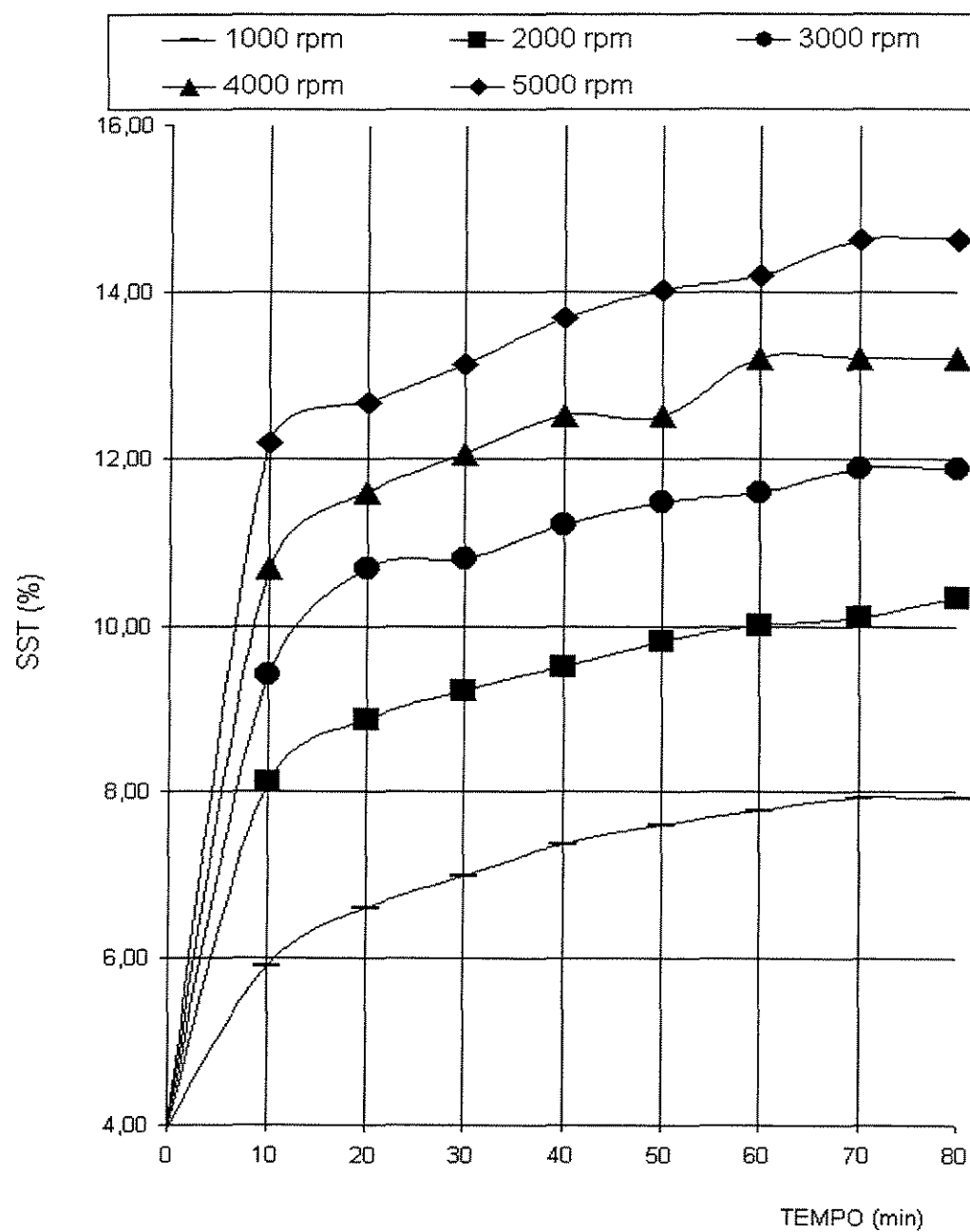


Figura 5.30 Fase 1 Sem Poli/ Sem CAP "LR40SemCAP"
1000-2000-3000-4000-5000 rpm

No Fase 2, condicionou-se com 4 diferentes polímeros e diferentes dosagens, para lodos com valores de SST similares em todas as amostragens (37.200 e 39.600 mg/L), numa centrifugação de 1000 rpm e 80 min.

No Anexo C (Estudo de Condicionamento com Polímero e Desidratação por Centrifugação), nas Tabelas 1 até 25, apresentam-se os resultados da Fase 2 do estudo.

Analisando estes resultados, avaliaram-se como melhores valores de condicionamento os seguintes polímeros e dosagens:

Polímero 1	5 mg/g	12,1%	P1(5)
Polímero 1	4 mg/g	11,8 %	P1(4)
Polímero 2	6 mg/g	11,2 %	P2(6)

Na Figura 5.31 apresentam-se os resultados dos melhores três resultados da Fase 2.

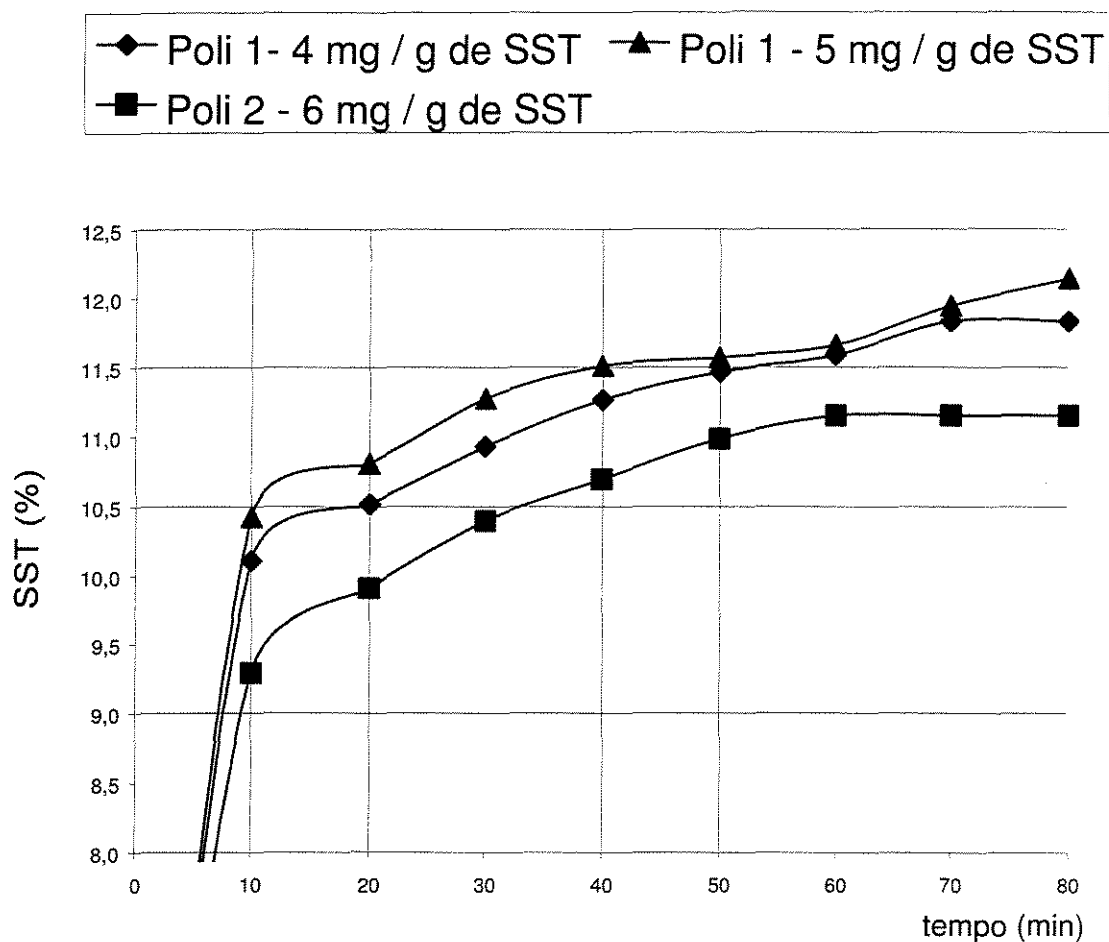


Figura 5.31 Melhores Três Dosagens dos Polímeros na Fase 2
"LR40SemCAP"

Escolheram-se como as melhores dosagens da Fase 2, em dois diferentes polímeros, os condicionamentos com P1(5) e P2(6).

Nesta fase, o condicionamento com polímero P1 (5) para 1000 rpm e 80 min, com valores perto de 12%, supera o condicionamento sem polímero para uma rotação de 3000 rpm de 11,9 % (as misturas, de lodo e polímeros, feitas neste fase foram de 200 rpm / 60 s). No mesmo condicionamento, a 3000 rpm se obteve um resultado de SST superior a 17,9 %.

Na Fase 3, avaliou-se a centrifugação em 1000, 2000, 3000, 4000 e 5000 rpm num valor no lodo de SST de 39.600 e 39.700 mg/L e com a variação dos parâmetros de mistura (tempo e rotação - rpm) como indicado a seguir:

- 200 rpm – 60 s
- 250 rpm – 90 s
- 200 rpm – 60 s
- 250 rpm – 90 s

Nas Figuras 5.32 até 5.36 apresentam-se os melhores quatro resultados em 1000, 2000, 3000, 4000 e 5000 rpm, respectivamente.

No Anexo C, nas Tabelas 26 até 33, apresentaram-se os resultados das centrifugações para estas diferentes condições de mistura centrifugados a 3000 rpm.

Para valores de 3000 rpm, a desidratação máxima alcançada pelo lodo apresentou resultados de 18,5 %.

Para esta rotação na centrífuga a 3000 rpm, em 80 min, os valores máximos se alcançaram para as seguintes condições de mistura:

- P2 (6)	250 rpm / 60 s	18.5 % SST
- P1 (5)	200 rpm / 60 s	18.4 % SST
- P1 (5)	250 rpm / 60 s	18.4 % SST

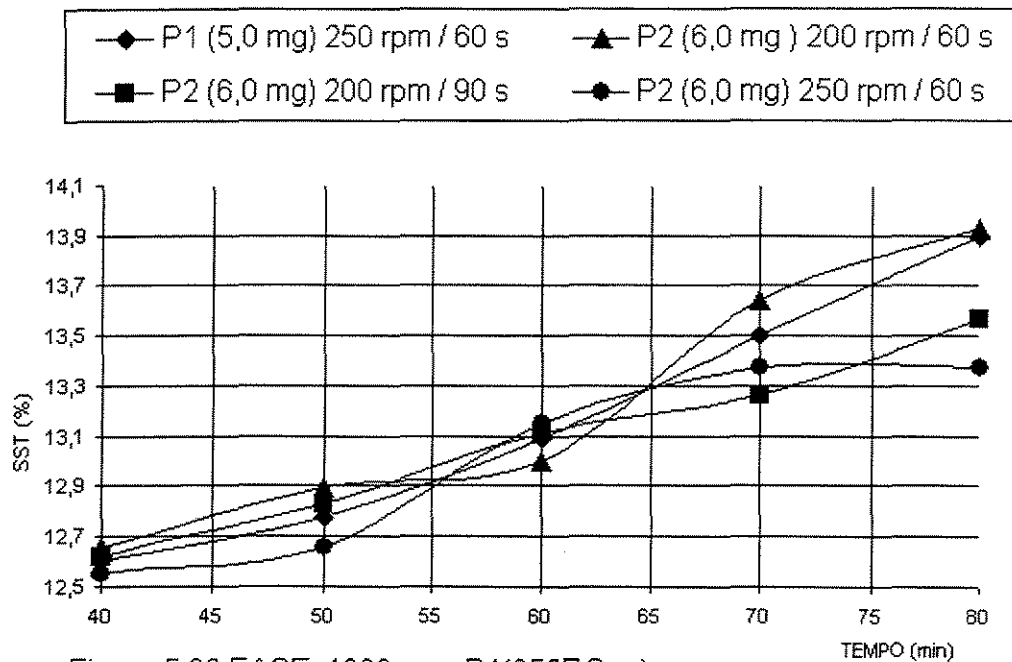


Figura 5.32 FASE 1000 rpm P1(852BC pr)
P2 (9046 na) "LR40SemCAP"

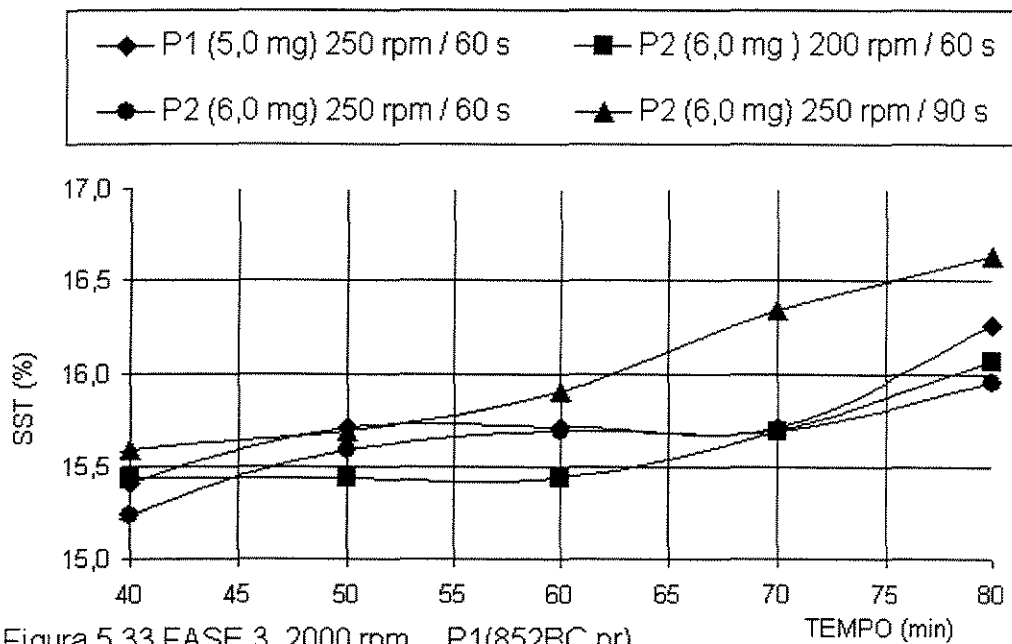
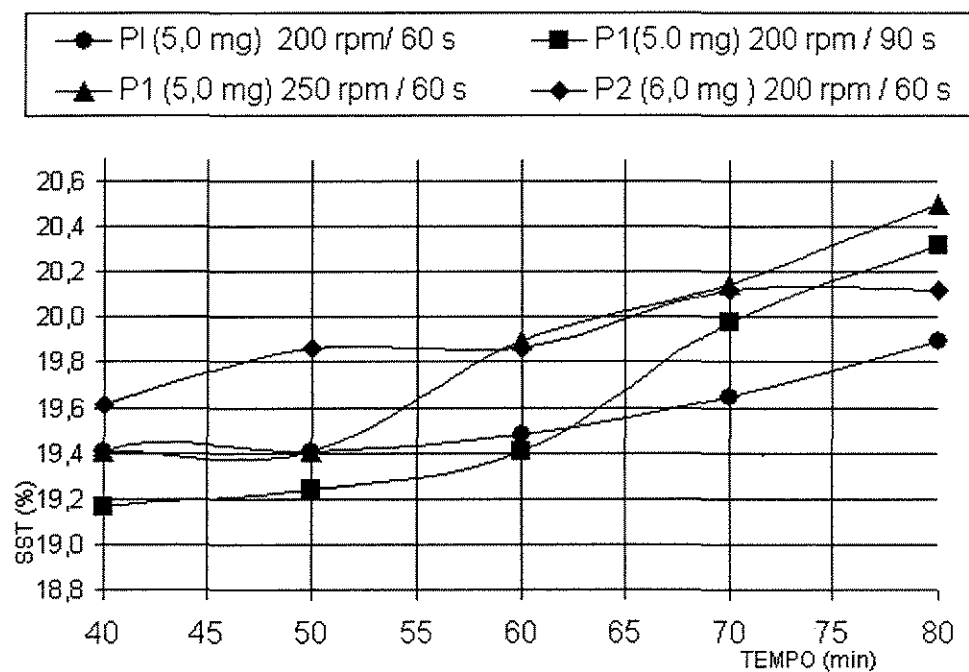
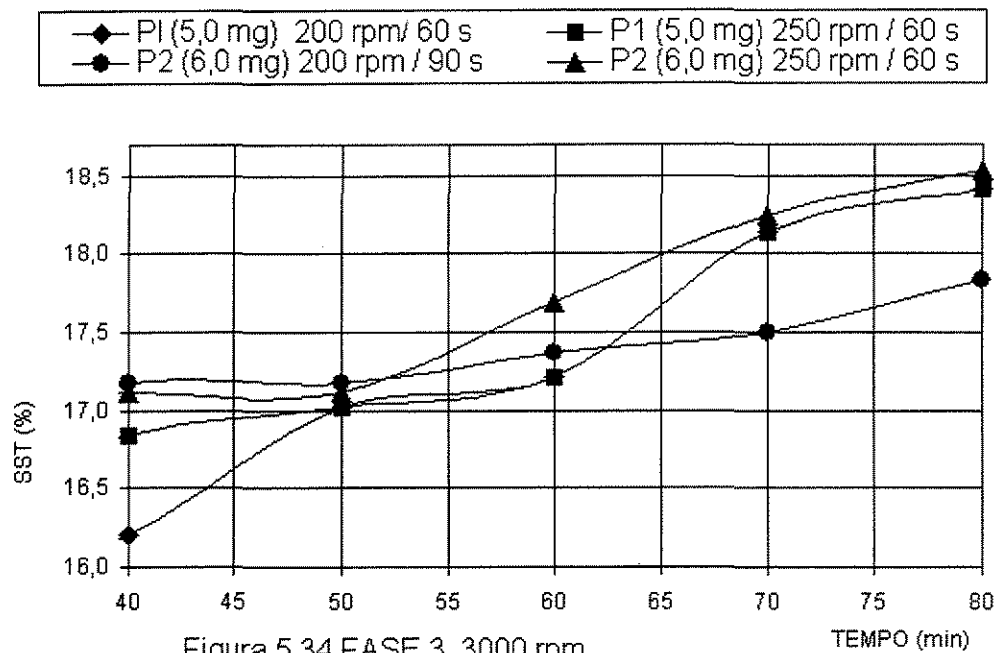


Figura 5.33 FASE 3 2000 rpm P1(852BC pr)
P2 (9046 na) "LR40SemCAP"



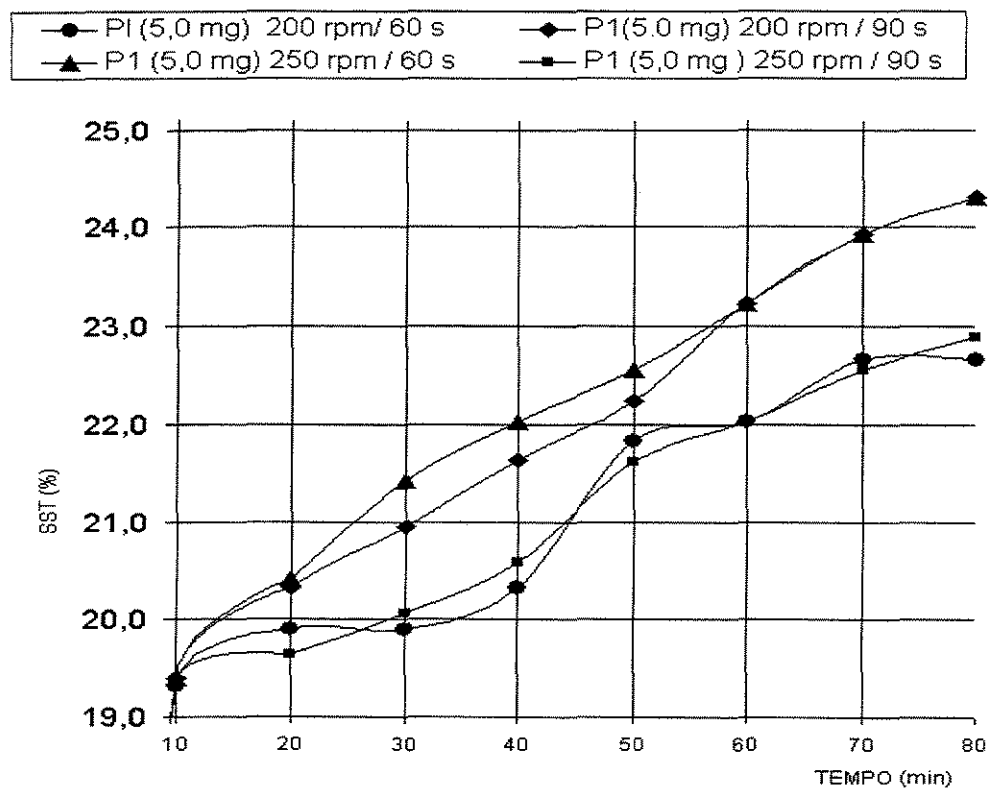


Figura 5.36 FASE 3 5000 rpm P1(852BC pr)
 / P2 (9046 na) / "LR40SemCAP"

5.4.2 LODO “LR40ComCAP”

O lodo “LR40ComCAP” foi avaliado na Fase 1, sem polímero, para valores de SST de 19.900 mg/L (2,0 %). 50

Na Figura 5.37 apresentam-se os resultados destas centrifugações para os valores de 1000, 2000, 3000, 4000 e 5000 rpm.

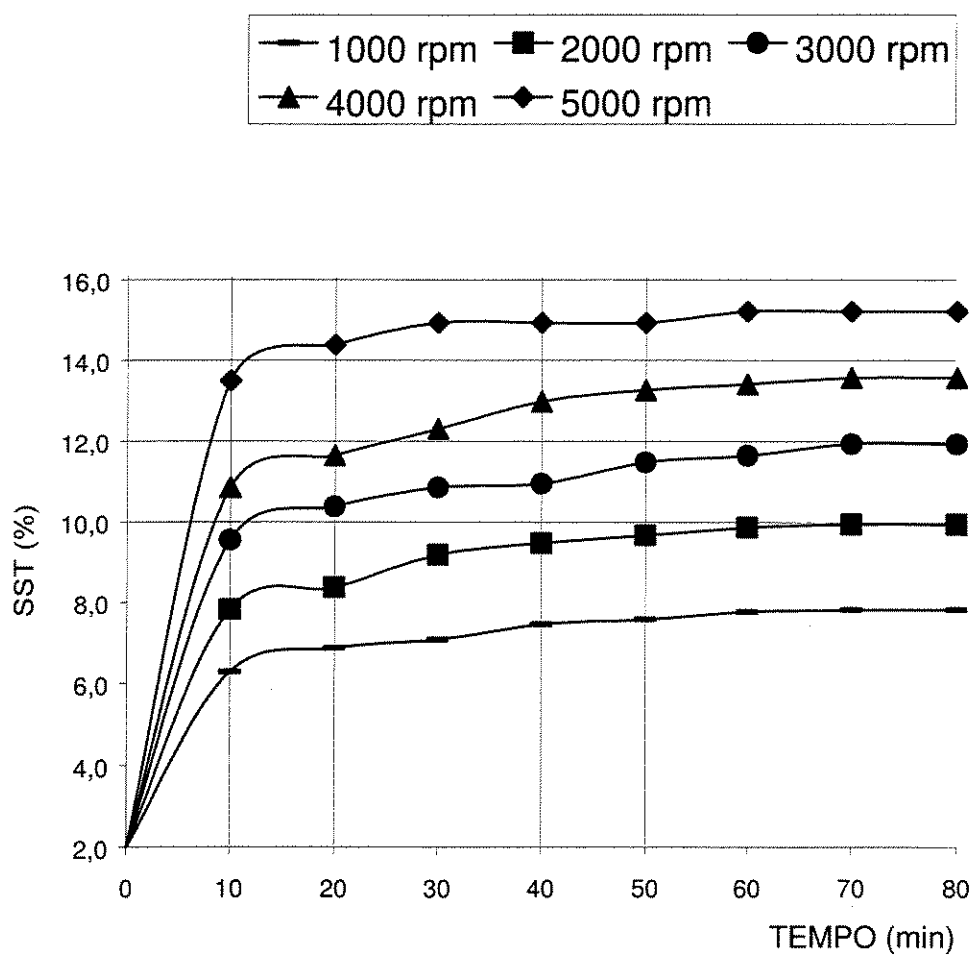


Figura 5.37 FASE 1 Sem Poli/ Com CAP "LR40ComCAP"
1000-2000-3000-4000-5000 rpm

Na Fase 1, sem polímero, conseguiram-se valores de 15,2%, para rotações de 5000 rpm, de SST. Nos valores de 3000 rpm, próximo a rotações de centrifugação de equipamento comercial, somente chegou-se até valores próximos a 12%.

Na Fase 2, o condicionamento com polímero P1 (4), para 1000 rpm e 80 min, resultou num valor de 10,5 % ; com o mesmo condicionamento, para 3000 rpm , os resultados de SST variaram de 14,8 até 17,0 % , bastante maiores ao valor do condicionamento sem polímero para uma rotação de 3000 rpm e igual a 11,9 %.

Nesta Fase, condicionou-se o lodo, com 4 diferentes polímeros e diferentes dosagens (para lodos com valores de SST de 25.100 mg/L), em todas as amostras; numa centrifugação de 1000 rpm e 80 min, avaliaram-se como melhores valores de condicionamento os seguintes polímeros e dosagens:

- Polímero 1	4 mg/g	10,5 %	P1(4)
- Polímero 1	3 mg/g	9,9 %	P1(3)
- Polímero 2	4 mg/g	10,3 %	P2(4)

No Anexo C (Estudo de Condicionamento com Polímero e Desidratação por Centrifugação), nas Tabelas 34 até 41, apresentam-se os melhores resultados desta Fase do estudo.

Na Figura 5.38 apresenta-se os maiores valores de SST (%) obtidos para os polímeros avaliados.

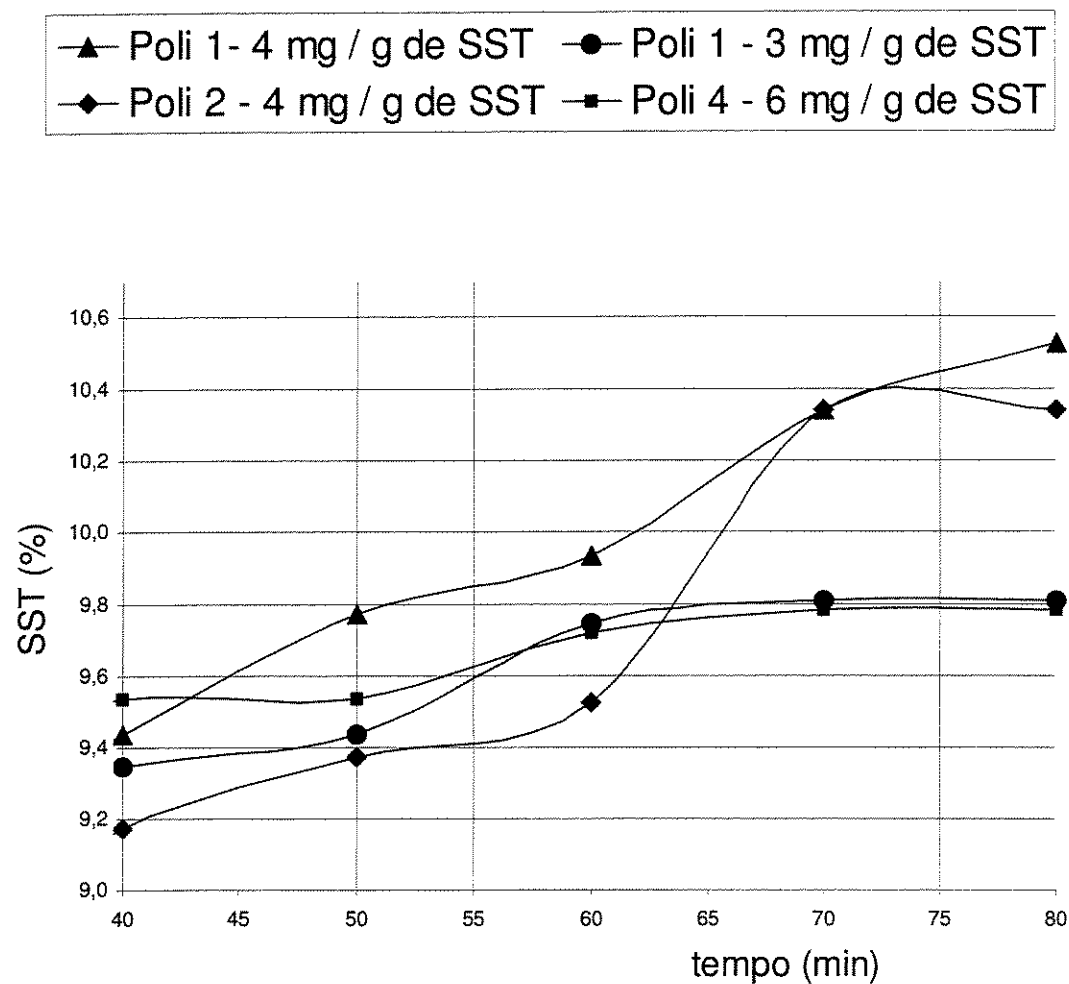


Figura 5.38 Melhores Dosagens dos Polímeros
Lodo com CAP "LR40ComCAP"

Escolheram-se como as melhores dosagens da Fase 2 os condicionamentos com P1(4) e P2(4).

Para a Fase 3, avaliou-se a centrifugação em 1000, 2000, 3000 e 4000 rpm num valor no lodo de SST de 25.400 mg/L, nas variações dos parâmetros de tempo de mistura e rotação estabelecidas.

Na Figura 5.39 apresentaram-se os melhores valores das centrifugações para a Fase 3, para a rotação de 3000 rpm (valor próximo de rotação para equipamentos comerciais de centrifugação).

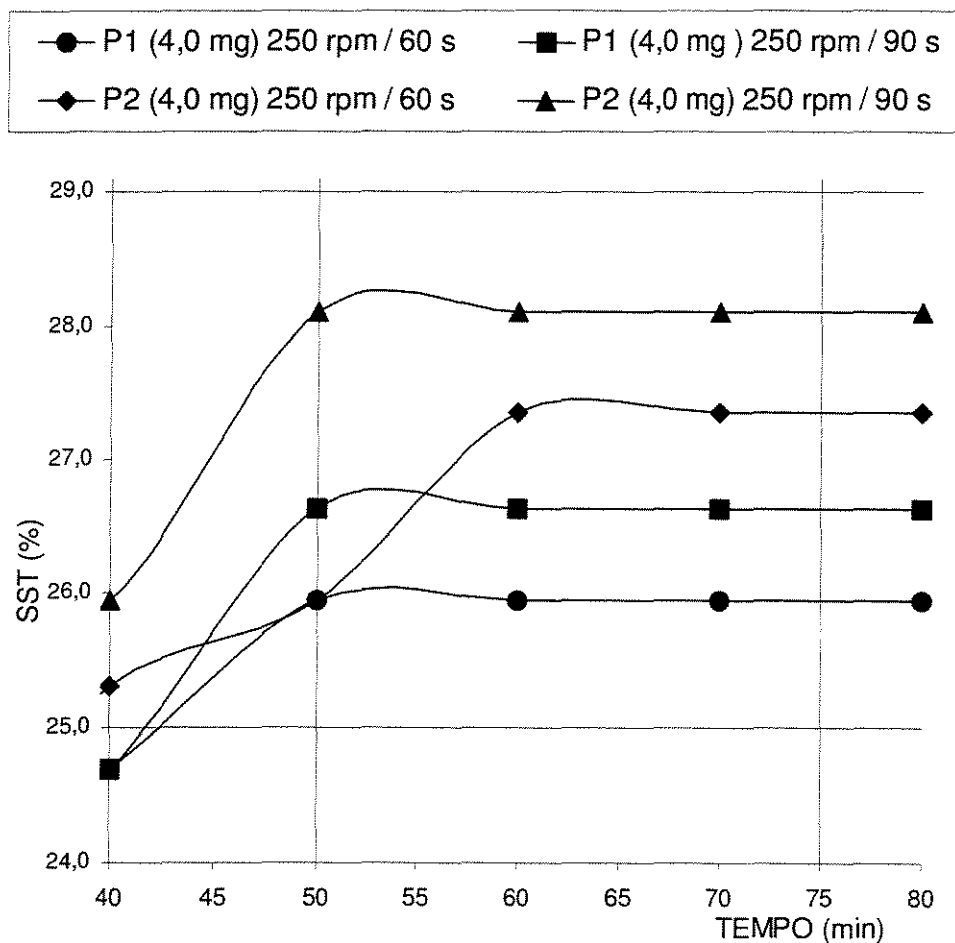


Figura 5.39 ESTUDO 3 3000 rpm
P1(852BC pr) / P2 (9046 na) / "LR40ComCAP"

A desidratação máxima alcançada para 3000 rpm neste lodo foi de 28,1 %

Para 3000 rpm, em 80 min, os valores máximos foram obtidos para as seguintes condições de mistura:

- P2 (4)	250 rpm / 90 s	28,1 %
- P2 (4)	250 rpm / 60 s	27,4 %
- P1 (4)	250 rpm / 90 s	26,6 %

No Anexo C (Estudo de Condicionamento com Polímero e Desidratação por Centrifugação), nas Tabelas 42 e 43, apresentam-se os melhores resultados desta Fase do estudo para 3000 rpm.

5.4.3 LODO “LR10SemCAP”

O lodo “LR10SemCAP” foi avaliado, sem polímero para a Fase 1, em 15.500 mg/L de SST (1,6 %).

Os resultados das centrifugações da fase, 1000, 2000, 3000 e 4000 rpm, são apresentadas na Figura 5.40

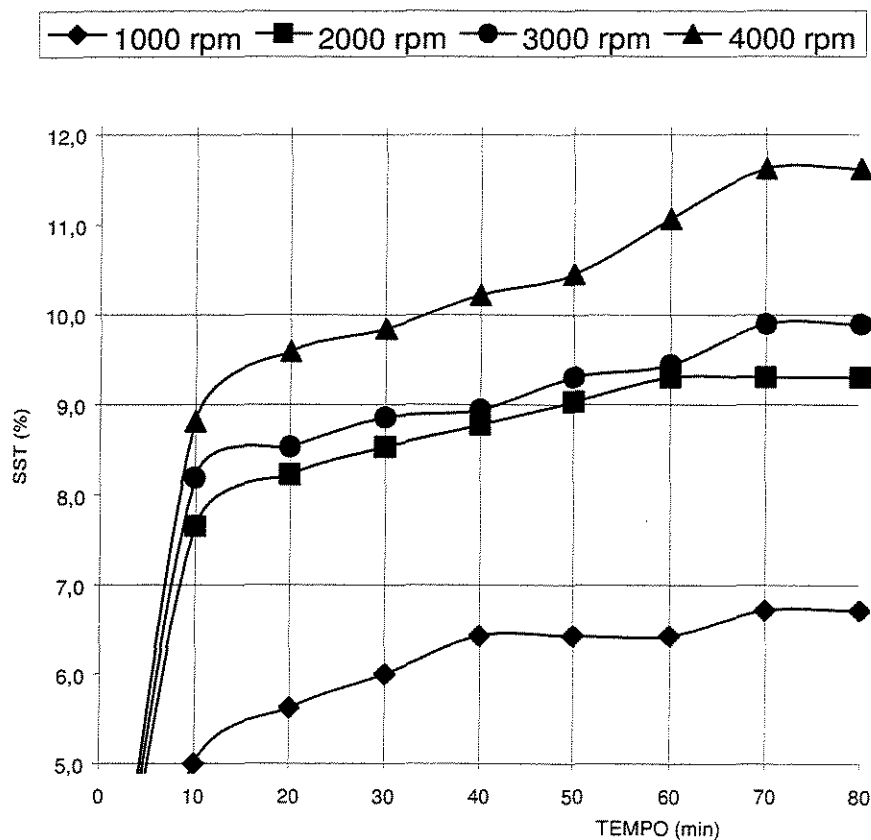


Figura 5.40 FASE 1 Sem Poli/ Sem CAP "LR10SemCAP" 1000-2000-3000-4000-5000 rpm

Conseguiram-se, na fase, para rotações de 4000 rpm valores de 11,6 % de SST. Para valores de 3000 rpm, próximo a equipamento comercial, obtiveram-se 9,9 % de SST.

A Fase 2 foi feita para lodos com valores de SST de 16.200 mg/L em todas as amostragens, numa centrifugação de 1000 rpm, 80 min e condições de mistura de 200 rpm / 60 s.

Os melhores valores de condicionamento avaliados foram:

- Polímero 1	4 mg/g	8,0 %	P1(4)
- Polímero 1	2 mg/g	7,5 %	P1(2)
- Polímero 2	5 mg/g	7,6 %	P2(5)

No Anexo C (Estudo de Condicionamento com Polímero e Desidratação por Centrifugação), nas Tabelas 44 até 51 e na Figura 5.41, apresentam-se os melhores resultados desta Fase 2 estudada.

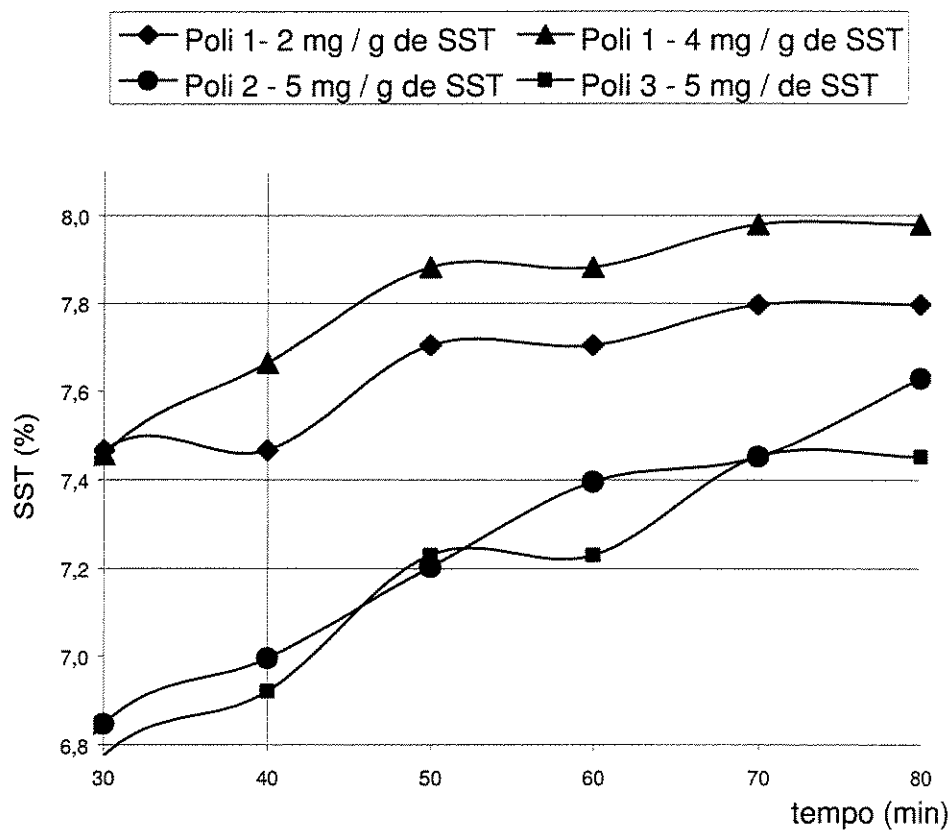


Figura 5.41 Melhores Duas Dosagens dos Polimeros
Lodo Sem CAP "LR10SemCAP"

Na fase foram escolhidos como os melhores tipo e dosagens os condicionamentos com P1(4) e P2(5).

O valor do teor de SST, sem condicionamento para 3000 rpm (próximo a rotação de equipamento comercial) foi de 9,9 %; compara-se com o melhor condicionamento, P1 (4) para 1000 rpm, 80 min e um valor de 8,0 %; e o mesmo condicionamento para 3000 rpm, na Fase 3, com resultados de 13,3 % até 14,0 %, bastante maiores.

Na Fase 3, em rotações de centrifugação de 1000, 2000, 3000 e 4000 rpm, o lodo foi avaliado num valor de 16.400 mg/L de SST, nas variações dos parâmetros de mistura de tempo e rotação (rpm) estabelecidas.

Na Figura 5.42 apresentaram-se os melhores valores das centrifugações para a Fase 3, para a rotação de 3000 rpm.

Comparando com valores, para equipamentos comerciais de centrifugação próximos a 3000 rpm, em 80 min, as desidratações máximas alcançadas nesta rotação e nas condições de mistura foram:

- P1 (4)	200 rpm / 90 s	14,0 % SST
- P2 (5)	250 rpm / 60 s	14,0 % SST
- P2 (5)	250 rpm / 90 s	14,0 % SST

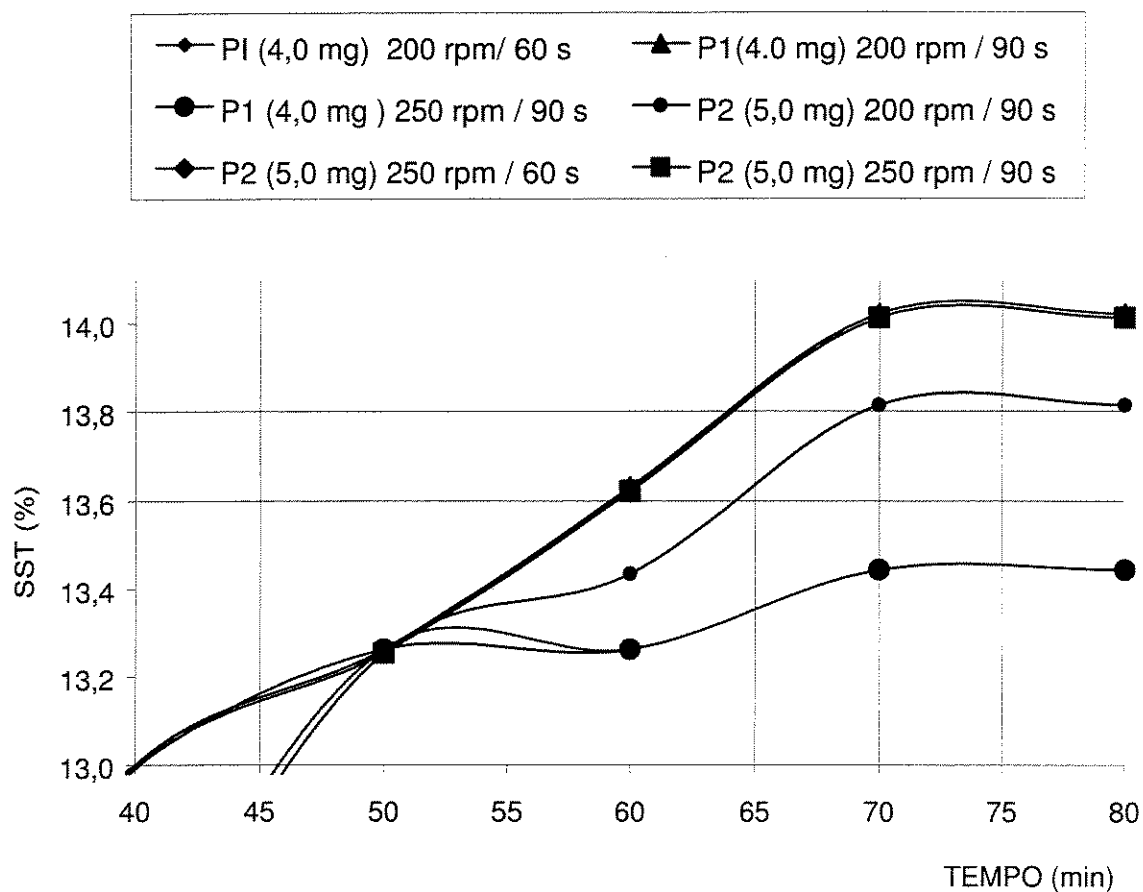


Figura 5.42 ESTUDO 3 3000 rpm
P1(852BC pr) / P2 (9046 na) / "LR10SemCAP"

No Anexo C (Estudo de Condicionamento com Polímero e Desidratação por Centrifugação), nas Tabelas 52 e 53, apresentam-se os melhores resultados desta Fase do estudo para 3000 rpm.

5.4.4 LODO “LR40ComCAP” (A) ADENSADO

O lodo “LR40ComCAP” (A) adensado foi avaliado, sem polímero na Fase 1, em 42.200 mg/L de SST (4,2 %).

Na Figura 5.43 apresenta-se a centrifugação da fase sem polímero (1000, 2000, 3000 e 4000 rpm).

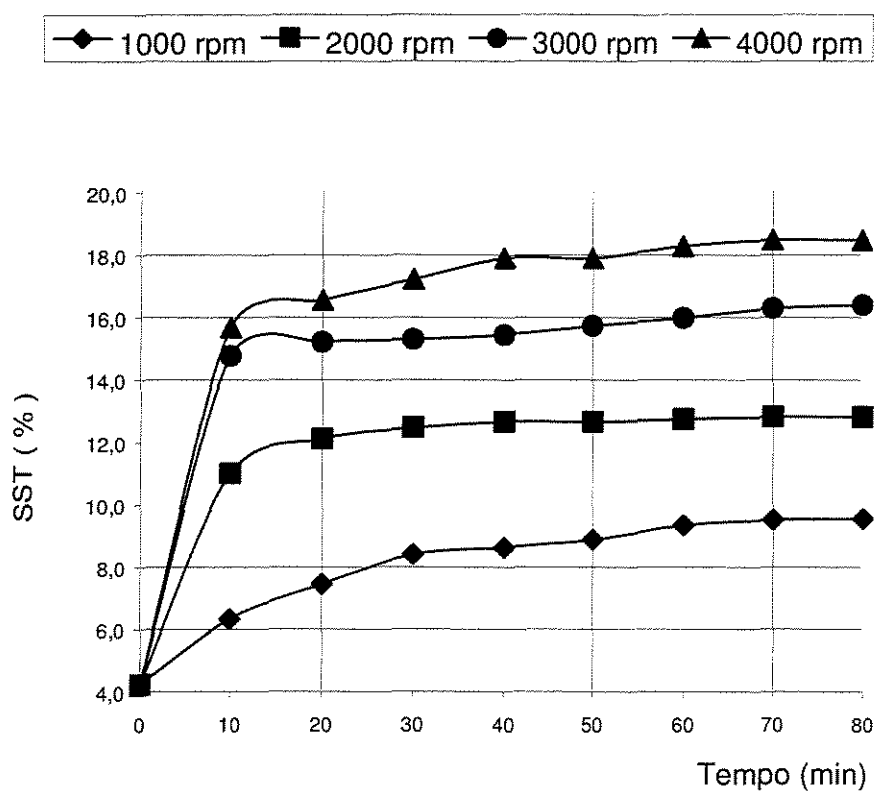


Figura 5.43 ESTUDO 1 Sem Poli/ Com CAP
"LR40ComCAP" Adensado
1000-2000-3000-4000-5000 rpm

Conseguiram-se, para rotações de 4000 rpm valores de 18,5 % de SST. Para valores de 3000 rpm, obtiveram-se valores de 16,4 % de SST.

A Fase 2 foi feito para lodos com valores de SST de 42.200 mg/L (4,2 %) em todas as amostragens, nas condições de mistura e centrifugação estabelecidas.

Os melhores valores de condicionamento avaliados foram:

- Polímero 4	6 mg/g	11,5 % SST P4(6)
- Polímero 4	7 mg/g	11,1 % SST P4(7)
- Polímero 1	4 mg/g	11,1 % SST P1(4)

No Anexo C (Estudo de Condicionamento com Polímero e Desidratação por Centrifugação), nas Tabelas 54 até 61, apresentam-se os melhores resultados desta Fase do estudo

Na Figura 5.44 apresenta-se os maiores valores de SST (%) obtidos para os polímeros avaliados.

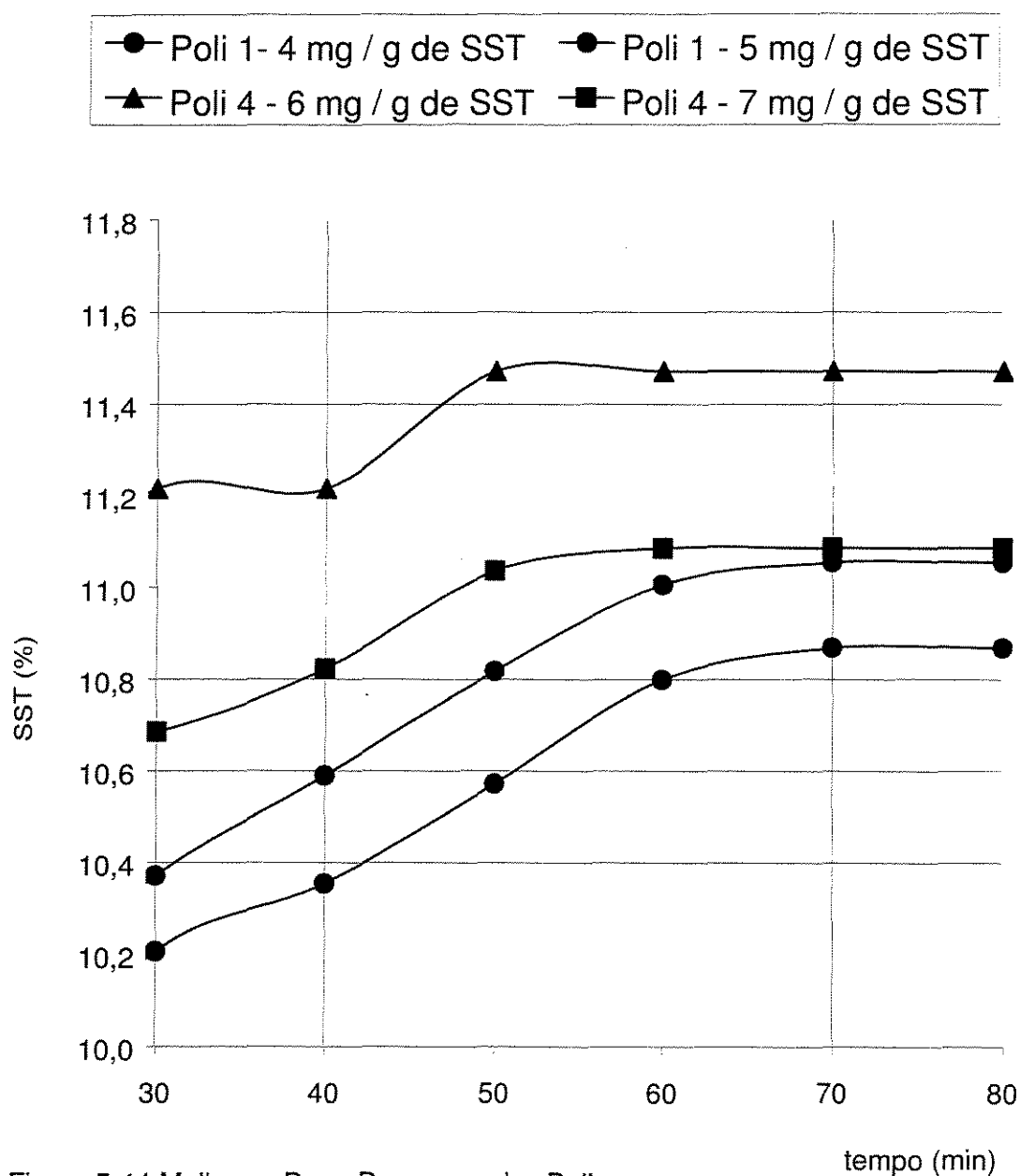


Figura 5.44 Melhores Duas Dosagens dos Polimeros
lodo com CAP
"LR40ComCAP"

Na Fase 2 foram escolhidos como os melhores tipo e dosagens os condicionamentos com P4(6) e P1(4).

O valor sem condicionamento para 3000 rpm, próximo a rotação de equipamento comercial, foi de 16,4 % de SST foi comparado com o melhor condicionamento, a uma rotação de centrifugação de 1000 rpm, P4 (6) num valor de 11,5 %; os resultados para 3000 rpm, na Fase 3, foram 23,5 até 26,6 %, bastante maiores.

Na Fase 3, o lodo foi avaliado num valor de 39.700 mg/L de SST em rotações de centrifugação de 1000, 2000, 3000 e 4000 rpm, nas variações dos parâmetros de mistura de tempo e rotação-rpm estabelecidas.

No Anexo C (Estudo de Condicionamento com Polímero e Desidratação por Centrifugação), nas Tabelas 62 e 63, apresentam-se os melhores resultados desta Fase do estudo para 3000 rpm.

Comparando com valores próximos a 3000 rpm e tempos de 80 min, as desidratações máximas alcançadas nesta rotação foram:

- P4 (6)	250 rpm / 90 s	18,2 % SST
- P4 (6)	250 rpm / 60 s	17,8 % SST
- P4 (6)	200 rpm / 90 s	16,9 % SST

Na Figura 5.45 apresentaram-se os melhores valores das centrifugações para a Fase 3, para a rotação de 3000 rpm (valor próximo de rotação para equipamentos comerciais de centrifugação).

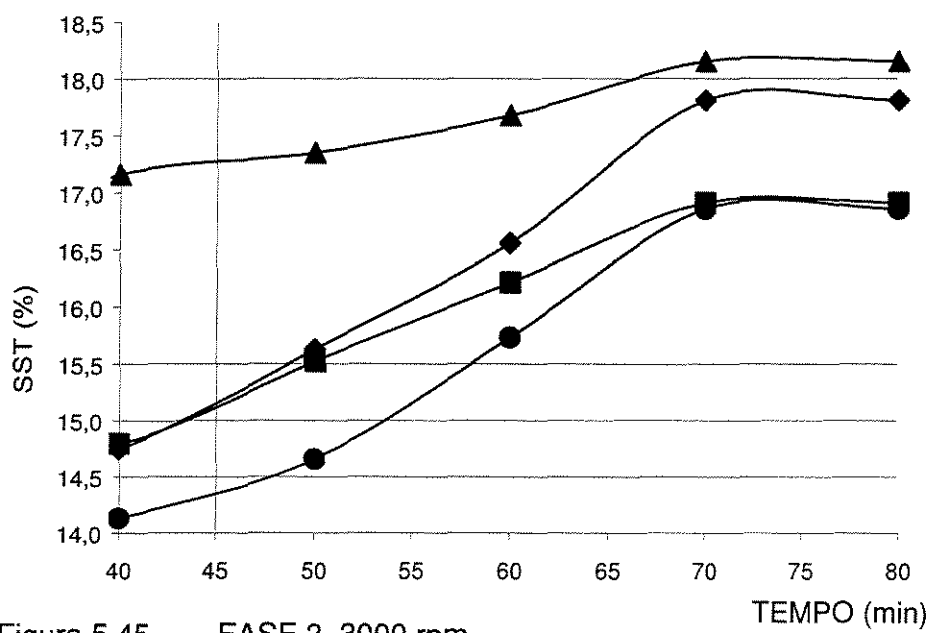
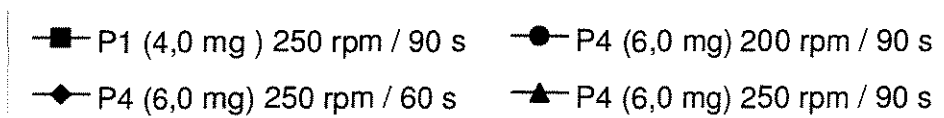


Figura 5.45 FASE 3 3000 rpm
 P1(852BC pr) / P4(G998)
 "LR40ComCAP" Adensado

5.5. AVALIAÇÃO DO SISTEMA NO MELHOR PONTO DE CONDICIONAMENTO

O sistema foi avaliado no melhor ponto de condicionamento das fases anteriores (item 5.4).

A centrifugação se realizou a 3000 rpm (perto da rotação dos equipamentos comerciais).

Na escolha desse ponto se avaliaram o número de ocorrências para o melhor condicionamento, resultando:

- | | |
|-----------------|---------------|
| - P1(4) | 3 ocorrências |
| - Outros pontos | 1 ocorrência |

Para a determinação da mistura do polímero e lodo, avaliaram-se também o numero de ocorrências, resultando:

- | | |
|------------------|---------------|
| - 250 rpm / 60 s | 5 ocorrências |
| - 250 rpm / 90 s | 4 ocorrências |
| - 200 rpm / 90 s | 2 ocorrências |
| - 200 rpm / 60 s | 1 ocorrência |

Logo o melhor ponto de condicionamento escolhido para avaliação final foi:

- | | |
|-------|----------------|
| P1(4) | 250 rpm / 60 s |
|-------|----------------|

Na Tabela 5.15 apresenta-se a caracterização do Efluente Bruto, Efluentes Tratados sem e com CAP e dos Clarificados, após o condicionamento e centrifugação dos lodos gerados, sem e com adição de CAP.

Na Tabela 5.16 apresenta-se a Concentração de Metais dos efluentes e clarificados anteriormente descritos.

Tabela 5.15 Caracterização de Clarificados dos Lodos (após Centrifugação), Efluentes Tratados (sem e com CAP) e Efluente Bruto nos Melhores pontos de Condicionamento P1 (4) 250 rpm / 60 s Rotação da Centrifuga: 3000 rpm

	COR U. ADMI	ABS	DQO mg/L	CTD mg/L	CID mg/L	COD mg/L
EB Efluente Bruto	2225	0,632	1718	512,3	42,8	469,5
C40 "CR40ComCAP"	68	0,031	130	149,5	33,8	115,7
C10 "CR10 SemCAP"	96	0,041	156	176,3	30,7	145,7
T40 "TR40 ComCAP"	230	0,178	518	95,3	33,2	62,1
T10 "TR10 SemCAP"	526	0,302	846	152,3	46,2	106,1

Tabela 5.16 Concentração de Metais para Despejo Bruto, Efluentes Tratados (sem e com CAP) e Clarificados dos Lodos (após Clarificação)

METAIS	Unid.	Efluente Bruto	Tratamento R40ComCAP	Tratamento R10SemCAP	Clarificado R40ComCAP	Clarificado R10SemCAP
Alumínio	(mg/L)	0,53	0,15	0,34	0,61	0,56
Astato	(mg/L)	nd	nd	nd	0,52	0,79
Boro	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd
Cálcio	(mg/L)	4,75	3,65	5,56	4,95	6,50
Cobre	(mg/L)	0,53	0,12	0,18	0,05	0,04
Cádmio	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd
Cromo	(mg/L)	nd	nd	0,03	0,11	0,13
Ferro	(mg/L)	6,30	5,57	5,60	7,01	5,54
Mercurio	(mg/L)	0,17	0,10	0,26	0,31	0,87
Magnésio	(mg/L)	1,30	0,80	1,15	1,50	1,75
Manganês	(mg/L)	0,13	0,12	0,15	0,19	0,28
Molibdênio	(mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd
Níquel	(mg/L)	0,26	0,25	0,22	0,36	0,26
Fósforo	(mg/L)	10,45	11,00	8,00	28,75	23,95
Selênio	(mg/L)	1,00	0,83	1,33	0,17	1,66
Chumbo	(mg/L)	0,08	nd	0,36	nd	0,14
Enxofre	(mg/L)	38,95	43,65	42,95	28,25	20,25
Zinco	(mg/L)	0,61	0,66	0,97	0,61	0,70

A fase de desidratabilidade foi feita na centrífuga com uma rotação de 3000rpm (valor próximo às rotações dos equipamentos comerciais).

Na Figura 5.46 apresentam-se os valores de SST (%), resultantes dos ensaios de condicionamento e desidratação do lodo sem e com CAP.

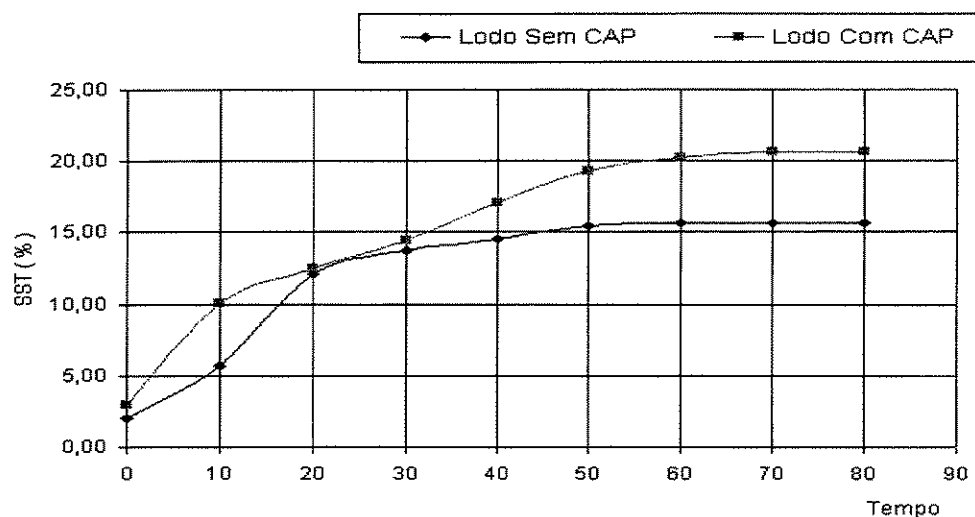


Figura 5.98 Avaliação de SST nos Lodos Sem e Com CAP

*Tempo= min.

Nas Tabelas 5.17 e 5.18 apresentam-se as avaliações dos lodos sem e com CAP.

Tabela 5.17 Amostra de Lodo Sem Adição de CAP

Lodo Sem CAP Polímero 1 P1 852BC pr
 Centrifugação = 3000 rpm
 DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodoCONCpoli 0,25%
 SST / lodo = 20000mg/L
 SUSP Poli / L de lodo= 32,00mL/L
 Amostra Cond. = 100mL
 Amostra Proveta = 50mL
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,32mL
 VOL TOT Cond. = 100,32mL
 SST lodo Cond. = 19936mg/L

tempo s	AMOSTRAS (leitura em mL)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	1	2	3	4	media	L	mg/L	%
0	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	0,05000	19936	1,99
10	15,00	17,50	17,00	20,00	17,38	0,01738	57370	5,74
20	7,00	7,00	8,00	11,00	8,25	0,00825	120825	12,08
30	6,50	6,50	7,50	8,50	7,25	0,00725	137491	13,75
40	6,50	6,50	7,00	7,50	6,88	0,00688	144991	14,50
50	6,50	6,25	6,50	6,50	6,44	0,00644	154844	15,48
60	6,50	6,25	6,25	6,50	6,38	0,00638	156362	15,64
70	6,50	6,25	6,25	6,50	6,38	0,00638	156362	15,64
80	6,50	6,25	6,25	6,50	6,38	0,00638	156362	15,64

Tabela 5.18 Amostra de Lodo Com Adição de CAP

Lodo Com CAP Polímero 1 P1 852BC pr
 Centrifugação = 3000 rpm
 DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodoCONCpoli 0,25%
 SST / lodo = 30000mg/L
 SUSP Poli / L de lodo= 48,00mL/L
 Amostra Cond. = 100mL
 Amostra Proveta = 50mL
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,48mL
 VOL TOT Cond. = 100,48mL
 SST lodo Cond. = 29857mg/L

tempo s	AMOSTRAS (leitura em mL)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg/L	%
0	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	0,05000	29857	2,99
10	16,50	16,50	12,50	14,00	14,88	0,01488	100359	10,04
20	10,50	13,00	12,00	12,25	11,94	0,01194	125054	12,51
30	8,50	10,50	12,00	10,50	10,38	0,01038	143888	14,39
40	7,50	9,50	9,50	8,50	8,75	0,00875	170610	17,06
50	7,50	8,00	8,00	7,50	7,75	0,00775	192624	19,26
60	7,00	7,50	7,50	7,50	7,38	0,00738	202418	20,24
70	6,50	7,50	7,50	7,50	7,25	0,00725	205908	20,59
80	6,50	7,50	7,50	7,50	7,25	0,00725	205908	20,59

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Efluentes têxteis, em geral, caracterizam-se pela grande variabilidade da carga orgânica, elevada concentração de sais dissolvidos, presença de compostos orgânicos lentamente biodegradáveis, cor elevada, alta concentração de detergentes, podendo apresentar toxicidade e mutagenicidade. O tratamento biológico aeróbio, um dos mais empregados na prática, na maioria dos casos é incapaz por si só de atender aos padrões de emissão da legislação, sendo necessário para isto combinar com algum outro processo complementar em série, usualmente físico-químico.

No presente estudo, procurou-se avaliar a eficiência de sistema alternativo, constituído de lodos ativados por batelada (LAB) com adição de carvão ativado em pó (CAP) no próprio reator, denominado Sistema LAB/CAP. O efluente industrial apresentou valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) na faixa de 467 a 2.753mg de O_2 /l, Cor ADMI na faixa de 325 até 2.640 unidades, Carbono Orgânico Dissolvido (COD) na faixa de 186 a 646 mg/L, e Sólidos Totais na faixa de 4.600 a 1.700 mg/L, dos quais cerca de 90%, em média, eram Dissolvidos.

A seleção do melhor tipo de CAP foi feita com base em ensaios de adsorção em aparelho de jarros (em dosagens de 250 ,500, 750, 1000, 1250 e 1500 mg de CAP / litro de despejo em tempo total de adsorção de 22 horas). Complementarmente, efetuou-se tratamento de cada um desses despejos no reator biológico para, no dia seguinte, se proceder a ensaio de adsorção com o efluente ali tratado (biologicamente).

O carvão ativado em pó que apresentou a maior eficiência de remoção foi o tipo à base de pinus, em dosagem de 1000 mg/L de CAP, onde os parâmetros de medida da eficiência tinham níveis altos de remoção, superiores a 85 %.

Nos reatores de 10 e 40 L de capacidade, com idade do lodo (θ_c) de 23 dias e ciclos de 24 horas, pode-se concluir que:

-Quanto ao tratamento da fase líquida (despejo industrial), a eficiência do sistema LAB/CAP foi maior que a do sistema LAB (controle), com um aumento da ordem de 30% para os parâmetros avaliados (DQO, Cor ADMI e COD). Os valores de Sólidos Sedimentáveis (SS) para os efluentes tratados por ambos os sistemas, porém, nunca foram maiores que 1 mL/L, enquadrando-os no padrão de emissão neste quesito; para o reator do sistema LAB/CAP, no valor de Sólidos Sedimentáveis (SS) na mistura (tanque de reação) comparado com o sistema LAB, nos reatores de 40 e 10 litros, houve um aumento da ordem de 70 % neste parâmetro após a adição de CAP; estes valores indicam que a adoção de 50% do volume do reator para descarte de efluente tratado pode ser feito com bastante segurança para tempo de sedimentação de 1,5 hora. O valor de Sólidos em Suspensão Totais (SST) e Sólidos em Suspensão Voláteis (SSV) da mistura nos reatores LAB/CAP duplicou-se comparado com o reator controle, indicando um aumento significativo na biomassa e o sinergismo entre os dois processos, biológico e de adsorção.

-Quanto ao tratamento da fase sólida, os lodos gerados no sistema LAB e LAB/CAP, apresentaram-se estabilizados, com ausência de cheiro quando mantidos à temperatura ambiente por várias semanas, como esperado de sistema na modalidade aeração prolongada e idade do lodo (θ_c) de 23 dias, podendo ser submetidos ao condicionamento químico e desidratação. O condicionamento e desidratação de lodos foram feitos com polímeros orgânicos sintéticos de alto peso molecular dos tipos catiônico, não-iônico e aniônico e sendo o de melhor desempenho, nos sistemas LAB/CAP e LAB, para polímeros catiônicos com dosagens ótimas na faixa de 4 – 6 mg de Poli. / g de SST, com um tempo de mistura de 60 s e uma rotação de 250 rpm; o máximo teor de sólidos no lodo desidratado obtido a 3.000 rpm foi da ordem de 28% para o sistema LAB/CAP contra 18% para o sistema LAB; o primeiro, portanto, foi o que mais se aproximou do mínimo exigido para disposição em aterro, de 30%. Uma vez que o lodo gerado no sistema LAB/CAP

apresentou praticamente o dobro da quantidade de SST que o sistema LAB, para os valores máximos de teor de sólidos acima indicados, o aumento da massa de lodo desidratado seria da ordem de 30%; pode-se inferir, então, que para uma menor quantidade de carvão adicionada ao reator a quantidade de lodo desidratado final (em massa) poderia ser da mesma ordem de grandeza que o do sistema LAB. No clarificado, após centrifugação, obtiveram-se valores de COD superiores aos dos efluentes tratados e inferiores para DQO e Cor ADMI, considerando-se a possibilidade de recirculação nos reatores de tratamento.

Finalmente, para pesquisas posteriores nessa linha, recomenda-se estudar: a cinética do reator LAB/CAP e otimizar as condições operacionais como, por exemplo: tempo total de ciclo e das fases de reação e sedimentação, idade do lodo, aeração e mistura no interior do reator, entre outras; estudar a eficiência de sistemas LAB/CAP para aplicação de quantidades menores de carvão ativado em pó no reator, por exemplo de 500 mg/L; a microbiologia dos reatores particularmente quanto aos efeitos da presença de CAP no floco biológico; a avaliação da aplicação de polímeros no interior do reator, antes do final da fase de reação, visando uma maior eficiência de remoção de sólidos dos efluentes tratados; estudar o impacto da recirculação de clarificados de processos de desidratação sobre o sistema LAB/CAP, principalmente quanto às concentrações de metais; a ocorrência e redução de toxicidade e mutagenicidade em Sistema LAB/CAP em efluentes têxteis brutos, tratados e clarificados (após desidratação) visando a preservação dos mananciais e, conseqüentemente, a saúde ambiental e humana; o impacto da presença de contaminantes adsorvidos no CAP quanto à classificação do lodo desidratado e, conseqüentemente, sua disposição em aterro sanitário ou industrial; o impacto da presença de CAP sobre potenciais usos benéficos do lodo desidratado como alternativa à sua disposição em aterro como, por exemplo, em componentes da construção civil ou na agricultura.

ANEXOS

Anexo A

Dados Operacionais Diários dos Reatores

**Tabela 1 Dados de Operação Diária do Reator
"R40SemCAP"**

DATA DATA	TEMP o C	pH	SS ml/l	DATA DATA	TEMP o C	pH	SS ml/l
3/10/2001	23,0	7,3	60	6/12/2001	24,0	8,2	
4/10/2001	23,0	7,8		7/12/2001	24,0	8,0	110
5/10/2001	23,0	7,9		8/12/2001	24,0	8,0	
6/10/2001	23,0	7,9	60	10/12/2001	23,0	8,0	
8/10/2001	23,0	8,0		11/12/2001	22,0	7,9	110
9/10/2001	23,0	8,0		14/12/2001	23,0	7,8	
10/10/2001	23,0	7,6	65	15/12/2001	23,0	7,8	
12/10/2001	23,0	7,6		17/12/2001	23,0	7,6	120
15/10/2001	24,0	7,7	65	18/12/2001	24,0	7,2	
19/10/2001	24,0	7,8		19/12/2001	23,0	7,9	
20/10/2001	23,0	7,7		20/12/2001	23,0	7,9	115
22/10/2001	23,0	7,8	75	22/12/2001	23,0	7,8	
23/10/2001	23,0	7,6		23/12/2001	22,0	7,8	
24/10/2001	23,0	7,3	75	26/12/2001	22,0	7,6	110
26/10/2001	23,0	7,1		27/12/2001	22,0	7,6	
27/10/2001	23,0	7,2		28/12/2001	22,0	7,3	
29/10/2001	23,0	7,2		30/12/2001	21,0	7,9	120
1/11/2001	24,5	7,0	80	2/1/2002	21,0	7,3	
1/11/2001	24,5	8,4		3/1/2002	21,0	8,3	
5/11/2001	24,5	6,0		4/1/2002	21,0	8,2	130
5/11/2001	24,0	8,2		5/1/2002	22,0	8,2	
6/11/2001	24,0	8,3	80	7/1/2002	21,0	8,2	
7/11/2001	24,5	8,2		8/1/2002	22,0	8,3	135
8/11/2001	24,5	8,0	85	9/1/2002	23,0	8,1	
9/11/2001	24,5	7,9		10/1/2002	22,0	8,0	
9/11/2001	24,5	7,9		11/1/2002	21	7,8	140
12/11/2001	22,0	7,8	85	14/1/2002	21,0	7,8	
12/11/2001	22,0	8,1		15/1/2002	21,0	7,9	140
13/11/2001	22,5	7,8	90	16/1/2002	22,0	7,6	
14/11/2001	23,0	7,5		17/1/2002	23,0	7,8	
15/11/2001	22,0	7,7		18/1/2002	22,0	7,8	150
17/11/2001	22,0	7,9		21/1/2002	21,0	7,5	
18/11/2001	22,0	7,7		22/1/2002	22,0	7,9	
20/11/2001	23,5	7,3		23/1/2002	23,0	8,3	
21/11/2001	23,5	8,2	95	24/1/2002	23,0	8,3	150
23/11/2001	23,0	8,0		26/1/2002	22,0	8,2	
24/11/2001	23,0	7,9		28/1/2002	22,0	7,8	
26/11/2001	22,0	7,4	95	29/1/2002	22,0	7,6	150
27/11/2001	22,0	7,4	100	30/1/2002	23,0	7,9	
28/11/2001	21,0	7,9		31/1/2002	23,0	7,8	
29/11/2001	22,0	8,2					
30/11/2001	22,0	7,9	95				
3/12/2001	22,0	8,4	95				
4/12/2001	24,0	8,3					
5/12/2001	22,0	8,3					

Tabela 2
Dados de Operação Diária do Reator "R10SemCAP"

DATA	TEMP	pH	SS	DATA	TEMP	pH	SS
DATA	o C		ml/l	DATA	o C		ml/l
18/2/2002	23,0	7,5		15/4/2002	23,0	7,5	
19/2/2002	22,0	7,5		17/4/2002	23,0	7,5	165
20/2/2002	22,0	7,5	140	18/4/2002	23,0	7,5	
21/2/2002	23,0	7,5		19/4/2002	23,0	7,5	
22/2/2002	22,0	7,7		22/4/2002	23,0	7,5	
23/2/2002	22,0	7,7		23/4/2002	23,0	7,5	165
25/2/2002	22,0	7,6	140	24/4/2002	23,0	7,5	
26/2/2002	22,0	7,7		25/4/2002	23,0	7,5	
27/2/2002	23,0	7,7		26/4/2002	23,0	7,5	
28/2/2002	23,0	7,6	140	27/4/2002	23,0	7,5	
1/3/2002	23,0	7,5		29/4/2002	23,0	7,5	
2/3/2002	23,0	7,5		30/4/2002	23,0	7,5	
4/3/2002	23,0	7,5	150	1/5/2002	23,0	7,5	
5/3/2002	23,0	7,5		2/5/2002	23,0	7,5	
6/3/2002	23,0	7,5	150	3/5/2002	23,0	7,5	165
7/3/2002	23,0	7,5		4/5/2002	23,0	7,5	
11/3/2002	23,0	7,5	150	6/5/2002	23,0	7,5	
12/3/2002	23,0	7,5		7/5/2002	23,0	7,5	
13/3/2002	23,0	7,6	150	8/5/2002	23,0	7,5	
14/3/2002	23,0	7,6		9/5/2002	23,0	7,5	
15/3/2002	23,0	7,6		10/5/2002	23,0	7,5	
16/3/2002	23,0	7,6	150	11/5/2002	23,0	7,6	170
18/3/2002	23,0	7,5		13/5/2002	23,0	7,6	
19/3/2002	23,0	7,5		15/5/2002	23,0	7,6	
20/3/2002	23,0	7,5		16/5/2002	23,0	7,6	
21/3/2002	23,0	7,6		17/5/2002	23,0	7,6	
22/3/2002	23,0	7,6		18/5/2002	23,0	7,5	
23/3/2001	23,0	7,6		20/5/2002	23,0	7,5	
25/3/2002	23,0	7,5		21/5/2002	23,0	7,5	
26/3/2002	23,0	7,5		22/5/2002	23,0	7,5	165
27/3/2002	23,0	7,5		23/5/2002	23,0	7,5	
28/3/2002	23,0	7,5		24/5/2002	23,0	7,5	
30/3/2002	23,0	7,5		25/5/2002	23,0	7,5	
1/4/2002	23,0	7,5	160	27/5/2002	23,0	7,5	165
2/4/2002	23,0	7,5		28/5/2002	23,0	7,5	
3/4/2002	23,0	7,6		29/5/2002	23,0	7,5	
4/4/2002	23,0	7,6		30/5/2002	23,0	7,6	
5/4/2002	23,0	7,6	160	31/5/2002	23,0	7,6	165
6/4/2002	23,0	7,6		1/6/2002	23,0	7,5	
8/4/2002	23,0	7,5		3/6/2002	23,0	7,5	
9/4/2002	23,0	7,5		4/6/2002	23,0	7,5	160
10/4/2002	23,0	7,6		5/6/2002	23,0	7,5	
12/4/2002	23,0	7,5	165	6/6/2002	23,0	7,5	
13/4/2002	23	7,5		7/6/2002	23,0	7,5	

Tabela 3
Dados de Operação Diária do Reator "R10SemCAP"

DATA	TEMP	pH	SS	DATA	TEMP	pH	SS
DATA	o C		ml/l	DATA	o C		ml/l
10/6/2002	23,0	7,5		25/7/2002	23,0	7,5	
11/6/2002	23,0	7,5		26/7/2002	23,0	7,5	165
12/6/2002	23,0	7,5	160	27/7/2002	23,0	7,5	
13/6/2002	23,0	7,5		29/7/2002	23,0	7,5	
14/6/2002	23,0	7,5		30/7/2002	23,0	7,5	165
15/6/2002	23,0	7,5	160	31/7/2002	23,0	7,5	
17/6/2002	23,0	7,5					
18/6/2002	23,0	7,6	160				
19/6/2002	23,0	7,6					
20/6/2002	23,0	7,6	165				
21/6/2002	23,0	7,5					
24/6/2002	23,0	7,5	165				
25/6/2002	23,0	7,5					
26/3/2002	23,0	7,5					
27/6/2002	23,0	7,5	165				
28/3/2002	23,0	7,5					
29/6/2002	23,0	7,5					
1/7/2002	23,0	7,6					
2/7/2002	23,0	7,6	165				
3/7/2002	23,0	7,5					
4/7/2002	23,0	7,5					
5/7/2002	23,0	7,5					
6/7/2002	23,0	7,6					
8/7/2002	23,0	7,6	165				
9/7/2002	23,0	7,5					
10/7/2002	23,0	7,5					
11/7/2002	23,0	7,5					
12/7/2002	23,0	7,5					
13/7/2002	23,0	7,5	160				
15/7/2002	23,0	7,5					
16/7/2002	23,0	7,5					
17/7/2002	23,0	7,5					
18/7/2002	23,0	7,5					
19/7/2002	23,0	7,5	165				
20/7/2002	23,0	7,5					
22/7/2002	23,0	7,6					
23/7/2002	23,0	7,6	165				
17/7/2002	23,0	7,5					
18/7/2002	23,0	7,5					
19/7/2002	23,0	7,5	165				
20/7/2002	23,0	7,5					
22/7/2002	23,0	7,6					
23/7/2002	23,0	7,6	165				

Tabela 4

Dados de operação diária do Reator "R40ComCAP"

DATA DATA	TEMP o C	pH	SS ml/l	DATA DATA	TEMP o C	pH	SS ml/l
18/2/2002	24,0	7,8		13/4/2002	23,5	7,6	
19/2/2002	22,0	7,8		15/4/2002	22,5	7,7	
20/2/2002	22,0	7,8	160	17/4/2002	23,5	7,5	210
21/2/2002	23,0	7,9		18/4/2002	23,0	7,7	
22/2/2002	22,0	7,9		19/4/2002	23,5	7,5	
23/2/2002	22,0	8,1		22/4/2002	23,0	7,6	
25/2/2002	22,0	7,9	160	23/4/2002	23,5	7,7	220
26/2/2002	22,0	7,8		24/4/2002	23,0	7,5	
27/2/2002	24,0	7,8		25/4/2002	23,5	7,7	
28/2/2002	24,0	7,8	160	26/4/2002	23,0	7,6	
1/3/2002	24,0	7,7		27/4/2002	23,0	7,7	
2/3/2002	24,0	7,8		29/4/2002	23,0	7,5	
4/3/2002	23,5	7,8	165	30/4/2002	23,0	7,7	
5/3/2002	23,5	7,8		1/5/2002	23,5	7,6	
6/3/2002	23,5	7,7	165	2/5/2002	23,0	7,5	
7/3/2002	23,5	7,7		3/5/2002	23,0	7,5	230
11/3/2002	23,5	7,6	165	4/5/2002	23,0	7,4	
12/3/2002	23,5	7,7		6/5/2002	23,0	7,5	
13/3/2002	23,0	7,5	165	7/5/2002	23,5	7,5	
14/3/2002	23,0	7,7		8/5/2002	23,5	7,5	
15/3/2002	23,0	7,6		9/5/2002	23,5	7,5	
16/3/2002	23,5	7,7	165	10/5/2002	23,5	7,5	
18/3/2002	23,0	7,5		11/5/2002	23,0	7,5	230
Adição CAP				13/5/2002	23,0	7,6	
19/3/2002	23,0	7,7		15/5/2002	23,0	7,6	
20/3/2002	23,0	7,8		16/5/2002	23,0	7,6	
21/3/2002	23,5	7,5		17/5/2002	23,5	7,6	
22/3/2002	23,0	7,5		18/5/2002	23,0	7,5	
23/3/2001	23,0	7,8		20/5/2002	23,0	7,5	
25/3/2002	23,0	7,5		21/5/2002	23,0	7,5	
26/3/2002	23,0	7,5		22/5/2002	23,0	7,5	235
27/3/2002	23,5	7,6		23/5/2002	23,5	7,5	
28/3/2002	23,0	7,7		24/5/2002	23,5	7,5	
30/3/2002	23,5	7,5		25/5/2002	23,5	7,5	
Coleta lodo				27/5/2002	23,5	7,5	235
1/4/2002	23,0	7,7	185	28/5/2002	23,5	7,5	
2/4/2002	23,0	7,6		29/5/2002	23,5	7,5	
3/4/2002	23,0	7,7		30/5/2002	23,0	7,6	
4/4/2002	23,0	7,5		31/5/2002	23,0	7,6	240
5/4/2002	23,5	7,7	190				
6/4/2002	23,0	7,8					
8/4/2002	23,5	7,5					
9/4/2002	23,0	7,6					
10/4/2002	23,0	7,7					
12/4/2002	23,5	7,5	210				

Tabela 5

Dados de Operação Diária do Reator "R40ComCAP"

DATA DATA	TEMP o C	pH	SS ml/l	DATA DATA	TEMP o C	pH	SS ml/l
1/6/2002	24,0	7,5		24/7/2002	23,5	7,5	280
3/6/2002	22,0	7,5		25/7/2002	23,0	7,5	
4/6/2002	22,0	7,5	250	26/7/2002	23,5	7,5	280
5/6/2002	23,0	7,5		27/7/2002	23,0	7,5	
6/6/2002	22,0	7,6		29/7/2002	23,0	7,5	
7/6/2002	22,0	7,6		30/7/2002	23,0	7,6	280
8/6/2002	22,0	7,5	255	31/7/2002	23,0	7,6	
10/6/2002	22,0	7,5					
11/6/2002	24,0	7,6					
12/6/2002	24,0	7,6	260				
13/6/2002	24,0	7,7					
14/6/2002	24,0	7,5					
15/6/2002	23,5	7,5	260				
17/6/2002	23,5	7,6					
18/6/2002	23,5	7,6	265				
19/6/2002	23,5	7,7					
20/6/2002	23,5	7,6	265				
21/6/2002	23,5	7,7					
24/6/2002	23,0	7,5	265				
25/6/2002	23,0	7,7					
26/3/2002	23,0	7,6					
27/6/2002	23,5	7,5	265				
28/3/2002	23,0	7,5					
29/6/2002	23,5	7,6					
1/7/2002	23,5	7,5					
2/7/2002	23,5	7,5	265				
3/7/2002	23,5	7,5					
4/7/2002	23,0	7,5					
5/7/2002	23,0	7,5					
6/7/2002	23,0	7,6					
8/7/2002	23,5	7,6	265				
9/7/2002	23,5	7,5					
10/7/2002	23,5	7,5					
11/7/2002	23,5	7,6					
12/7/2002	23,5	7,6					
13/7/2002	23,0	7,6	270				
15/7/2002	23,0	7,5					
16/7/2002	23,0	7,5					
17/7/2002	23,5	7,5					
18/7/2002	23,0	7,5					
19/7/2002	23,0	7,5	265				
20/7/2002	23,0	7,5					
22/7/2002	23,5	7,5					
23/7/2002	23,0	7,5	280				

Anexo B

Dados Operacionais da Avaliação do Tipo e Dosagem de CAP

**Tabela 1 Valores de eficiência de Tratamento
CAP Tipo A (PW 1185)**

Para o Efluente Bruto Br # 1

Br # 1 após 2 horas de adsorção								eficiência CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	441	16	435	0,570	2136	880	%	%	%
1	0	459	24	435	0,565	1541	860	0	28	2
2	500	433	29	404	0,510	1396	800	7	35	9
3	750	435	30	405	0,494	1354	770	7	37	13
4	1000	414	29	385	0,510	1396	690	11	35	22
5	1250	415	31	384	0,450	1237	710	12	42	19
6	1500	404	28	377	0,450	1237	710	13	42	19
Br # 1 após 4 horas de adsorção								eficiência CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	cid	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	441	16	435	0,570	2136	880	%	%	%
1	0	462	32	430	0,555	1515	840	1	29	5
2	500	368	30	338	0,493	1351	790	22	37	10
3	750	336	30	305	0,468	1285	650	30	40	26
4	1000	369	31	339	0,457	1256	600	22	41	32
5	1250	365	33	333	0,441	1214	630	24	43	28
6	1500	397	34	363	0,468	1285	620	17	40	30
Br # 1 após 6 horas de adsorção								eficiência CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	441	16	435	0,570	2136	880	%	%	%
1	0	434	27	407	0,548	1496	790	6	30	10
2	500	348	22	326	0,457	1256	530	25	41	40
3	750	331	33	297	0,467	1282	600	32	40	32
4	1000	332	34	298	0,453	1245	430	31	42	51
5	1250	370	39	331	0,433	1193	450	24	44	49
6	1500	393	43	350	0,434	1195	430	19	44	51
Br # 1 após 22 horas de adsorção								eficiência CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	441	16	435	0,570	2136	880	%	%	%
1	0	393	51	342	0,539	1473	730	21	31	17
2	500	356	49	306	0,441	1214	480	30	43	45
3	750	342	49	294	0,468	1285	440	32	40	50
4	1000	334	42	292	0,451	1240	410	33	42	53
5	1250	367	53	314	0,430	1185	430	28	45	51
6	1500	370	49	321	0,428	1179	420	26	45	52

**Tabela 2 Valores de Eficiência de Tratamento
CAP Tipo A (PW 1185)**

Para o Efluente Bruto Br # 1 após Tratamento Biológico.

após 2 horas de adsorção								eficiência CAP			efic. BIO + CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	217	30	188	0,261	738	230	%	%	%	%	%	%
1	0	214	26	187	0,260	735	210	0	0	9	57	66	76
2	500	210	27	184	0,220	630	190	2	15	17	58	71	78
3	750	176	30	146	0,220	630	160	22	15	30	66	71	82
4	1000	166	31	134	0,215	616	160	28	16	30	69	71	82
5	1250	177	32	145	0,214	614	160	23	17	30	67	71	82
6	1500	164	33	132	0,202	582	110	30	21	52	70	73	88
após 4 horas de adsorção								eficiência CAP			efic. BIO + CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	217	30	188	0,261	738	230	%	%	%	%	%	%
1	0	215	33	182	0,260	735	210	3	0	9	58	66	76
2	500	166	32	135	0,212	608	190	28	18	17	69	72	78
3	750	145	17	128	0,204	587	140	32	20	39	71	73	84
4	1000	154	29	125	0,203	585	120	33	21	48	71	73	86
5	1250	173	29	143	0,202	582	120	24	21	48	67	73	86
6	1500	154	31	123	0,194	561	110	35	24	52	72	74	88
após 6 horas de adsorção								eficiência CAP			efic. BIO + CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	217	30	188	0,261	738	230	%	%	%	%	%	%
1	0	204	24	179	0,250	709	210	4	4	9	59	67	76
2	500	156	28	128	0,200	577	180	32	22	22	71	73	80
3	750	143	29	114	0,203	585	130	39	21	43	74	73	85
4	1000	144	30	114	0,200	577	120	39	22	48	74	73	86
5	1250	162	28	134	0,196	566	120	29	23	48	69	73	86
6	1500	149	30	119	0,182	529	100	36	28	57	73	75	89
após 22 horas de adsorção								eficiência CAP			efic. BIO + CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	217	30	188	0,261	738	230	%	%	%	%	%	%
1	0	204	27	176	0,239	680	210	6	8	9	59	68	76
2	500	157	30	127	0,179	521	170	32	29	26	71	76	81
3	750	135	30	105	0,169	495	130	44	33	43	76	77	85
4	1000	130	32	99	0,169	495	125	47	33	46	77	77	86
5	1250	154	30	124	0,164	482	130	34	35	43	72	77	85
6	1500	148	32	116	0,161	474	110	38	36	52	73	78	88

**Tabela 3 Valores de eficiência de Tratamento CAP Tipo A (PW 1185)
Para o Efluente Bruto Br # 2**

após 2 horas de adsorção								eficiência CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	678	27	651	0,838	2263	785	%	%	%
1	0	681	43	638	0,832	2247	740	2	1	6
2	500	673	34	640	0,624	1697	680	2	25	13
3	750	647	38	610	0,606	1650	690	6	27	12
4	1000	659	49	610	0,600	1634	640	6	28	18
5	1250	647	53	595	0,590	1607	580	9	29	26
6	1500	626	32	594	0,570	1555	560	9	31	29
após 4 horas de adsorção								eficiência CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	678	27	651	0,838	2263	785	%	%	%
1	0	674	45	629	0,826	2231	700	3	1	11
2	500	673	37	636	0,533	1457	570	2	36	27
3	750	636	41	595	0,533	1457	600	9	36	24
4	1000	639	39	600	0,503	1378	490	8	39	38
5	1250	611	40	571	0,500	1370	540	12	39	31
6	1500	605	36	568	0,479	1314	550	13	42	30
após 6 horas de adsorção								eficiência CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	678	27	651	0,838	2263	785	%	%	%
1	0	665	37	628	0,810	2189	690	4	3	12
2	500	654	51	602	0,407	1124	540	7	50	31
3	750	553	50	503	0,408	1126	600	23	50	24
4	1000	506	45	461	0,400	1105	450	29	51	43
5	1250	440	46	394	0,400	1105	540	39	51	31
6	1500	442	41	401	0,400	1105	520	38	51	34
após 22 horas de adsorção								eficiência CAP		
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	COD	DQO	COR
	inicial	678	27	651	0,838	2263	785	%	%	%
1	0	655	36	619	0,800	2162	690	5	4	12
2	500	464	23	441	0,405	1119	500	32	51	36
3	750	520	20	500	0,406	1121	570	23	50	27
4	1000	422	26	396	0,396	1095	450	39	52	43
5	1250	397	18	379	0,395	1092	530	42	52	32
6	1500	432	31	401	0,400	1105	500	38	51	36

**Tabela 4 Valores de Eficiência de Tratamento
CAP Tipo A (PW 1185)**

Para o Efluente Bruto Br # 2 após Tratamento Biológico.

PW 1185 (Tipo D Porto)

após 2 horas de adsorção													
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	eficiência CAP			efic. BIO + CAP		
	inicial	287	18	269	0,420	1158	210	COD	DQO	COR	COD	DQO	COR
1	0	286	25	260	0,380	1052	210	3	9	0	60	53	73
2	500	278	27	251	0,350	973	200	7	16	5	61	57	75
3	750	277	28	249	0,350	973	160	7	16	24	62	57	80
4	1000	271	28	243	0,340	947	160	10	18	24	63	58	80
5	1250	229	28	201	0,330	920	150	25	21	29	69	59	81
6	1500	199	29	170	0,300	841	130	37	27	38	74	63	83
após 4 horas de adsorção													
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	eficiência CAP			efic. BIO + CAP		
	inicial	287	18	269	0,420	1158	210	COD	DQO	COR	COD	DQO	COR
1	0	225	27	198	0,340	947	210	27	18	0	70	58	73
2	500	166	29	137	0,240	682	190	49	41	10	79	70	76
3	750	145	30	115	0,290	815	150	57	30	29	82	64	81
4	1000	154	30	123	0,240	682	145	54	41	31	81	70	82
5	1250	173	32	141	0,210	603	150	48	48	29	78	73	81
6	1500	194	33	161	0,250	709	120	40	39	43	75	69	85
após 6 horas de adsorção													
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	eficiência CAP			efic. BIO + CAP		
	inicial	287	18	269	0,420	1158	210	COD	DQO	COR	COD	DQO	COR
1	0	214	28	186	0,340	947	200	31	18	5	71	58	75
2	500	166	30	136	0,220	630	180	49	46	14	79	72	77
3	750	153	32	121	0,250	709	150	55	39	29	81	69	81
4	1000	144	32	112	0,180	524	140	58	55	33	83	77	82
5	1250	162	35	127	0,200	577	140	53	50	33	80	75	82
6	1500	169	30	139	0,200	577	110	48	50	48	79	75	86
após 22 horas de adsorção													
Jarro	(mg/l)	CTD	CID	COD	ABS	DQO	COR	eficiência CAP			efic. BIO + CAP		
	inicial	287	18	269	0,420	1158	210	COD	DQO	COR	COD	DQO	COR
1	0	204	34	170	0,310	867	200	37	25	5	74	62	75
2	500	168	35	133	0,180	524	170	50	55	19	80	77	78
3	750	155	35	120	0,200	577	150	55	50	29	82	75	81
4	1000	160	39	122	0,180	524	130	55	55	38	81	77	83
5	1250	174	41	132	0,190	550	110	51	52	48	80	76	86
6	1500	178	45	133	0,180	524	110	51	55	48	80	77	86

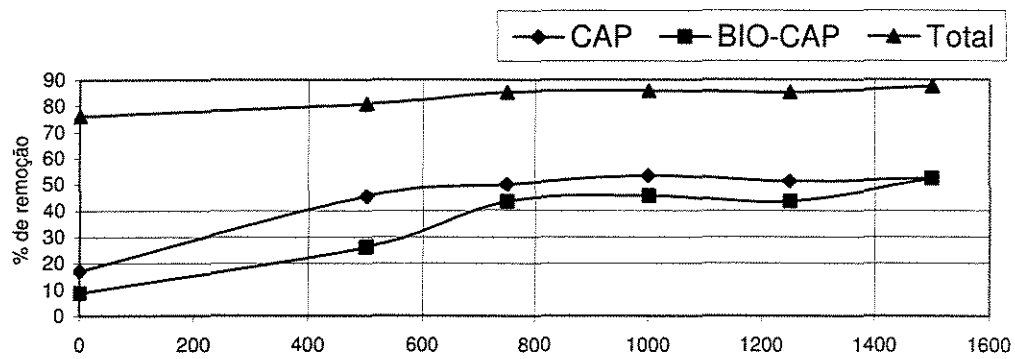


Figura 1 Eficiência de Remoção COR CAP TIPO A
Br#1 e BrBio#1- 22 Horas de adsorção

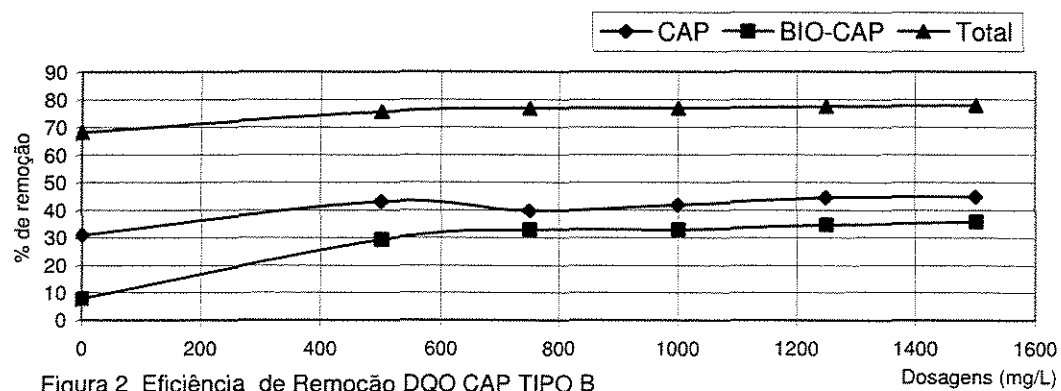


Figura 2 Eficiência de Remoção DQO CAP TIPO B
Br#1 e BrBio#1- 22 Horas de adsorção

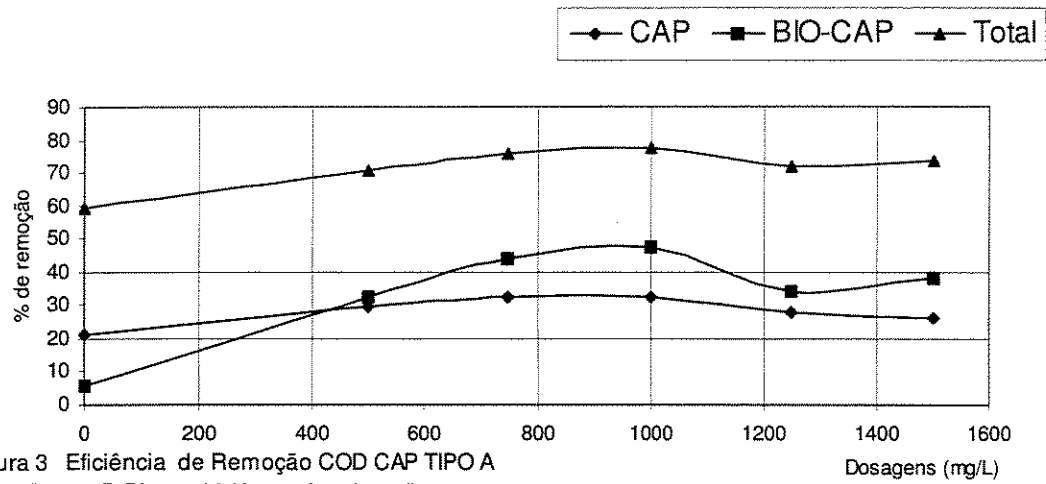


Figura 3 Eficiência de Remoção COD CAP TIPO A
Br#1 e BrBio#1 - 22 Horas de adsorção

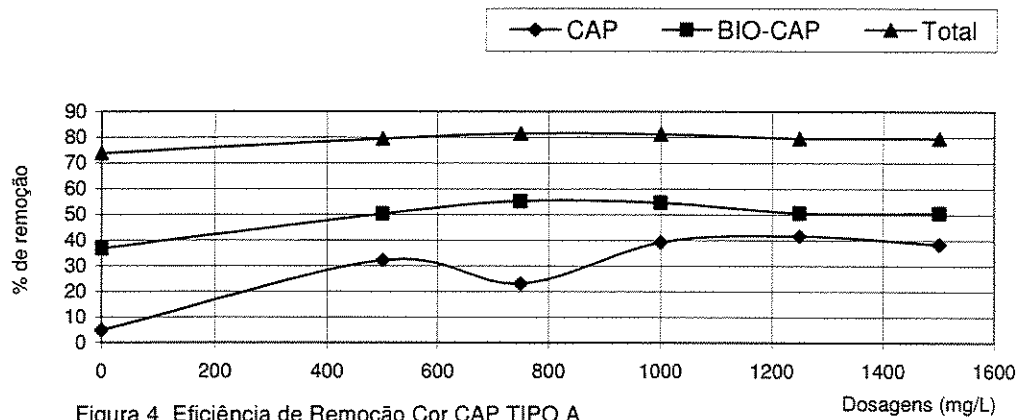
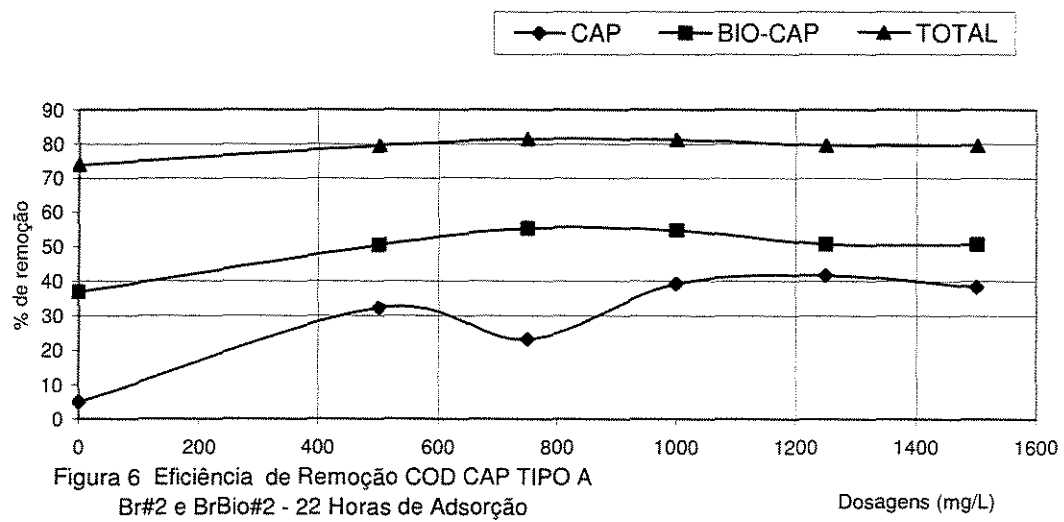
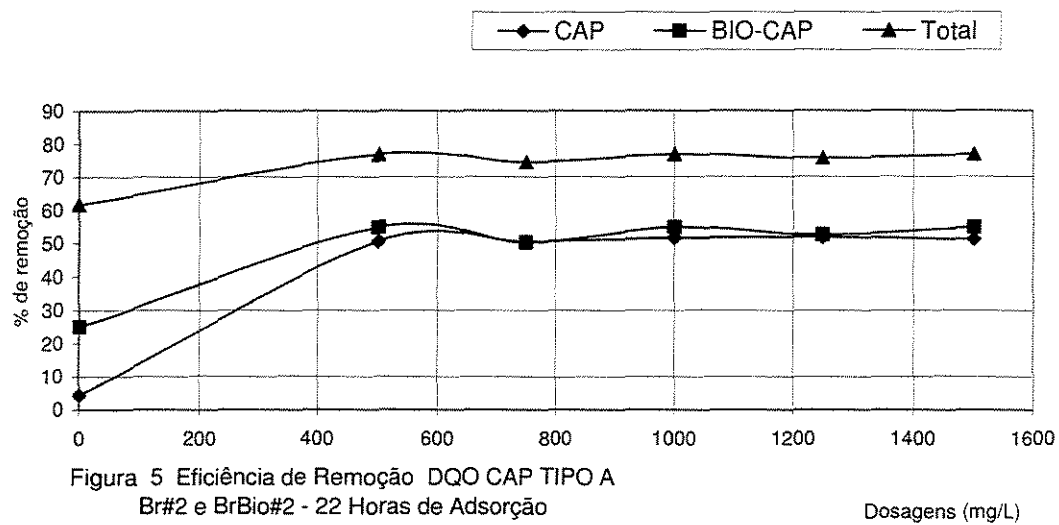


Figura 4 Eficiência de Remoção Cor CAP TIPO A
Br#2 e BrBio#2 - 22 Horas de Adsorção



Anexo C

Estudos de Condicionamento com Polímero e Desidratação por Centrifugação

Lodo LR40 Sem CAP Fase 2 P1 852BC
 Centrifugação = 1000 rpm
 DOSPoli= 0,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%
 SST / lodo = 39600 mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 0,00 ml / L
 Amostra Cond. = 100 ml
 Amostra Proveta = 15 ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0 ml
 VOL TOT Cond. = 100 ml
 SST lodo Cond. = 39600 mg / L

Tabela 1 Resultados para 1000 rpm lodo Sem CAP / Sem polímero

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	1	2	3	4	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39600	3,96
10	10,00	10,00	10,25	10,00	10,06	0,01006	59031	5,90
20	9,00	9,00	9,25	8,75	9,00	0,00900	66000	6,60
30	8,50	8,75	8,50	8,25	8,50	0,00850	69882	6,99
40	8,00	8,50	8,00	7,75	8,06	0,00806	73674	7,37
50	8,00	8,25	7,50	7,50	7,81	0,00781	76032	7,60
60	7,60	8,25	7,35	7,35	7,64	0,00764	77774	7,78
70	7,50	8,00	7,25	7,25	7,50	0,00750	79200	7,92
80	7,50	8,00	7,25	7,25	7,50	0,00750	79200	7,92

Fase 2 polímero 1 P1 852BC pr

Lodo LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm
 DOSPoli= 1,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%
 SST / lodo = 37200mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 14,88ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,1488ml
 VOL TOT Cond. = 100,1488ml
 SST lodo Cond. = 37145mg / L

Tabela 2 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 1,0 mg Polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37145	3,71
10	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00700	79596	7,96
20	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	0,00625	89147	8,91
30	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	92862	9,29
40	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	0,00585	95243	9,52
50	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	0,00575	96899	9,69
60	5,60	5,65	5,65	5,65	5,64	0,00564	98833	9,88
70	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	0,00550	101304	10,13
80	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	0,00550	101304	10,13

Fase 2 polímero 1 P1 852BC pr LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 1,5mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25%

SST / lodo = 37200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 22,32ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,2232ml

VOL TOT Cond. = 100,2232ml

SST lodo Cond. = 37117mg / L

Tabela 3 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 1,5 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37117	3,71
10	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	0,00625	89081	8,91
20	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	92793	9,28
30	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	0,00575	96827	9,68
40	5,50	5,60	5,60	5,60	5,58	0,00558	99867	9,99
50	5,40	5,50	5,50	5,50	5,48	0,00548	101691	10,17
60	5,35	5,50	5,40	5,40	5,41	0,00541	102865	10,29
70	5,25	5,40	5,25	5,25	5,29	0,00529	105297	10,53
80	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	0,00525	106049	10,60

Fase 2 polímero 1 P1 852BC pr LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 2,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25%

SST / lodo = 37200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 29,76ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,2976ml

VOL TOT Cond. = 100,2976ml

SST lodo Cond. = 37090mg / L

Tabela 4 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 2,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37090	3,71
10	6,25	6,50	6,50	6,50	6,44	0,00644	86422	8,64
20	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	92724	9,27
30	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	0,00575	96756	9,68
40	5,50	5,60	5,60	5,60	5,58	0,00558	99793	9,98
50	5,35	5,50	5,50	5,50	5,46	0,00546	101848	10,18
60	5,25	5,35	5,40	5,35	5,34	0,00534	104233	10,42
70	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	0,00525	105970	10,60
80	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	0,00525	105970	10,60

Fase 2 polímero 1 P1 852BC pr LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 3,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25%

SST / lodo = 37200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 44,64ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,4464ml

VOL TOT Cond. = 100,4464ml

SST lodo Cond. = 37035mg / L

Tabela 5 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 3,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37035	3,70
10	5,75	6,00	5,85	6,00	5,90	0,00590	94156	9,42
20	5,50	5,50	5,75	5,75	5,63	0,00563	98759	9,88
30	5,10	5,35	5,60	5,35	5,35	0,00535	103836	10,38
40	5,00	5,25	5,50	5,25	5,25	0,00525	105813	10,58
50	5,00	5,10	5,25	5,10	5,11	0,00511	108659	10,87
60	4,90	5,00	5,10	5,00	5,00	0,00500	111104	11,11
70	4,75	5,00	5,00	5,00	4,94	0,00494	112510	11,25
80	4,75	5,00	5,00	5,00	4,94	0,00494	112510	11,25

Fase 2 polímero 1 P1 852BC pr LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25%

SST / lodo = 37200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 59,52ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,5952ml

VOL TOT Cond. = 100,5952ml

SST lodo Cond. = 36980mg / L

Tabela 6 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	36980	3,70
10	5,00	5,60	5,60	5,75	5,49	0,00549	101084	10,11
20	4,50	5,50	5,50	5,60	5,28	0,00528	105156	10,52
30	4,35	5,35	5,10	5,50	5,08	0,00508	109300	10,93
40	4,25	5,25	5,10	5,10	4,93	0,00493	112629	11,26
50	4,25	5,10	5,00	5,00	4,84	0,00484	114666	11,47
60	4,15	5,00	5,00	5,00	4,79	0,00479	115864	11,59
70	4,00	4,75	5,00	5,00	4,69	0,00469	118336	11,83
80	4,00	4,75	5,00	5,00	4,69	0,00469	118336	11,83

Fase 2 polímero 1 P1 852BC pr LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25%

SST / lodo = 37200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 74,40ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,744ml

VOL TOT Cond. = 100,744ml

SST lodo Cond. = 36925mg / L

Tabela 7 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	36925	3,69
10	5,00	5,00	5,50	5,75	5,31	0,00531	104260	10,43
20	4,75	5,00	5,25	5,50	5,13	0,00513	108074	10,81
30	4,60	4,60	5,10	5,35	4,91	0,00491	112749	11,27
40	4,50	4,50	5,00	5,25	4,81	0,00481	115092	11,51
50	4,50	4,50	5,00	5,15	4,79	0,00479	115693	11,57
60	4,50	4,50	4,90	5,10	4,75	0,00475	116606	11,66
70	4,40	4,40	4,75	5,00	4,64	0,00464	119435	11,94
80	4,25	4,25	4,75	5,00	4,56	0,00456	121398	12,14

Fase 2 polímero 1 P1 852BC pr LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25%

SST / lodo = 37200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 89,28ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,8928ml

VOL TOT Cond. = 100,8928ml

SST lodo Cond. = 36871mg / L

Tabela 8 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 6,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	36871	3,69
10	5,10	5,35	5,35	5,35	5,29	0,00529	104598	10,46
20	5,00	5,25	5,25	5,25	5,19	0,00519	106614	10,66
30	5,00	5,10	5,15	5,25	5,13	0,00513	107915	10,79
40	5,00	5,00	5,10	5,10	5,05	0,00505	109517	10,95
50	5,00	4,85	5,00	5,00	4,96	0,00496	111448	11,14
60	5,00	4,75	4,85	5,00	4,90	0,00490	112870	11,29
70	5,00	4,75	4,75	5,00	4,88	0,00488	113449	11,34
80	5,00	4,75	4,75	5,00	4,88	0,00488	113449	11,34

Fase 2 polímero 2 P2 G9046 na LR40 Sem CAP**Centrifugação = 1000 rpm**

DOSPolí= 0,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%

SST / lodo = 39600mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 0,00ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0ml

VOL TOT Cond. = 100ml

SST lodo Cond. = 39600mg / L

Tabela 9 Resultados para 1000 rpm lodo Sem CAP / Sem polímero

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	1	2	3	4	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39600	3,96
10	10,00	10,00	10,25	10,00	10,06	0,01006	59031	5,90
20	9,00	9,00	9,25	8,75	9,00	0,00900	66000	6,60
30	8,50	8,75	8,50	8,25	8,50	0,00850	69882	6,99
40	8,00	8,50	8,00	7,75	8,06	0,00806	73674	7,37
50	8,00	8,25	7,50	7,50	7,81	0,00781	76032	7,60
60	7,60	8,25	7,35	7,35	7,64	0,00764	77774	7,78
70	7,50	8,00	7,25	7,25	7,50	0,00750	79200	7,92
80	7,50	8,00	7,25	7,25	7,50	0,00750	79200	7,92

Fase 2 polímero 2 P2 G9046 na LR40 Sem CAP**Centrifugação = 1000 rpm**

DOSPolí= 1,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%

SST / lodo = 37500mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 15,00ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,15ml

VOL TOT Cond. = 100,15ml

SST lodo Cond. = 37444mg / L

Tabela 10 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 1,0 mg Polímero G9046 na / g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37444	3,74
10	6,00	5,85	5,85	5,60	5,83	0,00583	96422	9,64
20	5,90	5,75	5,75	5,50	5,73	0,00573	98106	9,81
30	5,85	5,75	5,75	5,50	5,71	0,00571	98321	9,83
40	5,75	5,75	5,75	5,50	5,69	0,00569	98753	9,88
50	5,60	5,75	5,75	5,50	5,65	0,00565	99408	9,94
60	5,50	5,75	5,75	5,50	5,63	0,00563	99850	9,99
70	5,50	5,75	5,75	5,50	5,63	0,00563	99850	9,99
80	5,50	5,75	5,75	5,50	5,63	0,00563	99850	9,99

Fase 2 polímero 2 P2 G9046 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 2,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%

SST / lodo = 37500mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 30,00ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,3ml

VOL TOT Cond. = 100,3ml

SST lodo Cond. = 37388mg / L

Tabela 11 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 2,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37388	3,74
10	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	0,00650	86280	8,63
20	5,75	5,75	6,00	6,00	5,88	0,00588	95458	9,55
30	5,60	5,60	5,60	5,75	5,64	0,00564	99480	9,95
40	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	0,00550	101967	10,20
50	5,35	5,40	5,50	5,35	5,40	0,00540	103855	10,39
60	5,25	5,35	5,50	5,25	5,34	0,00534	105071	10,51
70	5,25	5,25	5,40	5,25	5,29	0,00529	106065	10,61
80	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	0,00525	106822	10,68

Fase 2 polímero 2 P2 G9046 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 3,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%

SST / lodo = 37500mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 45,00ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,45ml

VOL TOT Cond. = 100,45ml

SST lodo Cond. = 37332mg / L

Tabela 12 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 3,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37332	3,73
10	5,35	5,60	5,60	6,25	5,70	0,00570	98242	9,82
20	5,25	5,50	5,50	6,10	5,59	0,00559	100220	10,02
30	5,25	5,50	5,50	6,00	5,56	0,00556	100671	10,07
40	5,25	5,50	5,50	5,85	5,53	0,00553	101354	10,14
50	5,15	5,50	5,50	5,75	5,48	0,00548	102279	10,23
60	5,10	5,50	5,50	5,60	5,43	0,00543	103222	10,32
70	5,00	5,40	5,50	5,50	5,35	0,00535	104669	10,47
80	5,00	5,25	5,50	5,50	5,31	0,00531	105408	10,54

Fase 2 polímero 2 P2 G9046 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%

SST / lodo = 37500mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 60,00ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,6ml

VOL TOT Cond. = 100,6ml

SST lodo Cond. = 37276mg / L

Tabela 13 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37276	3,73
10	6,00	6,00	6,25	6,00	6,06	0,00606	92230	9,22
20	5,60	5,75	5,85	5,60	5,70	0,00570	98096	9,81
30	5,50	5,60	5,75	5,50	5,59	0,00559	100071	10,01
40	5,50	5,50	5,75	5,35	5,53	0,00553	101203	10,12
50	5,40	5,50	5,65	5,25	5,45	0,00545	102595	10,26
60	5,35	5,50	5,60	5,25	5,43	0,00543	103068	10,31
70	5,25	5,50	5,50	5,25	5,38	0,00538	104027	10,40
80	5,25	5,50	5,50	5,25	5,38	0,00538	104027	10,40

Fase 2 polímero 2 P2 G9046 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%

SST / lodo = 37500mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 75,00ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,75ml

VOL TOT Cond. = 100,75ml

SST lodo Cond. = 37221mg / L

Tabela 14 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37221	3,72
10	5,50	5,75	6,00	6,10	5,84	0,00584	95642	9,56
20	5,35	5,50	5,75	6,00	5,65	0,00565	98816	9,88
30	5,25	5,35	5,60	5,90	5,53	0,00553	101052	10,11
40	5,00	5,25	5,50	5,85	5,40	0,00540	103391	10,34
50	4,85	5,10	5,40	5,75	5,28	0,00528	105841	10,58
60	4,75	5,00	5,35	5,60	5,18	0,00518	107887	10,79
70	4,75	5,00	5,25	5,50	5,13	0,00513	108939	10,89
80	4,75	5,00	5,25	5,50	5,13	0,00513	108939	10,89

Fase 2 polímero 2 P2 G9046 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%

SST / lodo = 37500mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 90,00ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,9ml

VOL TOT Cond. = 100,9ml

SST lodo Cond. = 37166mg / L

Tabela 15 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 6,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37166	3,72
10	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	92914	9,29
20	5,50	5,75	5,50	5,75	5,63	0,00563	99108	9,91
30	5,00	5,60	5,35	5,50	5,36	0,00536	103959	10,40
40	4,85	5,50	5,25	5,25	5,21	0,00521	106951	10,70
50	4,75	5,35	5,10	5,10	5,08	0,00508	109849	10,98
60	4,75	5,25	5,00	5,00	5,00	0,00500	111497	11,15
70	4,75	5,25	5,00	5,00	5,00	0,00500	111497	11,15
80	4,75	5,25	5,00	5,00	5,00	0,00500	111497	11,15

Fase 2 Polímero 3 P3G999 na LR40SemCAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 0,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 39600mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 0,00ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0ml

VOL TOT Cond. = 100ml

SST lodo Cond. = 39600mg / L

Tabela 16 Resultados para 1000 rpm lodo Sem CAP / Sem polímero

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	1	2	3	4	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39600	3,96
10	10,00	10,00	10,25	10,00	10,06	0,01006	59031	5,90
20	9,00	9,00	9,25	8,75	9,00	0,00900	66000	6,60
30	8,50	8,75	8,50	8,25	8,50	0,00850	69882	6,99
40	8,00	8,50	8,00	7,75	8,06	0,00806	73674	7,37
50	8,00	8,25	7,50	7,50	7,81	0,00781	76032	7,60
60	7,60	8,25	7,35	7,35	7,64	0,00764	77774	7,78
70	7,50	8,00	7,25	7,25	7,50	0,00750	79200	7,92
80	7,50	8,00	7,25	7,25	7,50	0,00750	79200	7,92

Fase 2 Polímero 3 P3G999 na LR40SemCAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 1,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 37100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 14,84ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,1484ml

VOL TOT Cond. = 100,1484ml

SST lodo Cond. = 37045mg / L

Tabela 17 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 1,0 mg Polímero G999 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37045	3,70
10	7,25	7,50	7,75	7,50	7,50	0,00750	74090	7,41
20	6,75	7,00	7,00	7,00	6,94	0,00694	80097	8,01
30	6,25	6,35	6,50	6,35	6,36	0,00636	87336	8,73
40	6,00	6,25	6,25	6,25	6,19	0,00619	89806	8,98
50	5,85	6,10	6,10	6,10	6,04	0,00604	92037	9,20
60	5,75	6,00	6,00	6,00	5,94	0,00594	93587	9,36
70	5,75	6,00	6,00	6,00	5,94	0,00594	93587	9,36
80	5,75	6,00	6,00	6,00	5,94	0,00594	93587	9,36

Fase 2 Polímero 3 P3G999 na LR40SemCAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 2,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 37100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 29,68ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,2968ml

VOL TOT Cond. = 100,2968ml

SST lodo Cond. = 36990mg / L

Tabela 18 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 2,0 mg polímero G999 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	36990	3,70
10	7,25	7,25	7,25	7,50	7,31	0,00731	75877	7,59
20	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00700	79265	7,93
30	6,75	6,75	6,50	6,50	6,63	0,00663	83751	8,38
40	6,25	6,35	6,35	6,35	6,33	0,00633	87724	8,77
50	6,10	6,25	6,25	6,25	6,21	0,00621	89312	8,93
60	6,00	6,10	6,10	6,10	6,08	0,00608	91334	9,13
70	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	92476	9,25
80	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	92476	9,25

Fase 2 Polímero 3 P3G999 na LR40SemCAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 3,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 37100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 44,52ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,4452ml

VOL TOT Cond. = 100,4452ml

SST lodo Cond. = 36936mg / L

Tabela 19 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 3,0 mg polímero G999 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	36936	3,69
10	7,00	7,50	7,50	7,50	7,38	0,00738	75123	7,51
20	6,50	6,75	6,60	7,00	6,71	0,00671	82538	8,25
30	6,25	6,50	6,50	6,50	6,44	0,00644	86063	8,61
40	6,10	6,35	6,35	6,35	6,29	0,00629	88117	8,81
50	6,00	6,25	6,25	6,25	6,19	0,00619	89541	8,95
60	5,60	6,10	6,10	6,10	5,98	0,00598	92725	9,27
70	5,50	6,00	6,00	6,00	5,88	0,00588	94304	9,43
80	5,25	6,00	6,00	6,00	5,81	0,00581	95318	9,53

Fase 2 Polímero 3 P3G999 na LR40SemCAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 37100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 59,36ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,5936ml

VOL TOT Cond. = 100,5936ml

SST lodo Cond. = 36881mg / L

Tabela 20 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg polímero G999 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	36881	3,69
10	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	0,00725	76306	7,63
20	6,25	6,50	6,50	6,50	6,44	0,00644	85936	8,59
30	6,00	6,10	6,25	6,35	6,18	0,00618	89590	8,96
40	5,75	6,00	6,10	6,25	6,03	0,00603	91820	9,18
50	5,60	6,00	6,00	6,10	5,93	0,00593	93370	9,34
60	5,50	6,00	6,00	6,00	5,88	0,00588	94164	9,42
70	5,25	5,75	5,75	5,75	5,63	0,00563	98350	9,83
80	5,25	5,75	5,75	5,75	5,63	0,00563	98350	9,83

Fase 2 polímero 4 P4 G998 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 0,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 39600mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 0,00ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0ml

VOL TOT Cond. = 100ml

SST lodo Cond. = 39600mg / L

Tabela 21 Resultados para 1000 rpm lodo Sem CAP / Sem polímero

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	1	2	3	4	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39600	3,96
10	10,00	10,00	10,25	10,00	10,06	0,01006	59031	5,90
20	9,00	9,00	9,25	8,75	9,00	0,00900	66000	6,60
30	8,50	8,75	8,50	8,25	8,50	0,00850	69882	6,99
40	8,00	8,50	8,00	7,75	8,06	0,00806	73674	7,37
50	8,00	8,25	7,50	7,50	7,81	0,00781	76032	7,60
60	7,60	8,25	7,35	7,35	7,64	0,00764	77774	7,78
70	7,50	8,00	7,25	7,25	7,50	0,00750	79200	7,92
80	7,50	8,00	7,25	7,25	7,50	0,00750	79200	7,92

Fase 2 polímero 4 P4 G998 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 1,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 37100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 14,84ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,1484ml

VOL TOT Cond. = 100,1484ml

SST lodo Cond. = 37045mg / L

Tabela 22 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 1,0 mg Polímero G998 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	37045	3,70
10	7,00	7,25	7,50	7,50	7,31	0,00731	75990	7,60
20	6,35	6,75	6,85	7,00	6,74	0,00674	82475	8,25
30	6,25	6,50	6,75	6,75	6,56	0,00656	84674	8,47
40	6,25	6,35	6,50	6,50	6,40	0,00640	86824	8,68
50	6,10	6,25	6,35	6,25	6,24	0,00624	89086	8,91
60	6,00	6,10	6,25	6,10	6,11	0,00611	90908	9,09
70	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	92613	9,26
80	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	92613	9,26

Fase 2 polímero 4 P4 G998 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 2,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 37100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 29,68ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,2968ml

VOL TOT Cond. = 100,2968ml

SST lodo Cond. = 36990mg / L

Tabela 23 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 2,0 mg polímero G998 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	36990	3,70
10	7,25	7,25	7,25	7,50	7,31	0,00731	75877	7,59
20	6,50	7,00	7,00	7,00	6,88	0,00688	80706	8,07
30	6,25	6,75	6,60	6,75	6,59	0,00659	84228	8,42
40	6,25	6,60	6,50	6,35	6,43	0,00643	86358	8,64
50	6,10	6,50	6,35	6,25	6,30	0,00630	88072	8,81
60	6,00	6,50	6,25	6,25	6,25	0,00625	88777	8,88
70	6,00	6,25	6,25	6,25	6,19	0,00619	89673	8,97
80	6,00	6,25	6,25	6,25	6,19	0,00619	89673	8,97

Fase 2 polímero 4 P4 G998 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 3,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 37100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 44,52ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,4452ml

VOL TOT Cond. = 100,4452ml

SST lodo Cond. = 36936mg / L

Tabela 24 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 3,0 mg polímero G998 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	36936	3,69
10	7,25	7,50	7,25	7,25	7,31	0,00731	75765	7,58
20	6,50	7,00	7,00	6,75	6,81	0,00681	81326	8,13
30	6,25	6,75	6,50	6,35	6,46	0,00646	85731	8,57
40	6,00	6,50	6,25	6,25	6,25	0,00625	88645	8,86
50	6,00	6,50	6,25	6,00	6,19	0,00619	89541	8,95
60	6,00	6,25	6,25	6,00	6,13	0,00613	90454	9,05
70	6,00	6,25	6,25	6,00	6,13	0,00613	90454	9,05
80	6,00	6,00	6,25	6,00	6,06	0,00606	91387	9,14

Fase 2 polímero 4 P4 G998 na LR40 Sem CAP

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 37100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 59,36ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,5936ml

VOL TOT Cond. = 100,5936ml

SST lodo Cond. = 36881 mg / L

Tabela 25 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg polímero G998 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	36881	3,69
10	7,00	7,25	7,25	7,25	7,19	0,00719	76969	7,70
20	6,50	6,75	6,50	6,75	6,63	0,00663	83504	8,35
30	6,10	6,50	6,35	6,50	6,36	0,00636	86949	8,69
40	6,00	6,10	6,25	6,35	6,18	0,00618	89590	8,96
50	5,75	6,00	6,10	6,25	6,03	0,00603	91820	9,18
60	5,50	6,00	6,00	6,10	5,90	0,00590	93765	9,38
70	5,25	5,75	5,75	6,00	5,69	0,00569	97269	9,73
80	5,25	5,50	5,50	5,75	5,50	0,00550	100585	10,06

Fase 3 LODO LR40SemCAP polímero 1 P1 852BC pr

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 200 rpm / 60 s
 DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %
 SST / lodo = 39600mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 79,20ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,792ml
 VOL TOT Cond. = 100,792ml
 SST lodo Cond. = 39289mg / L

Tabela 26 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5.0 mg Polímero 852BC pr / g de SST no lodo

Mistura 200 rpm / 60 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	1	2	3	4	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39289	3,93
10	4,00	3,85	3,85	4,00	3,93	0,00393	150148	15,01
20	3,85	3,75	3,75	3,75	3,78	0,00378	156115	15,61
30	3,65	3,75	3,75	3,75	3,73	0,00373	158210	15,82
40	3,75	3,50	3,65	3,65	3,64	0,00364	162016	16,20
50	3,50	3,35	3,50	3,50	3,46	0,00346	170204	17,02
60	3,50	3,35	3,35	3,50	3,43	0,00343	172068	17,21
70	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	181333	18,13
80	3,25	3,15	3,25	3,15	3,20	0,00320	184166	18,42

Fase 3 LODO LR40SemCAP polímero 1 P1 852BC pr

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 200 rpm / 90 s
 DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %
 SST / lodo = 39600mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 79,20ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,792ml
 VOL TOT Cond. = 100,792ml
 SST lodo Cond. = 39289mg / L

Tabela 27 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5.0 mg Polímero 852BC pr / g de SST no lodo

Mistura 200 rpm / 90 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39289	3,93
10	4,00	3,85	4,00	3,85	3,93	0,00393	150148	15,01
20	3,85	3,75	3,85	3,75	3,80	0,00380	155087	15,51
30	3,85	3,75	3,75	3,75	3,78	0,00378	156115	15,61
40	3,75	3,50	3,75	3,50	3,63	0,00363	162574	16,26
50	3,75	3,50	3,50	3,50	3,56	0,00356	165427	16,54
60	3,50	3,35	3,50	3,50	3,46	0,00346	170204	17,02
70	3,50	3,35	3,35	3,50	3,43	0,00343	172068	17,21
80	3,35	3,25	3,25	3,35	3,30	0,00330	178586	17,86

Fase 3 LODO LR40SemCAP polímero 1 P1 852BC pr

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 250 rpm / 60 s
 DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %
 SST / lodo = 39600mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 79,20ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,792ml
 VOL TOT Cond. = 100,792ml
 SST lodo Cond. = 39289mg / L

Tabela 28 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5.0 mg Polímero 852BC pr / g de SST no lodo

Mistura 250 rpm / 60 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39289	3,93
10	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	0,00375	157155	15,72
20	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	0,00365	161461	16,15
30	3,65	3,50	3,65	3,65	3,61	0,00361	163137	16,31
40	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	168381	16,84
50	3,50	3,35	3,50	3,50	3,46	0,00346	170204	17,02
60	3,50	3,35	3,35	3,50	3,43	0,00343	172068	17,21
70	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	181333	18,13
80	3,25	3,15	3,25	3,15	3,20	0,00320	184166	18,42

Fase 3 LODO LR40SemCAP polímero 1 P1 852BC pr

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 250 rpm / 90 s
 DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %
 SST / lodo = 39600mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 79,20ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,792ml
 VOL TOT Cond. = 100,792ml
 SST lodo Cond. = 39289mg / L

Tabela 29 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5.0 mg Polímero 852BC pr / g de SST no lodo

Mistura 250 rpm / 90 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39289	3,93
10	3,75	3,75	3,75	3,85	3,78	0,00378	156115	15,61
20	3,65	3,65	3,65	3,75	3,68	0,00368	160363	16,04
30	3,50	3,50	3,50	3,75	3,56	0,00356	165427	16,54
40	3,50	3,50	3,50	3,65	3,54	0,00354	166596	16,66
50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	168381	16,84
60	3,50	3,35	3,50	3,50	3,46	0,00346	170204	17,02
70	3,50	3,25	3,35	3,50	3,40	0,00340	173333	17,33
80	3,35	3,25	3,25	3,35	3,30	0,00330	178586	17,86

Fase 3 LODO LR40SemCAP polímero 2 P2 G9046 na

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 200 rpm / 60 s
 DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %
 SST / lodo = 39600mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 95,04ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,9504ml
 VOL TOT Cond. = 100,9504ml
 SST lodo Cond. = 39227mg / L

Tabela 30 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 6,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo
 Mistura 200 rpm / 60 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39227	3,92
10	3,50	3,65	3,75	3,75	3,66	0,00366	160657	16,07
20	3,35	3,35	3,65	3,65	3,50	0,00350	168117	16,81
30	3,35	3,35	3,50	3,50	3,43	0,00343	171798	17,18
40	3,35	3,35	3,50	3,50	3,43	0,00343	171798	17,18
50	3,35	3,35	3,50	3,50	3,43	0,00343	171798	17,18
60	3,35	3,35	3,50	3,50	3,43	0,00343	171798	17,18
70	3,35	3,25	3,35	3,35	3,33	0,00333	176965	17,70
80	3,35	3,25	3,35	3,35	3,33	0,00333	176965	17,70

Fase 3 LODO LR40SemCAP polímero 2 P2 G9046 na

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 200 rpm / 90 s
 DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %
 SST / lodo = 39600mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 95,04ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,9504ml
 VOL TOT Cond. = 100,9504ml
 SST lodo Cond. = 39227mg / L

Tabela 31 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 6,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo
 Mistura 200 rpm / 90 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39227	3,92
10	3,65	3,75	3,65	3,75	3,70	0,00370	159029	15,90
20	3,50	3,65	3,50	3,50	3,54	0,00354	166334	16,63
30	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	168117	16,81
40	3,50	3,50	3,35	3,35	3,43	0,00343	171798	17,18
50	3,50	3,50	3,35	3,35	3,43	0,00343	171798	17,18
60	3,35	3,50	3,35	3,35	3,39	0,00339	173700	17,37
70	3,35	3,50	3,35	3,25	3,36	0,00336	174991	17,50
80	3,25	3,35	3,35	3,25	3,30	0,00330	178305	17,83

Fase 3 LODO LR40SemCAP polímero 2 P2 G9046 na

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 250 rpm / 60 s
 DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %
 SST / lodo = 39600mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 95,04ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,9504ml
 VOL TOT Cond. = 100,9504ml
 SST lodo Cond. = 39227mg / L

Tabela 32 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39227	3,92
10	3,75	3,75	3,50	3,75	3,69	0,00369	159568	15,96
20	3,65	3,65	3,35	3,65	3,58	0,00358	164590	16,46
30	3,50	3,50	3,25	3,50	3,44	0,00344	171173	17,12
40	3,50	3,50	3,25	3,50	3,44	0,00344	171173	17,12
50	3,50	3,50	3,25	3,50	3,44	0,00344	171173	17,12
60	3,35	3,35	3,25	3,35	3,33	0,00333	176965	17,70
70	3,25	3,25	3,15	3,25	3,23	0,00323	182452	18,25
80	3,15	3,15	3,15	3,25	3,18	0,00318	185325	18,53

Fase 3 LODO LR40SemCAP polímero 2 P2 G9046 na

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 250 rpm / 90 s
 DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %
 SST / lodo = 39600mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 95,04ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,9504ml
 VOL TOT Cond. = 100,9504ml
 SST lodo Cond. = 39227mg / L

Tabela 33 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 6,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39227	3,92
10	3,75	3,75	3,85	3,75	3,78	0,00378	155870	15,59
20	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	0,00365	161208	16,12
30	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	168117	16,81
40	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	168117	16,81
50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	168117	16,81
60	3,35	3,50	3,35	3,35	3,39	0,00339	173700	17,37
70	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	0,00335	175644	17,56
80	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	0,00335	175644	17,56

Fase 2 LR40 Com CAP P1 852BC prSem CAP Com Polímero

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 3,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 25100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 30,12ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,3012ml

VOL TOT Cond. = 100,3012ml

SST lodo Cond. = 25025mg / L

Tabela 34 1000 rpm lodo Com CAP / Com 2,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	25025	2,50
10	5,00	4,75	4,50	4,65	4,73	0,00473	79443	7,94
20	4,50	4,35	4,25	4,25	4,34	0,00434	86540	8,65
30	4,25	4,25	4,15	4,15	4,20	0,00420	89374	8,94
40	4,25	4,25	4,10	4,15	4,19	0,00419	89640	8,96
50	4,10	4,10	4,00	4,10	4,08	0,00408	92115	9,21
60	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00400	93842	9,38
70	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00400	93842	9,38
80	4,00	3,75	3,75	3,75	3,81	0,00381	98458	9,85

Fase 2 LR40 Com CAP P1 852BC prSem CAP Com Polímero

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 25100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 40,16ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,4016ml

VOL TOT Cond. = 100,4016ml

SST lodo Cond. = 25000mg / L

Tabela 35 1000 rpm lodo Com CAP / Com 3,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	25000	2,50
10	4,65	4,75	4,50	4,50	4,60	0,00460	81520	8,15
20	4,25	4,25	4,15	4,15	4,20	0,00420	89284	8,93
30	4,25	4,25	4,00	4,00	4,13	0,00413	90908	9,09
40	4,15	4,00	3,75	4,00	3,98	0,00398	94338	9,43
50	4,00	4,00	3,50	3,85	3,84	0,00384	97718	9,77
60	4,00	3,75	3,50	3,85	3,78	0,00378	99336	9,93
70	3,75	3,50	3,50	3,75	3,63	0,00363	103447	10,34
80	3,50	3,50	3,50	3,75	3,56	0,00356	105261	10,53

FASE 2 LR40ComCAP P2 G9046 na**Centrifugação = 1000 rpm**

DOSPolí= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 25100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 40,16ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,4016ml

VOL TOT Cond. = 100,4016ml

SST lodo Cond. = 25000mg / L

Tabela 36 1000 rpm lodo Com CAP / Com 3,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	25000	2,50
10	5,00	4,75	5,00	4,75	4,88	0,00488	76922	7,69
20	4,50	4,35	4,50	4,35	4,43	0,00443	84744	8,47
30	4,25	4,25	4,50	4,10	4,28	0,00428	87718	8,77
40	4,00	4,00	4,35	4,00	4,09	0,00409	91742	9,17
50	4,00	4,00	4,25	3,75	4,00	0,00400	93749	9,37
60	3,85	4,00	4,25	3,65	3,94	0,00394	95237	9,52
70	3,50	3,50	4,00	3,50	3,63	0,00363	103447	10,34
80	3,50	3,50	4,00	3,50	3,63	0,00363	103447	10,34

FASE 2 LR40ComCAP P2 G9046 na**Centrifugação = 1000 rpm**

DOSPolí= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 25100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 50,20ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,502ml

VOL TOT Cond. = 100,502ml

SST lodo Cond. = 24975mg / L

Tabela 37 1000 rpm lodo Com CAP / Com 4,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	24975	2,50
10	5,50	5,50	6,00	5,50	5,63	0,00563	66599	6,66
20	4,75	4,85	5,00	4,75	4,84	0,00484	77441	7,74
30	4,50	4,50	4,85	4,50	4,59	0,00459	81661	8,17
40	4,25	4,15	4,75	4,10	4,31	0,00431	86868	8,69
50	4,00	4,00	4,75	4,00	4,19	0,00419	89461	8,95
60	3,85	4,00	4,50	4,00	4,09	0,00409	91650	9,17
70	3,75	3,85	4,00	4,00	3,90	0,00390	96056	9,61
80	3,75	3,85	4,00	3,85	3,86	0,00386	96989	9,70

FASE 2 LR40ComCAP polímero 3 P3 G999 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 25100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 50,20ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,502ml

VOL TOT Cond. = 100,502ml

SST lodo Cond. = 24975mg / L

Tabela 38 1000 rpm lodo Com CAP / Com 4,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	24975	2,50
10	4,85	5,00	4,75	5,00	4,90	0,00490	76453	7,65
20	4,50	4,75	4,25	4,85	4,59	0,00459	81661	8,17
30	4,35	4,50	4,25	4,50	4,40	0,00440	85141	8,51
40	4,35	4,15	4,15	4,15	4,20	0,00420	89195	8,92
50	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00400	93655	9,37
60	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00400	93655	9,37
70	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	0,00385	97304	9,73
80	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	0,00385	97304	9,73

FASE 2 LR40ComCAP polímero 3 P3 G999 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 25100mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 60,24ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,6024ml

VOL TOT Cond. = 100,6024ml

SST lodo Cond. = 24950mg / L

Tabela 39 1000 rpm lodo Com CAP / Com 5,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	24950	2,49
10	5,00	4,85	5,00	5,00	4,96	0,00496	75415	7,54
20	4,65	4,50	4,50	4,75	4,60	0,00460	81358	8,14
30	4,50	4,35	4,50	4,50	4,46	0,00446	83865	8,39
40	4,10	3,85	4,25	4,10	4,08	0,00408	91839	9,18
50	4,00	3,85	4,25	4,00	4,03	0,00403	92980	9,30
60	4,00	3,85	4,15	3,85	3,96	0,00396	94447	9,44
70	3,85	3,85	4,15	3,75	3,90	0,00390	95960	9,60
80	3,85	3,85	4,15	3,75	3,90	0,00390	95960	9,60

FASE 2 LR40ComCAP P4 G998 na**Centrifugação = 1000 rpm**

DOSPolí= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25%

SST / lodo = 25100ml / L

SUSP Poli / L de lodo= 50,20ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,502ml

VOL TOT Cond. = 100,502ml

SST lodo Cond. = 24975ml / L

Tabela 40 1000 rpm lodo Com CAP / Com 5,0 mg polímero G998 na / g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	24975	2,50
10	4,75	4,75	4,75	4,65	4,73	0,00473	79285	7,93
20	4,25	4,35	4,25	4,35	4,30	0,00430	87121	8,71
30	4,25	4,10	4,25	4,10	4,18	0,00418	89729	8,97
40	4,15	4,00	4,15	4,00	4,08	0,00408	91931	9,19
50	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00400	93655	9,37
60	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00400	93655	9,37
70	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	0,00385	97304	9,73
80	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	0,00385	97304	9,73

FASE 2 LR40ComCAP P4 G998 na**Centrifugação = 1000 rpm**

DOSPolí= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25%

SST / lodo = 25100ml / L

SUSP Poli / L de lodo= 60,24ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,6024ml

VOL TOT Cond. = 100,6024ml

SST lodo Cond. = 24950ml / L

Tabela 41 1000 rpm lodo Com CAP / Com 6,0 mg polímero G998 na / g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	24950	2,49
10	4,25	4,50	4,25	4,25	4,31	0,00431	86782	8,68
20	4,15	4,00	4,00	3,85	4,00	0,00400	93561	9,36
30	4,10	4,00	4,00	3,85	3,99	0,00399	93855	9,39
40	4,00	3,85	4,00	3,85	3,93	0,00393	95349	9,53
50	4,00	3,85	4,00	3,85	3,93	0,00393	95349	9,53
60	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	0,00385	97207	9,72
70	3,85	3,85	3,85	3,75	3,83	0,00383	97842	9,78
80	3,85	3,85	3,85	3,75	3,83	0,00383	97842	9,78

Fase 3 Polímero 2 P2 G9046na LR40ComCAP

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 250 rpm / 60 s

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 25400mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 40,64ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,4064ml

VOL TOT Cond. = 100,4064ml

SST lodo Cond. = 25297mg / L

Tabela 42 1000 rpm lodo Com CAP / Com 5,0 mg polímero G9046 na / g de SSTno lodo

Mistura 250 rpm / 60 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	25297	2,53
10	1,85	1,75	1,75	1,85	1,80	0,00180	210810	21,08
20	1,75	1,65	1,65	1,75	1,70	0,00170	223211	22,32
30	1,75	1,50	1,50	1,65	1,60	0,00160	237161	23,72
40	1,65	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00150	252972	25,30
50	1,50	1,35	1,50	1,50	1,46	0,00146	259458	25,95
60	1,35	1,35	1,50	1,35	1,39	0,00139	273483	27,35
70	1,35	1,35	1,50	1,35	1,39	0,00139	273483	27,35
80	1,35	1,35	1,50	1,35	1,39	0,00139	273483	27,35

Fase 3 Polímero 2 P2 G9046 na LR40ComCAP

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 250 rpm / 90 s

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 25400 mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 40,64ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,4064ml

VOL TOT Cond. = 100,4064ml

SST lodo Cond. = 25297 mg / L

Tabela 43 1000 rpm lodo Com CAP / Com 6,0 mg polímero G9046 na / g de SSTno lodo

Mistura 250 rpm / 90 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	25297	2,53
10	1,75	1,65	1,65	1,75	1,70	0,00170	223211	22,32
20	1,75	1,50	1,50	1,65	1,60	0,00160	237161	23,72
30	1,65	1,35	1,50	1,50	1,50	0,00150	252972	25,30
40	1,50	1,35	1,50	1,50	1,46	0,00146	259458	25,95
50	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,00135	281080	28,11
60	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,00135	281080	28,11
70	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,00135	281080	28,11
80	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,00135	281080	28,11

Fase 2 Lodo LR10SemCAP Polímero 1 pr852BC

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 2,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25%

SST / lodo = 16200ml / L

SUSP Poli / L de lodo= 12,96ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,1296ml

VOL TOT Cond. = 100,1296ml

SST lodo Cond. = 16179ml / L

Tabela 44 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 2,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16179	1,62
10	3,85	3,75	3,85	3,75	3,80	0,00380	63865	6,39
20	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	69339	6,93
30	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74672	7,47
40	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74672	7,47
50	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	0,00315	77043	7,70
60	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	0,00315	77043	7,70
70	3,15	3,00	3,15	3,15	3,11	0,00311	77971	7,80
80	3,15	3,00	3,15	3,15	3,11	0,00311	77971	7,80

Fase 2

Centrifugação = 1000 rpm LR10SemCAP 852BC pr P 1

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo
 SST / lodo = 16200ml / L
 SUSP Poli / L de lodo= 25,92ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,2592ml
 VOL TOT Cond. = 100,2592ml
 SST lodo Cond. = 16158ml / L

CON
 Cpoli 0,25%

Tabela 45 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16158	1,62
10	3,85	3,85	3,75	4,00	3,86	0,00386	62750	6,27
20	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	69249	6,92
30	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74576	7,46
40	3,15	3,25	3,25	3,00	3,16	0,00316	76639	7,66
50	3,00	3,15	3,15	3,00	3,08	0,00308	78820	7,88
60	3,00	3,15	3,15	3,00	3,08	0,00308	78820	7,88
70	3,00	3,15	3,00	3,00	3,04	0,00304	79793	7,98
80	3,00	3,15	3,00	3,00	3,04	0,00304	79793	7,98

Fase 2 Lodo LR10SemCAP Polímero P2 G9046 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo
 SST / lodo = 16200mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 25,92ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,2592ml
 VOL TOT Cond. = 100,2592ml
 SST lodo Cond. = 16158mg / L

CON
 Cpoli 0,25%

Tabela 46 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg polímero G9046na / g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16158	1,62
10	4,50	4,65	4,65	4,65	4,61	0,00461	52547	5,25
20	3,65	3,85	4,00	4,00	3,88	0,00388	62548	6,25
30	3,50	3,75	3,85	3,75	3,71	0,00371	65285	6,53
40	3,50	3,65	3,75	3,50	3,60	0,00360	67325	6,73
50	3,50	3,50	3,65	3,50	3,54	0,00354	68515	6,85
60	3,50	3,50	3,50	3,25	3,44	0,00344	70508	7,05
70	3,25	3,25	3,50	3,25	3,31	0,00331	73169	7,32
80	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74576	7,46

Fase 2 Lodo LR10SemCAP Polímero P2 G9046 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 16200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 32,40ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,324ml

VOL TOT Cond. = 100,324ml

SST lodo Cond. = 16148mg / L

Tabela 47 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5,0 mg polímero G9046 na / g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16148	1,61
10	4,50	4,00	4,50	4,50	4,38	0,00438	55363	5,54
20	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	0,00385	62913	6,29
30	3,50	3,50	3,50	3,65	3,54	0,00354	68471	6,85
40	3,50	3,50	3,35	3,50	3,46	0,00346	69954	7,00
50	3,25	3,50	3,35	3,35	3,36	0,00336	72034	7,20
60	3,25	3,25	3,25	3,35	3,28	0,00328	73959	7,40
70	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74528	7,45
80	3,25	3,15	3,15	3,15	3,18	0,00318	76288	7,63

Fase 3 Lodo LR10SemCAP P3 G999 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %
 SST / lodo = 16200mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 32,40ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,324ml
 VOL TOT Cond. = 100,324ml
 SST lodo Cond. = 16148mg / L

Tabela 48 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5,0 mg polímero G999 na / g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16148	1,61
10	4,15	4,00	4,50	4,50	4,29	0,00429	56493	5,65
20	3,85	3,85	4,00	3,85	3,89	0,00389	62306	6,23
30	3,50	3,50	3,65	3,65	3,58	0,00358	67753	6,78
40	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	69204	6,92
50	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	0,00335	72303	7,23
60	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	0,00335	72303	7,23
70	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74528	7,45
80	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74528	7,45

Fase 3 Lodo LR10SemCAP P3 G999 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %
 SST / lodo = 16200mg / L
 SUSP Poli / L de lodo= 38,88ml / L
 Amostra Cond. = 100ml
 Amostra Proveta = 15ml
 VOL SUSP Poli na Amos = 0,3888ml
 VOL TOT Cond. = 100,3888ml
 SST lodo Cond. = 16137mg / L

Tabela 49 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 6,0 mg polímero G999 na / g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16137	1,61
10	4,50	4,65	4,50	4,50	4,54	0,00454	53346	5,33
20	3,85	4,00	4,00	3,85	3,93	0,00393	61671	6,17
30	3,65	3,75	3,75	3,65	3,70	0,00370	65421	6,54
40	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	69160	6,92
50	3,35	3,35	3,50	3,50	3,43	0,00343	70674	7,07
60	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	0,00335	72256	7,23
70	3,35	3,25	3,25	3,35	3,30	0,00330	73351	7,34
80	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74480	7,45

Fase 2 Lodo LR10SemCAP Polímero P4 G998 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 3,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %
 SST / lodo = 16200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 19,44ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,1944ml

VOL TOT Cond. = 100,1944ml

SST lodo Cond. = 16169mg / L

Tabela 50 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 3,0 mg polímero G998 na / g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16169	1,62
10	4,25	4,25	4,35	4,25	4,28	0,00428	56732	5,67
20	3,75	3,85	4,00	3,65	3,81	0,00381	63614	6,36
30	3,50	3,65	3,75	3,65	3,64	0,00364	66675	6,67
40	3,50	3,50	3,65	3,65	3,58	0,00358	67840	6,78
50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	0,00350	69294	6,93
60	3,50	3,35	3,35	3,35	3,39	0,00339	71595	7,16
70	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	0,00335	72397	7,24
80	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	0,00335	72397	7,24

Fase 2 Lodo LR10SemCAP Polímero P4 G998 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25 %

SST / lodo = 16200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 25,92ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,2592ml

VOL TOT Cond. = 100,2592ml

SST lodo Cond. = 16158mg / L

Tabela 51 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg polímero G998 na / g de SSTno lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16158	1,62
10	4,00	4,00	4,15	4,00	4,04	0,00404	60030	6,00
20	3,75	3,65	3,75	3,65	3,70	0,00370	65506	6,55
30	3,50	3,25	3,65	3,50	3,48	0,00348	69747	6,97
40	3,50	3,25	3,50	3,50	3,44	0,00344	70508	7,05
50	3,35	3,25	3,35	3,50	3,36	0,00336	72081	7,21
60	3,25	3,25	3,35	3,25	3,28	0,00328	74007	7,40
70	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74576	7,46
80	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	74576	7,46

Fase 3 Lodo LR10SemCAP Polímero P1 852BC pr

Centrifugação = 1000 rpm Mistura 200 rpm / 90 s

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 16400mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 26,24ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,2624ml

VOL TOT Cond. = 100,2624ml

SST lodo Cond. = 16357mg / L

Tabela 52 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg Polímero 852BC pr/ g de SSTno lodo

Mistura 200 rpm / 90 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16357	1,64
10	2,25	2,35	2,25	2,25	2,28	0,00228	107849	10,78
20	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	0,00215	114119	11,41
30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00200	122678	12,27
40	2,00	1,85	1,85	1,85	1,89	0,00189	129990	13,00
50	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	0,00185	132625	13,26
60	1,85	1,85	1,75	1,75	1,80	0,00180	136309	13,63
70	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	0,00175	140204	14,02
80	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	0,00175	140204	14,02

Fase 3 Lodo LR10SemCAP Polímero P2 G9046 na

Centrifugação = 1000 rpm Mistura 250 rpm / 60 s

DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 16400mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 32,80ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,328ml

VOL TOT Cond. = 100,328ml

SST lodo Cond. = 16346mg / L

Tabela 53 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5,0 mg polímero G9046 na / g de SSTno lodo

Mistura 250 rpm / 60 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	16346	1,63
10	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	0,00225	108976	10,90
20	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	0,00215	114045	11,40
30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00200	122598	12,26
40	1,85	1,85	1,85	2,00	1,89	0,00189	129905	12,99
50	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	0,00185	132538	13,25
60	1,85	1,85	1,75	1,75	1,80	0,00180	136220	13,62
70	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	0,00175	140112	14,01
80	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	0,00175	140112	14,01

Fase 2 Lodo LR40SemCAP(A) Polímero P1 852BC pr

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%

SST / lodo = 42200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 67,52ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,6752ml

VOL TOT Cond. = 100,6752ml

SST lodo Cond. = 41917mg / L

Tabela 54 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg polímero 852BC pr / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	41917	4,19
10	6,75	6,50	6,75	6,50	6,63	0,00663	94906	9,49
20	6,50	6,00	6,50	6,00	6,25	0,00625	100601	10,06
30	6,00	6,00	6,25	6,00	6,06	0,00606	103712	10,37
40	6,00	6,00	6,00	5,75	5,94	0,00594	105896	10,59
50	6,00	5,50	6,00	5,75	5,81	0,00581	108173	10,82
60	5,75	5,50	5,85	5,75	5,71	0,00571	110066	11,01
70	5,75	5,50	5,75	5,75	5,69	0,00569	110550	11,06
80	5,75	5,50	5,75	5,75	5,69	0,00569	110550	11,06

Fase 2 Lodo LR40SemCAP(A) Polímero P1 852BC pr

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCpoli 0,25%

SST / lodo = 42200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 84,40ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,844ml

VOL TOT Cond. = 100,844ml

SST lodo Cond. = 41847mg / L

Tabela 55 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5,0 mg polímero 852BC pr / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta L	SSTfinal mg / L	SSTfinal %
	A	B	C	D	media			
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	41847	4,18
10	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	0,00675	92993	9,30
20	6,35	6,50	6,25	6,50	6,40	0,00640	98078	9,81
30	6,00	6,25	6,00	6,35	6,15	0,00615	102065	10,21
40	6,00	6,25	5,75	6,25	6,06	0,00606	103539	10,35
50	6,00	6,00	5,75	6,00	5,94	0,00594	105718	10,57
60	6,00	5,75	5,75	5,75	5,81	0,00581	107992	10,80
70	5,85	5,75	5,75	5,75	5,78	0,00578	108693	10,87
80	5,85	5,75	5,75	5,75	5,78	0,00578	108693	10,87

Fase 2 Lodo LR40SemCAP(A) Polímero P2 G9046 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 4,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 42200mg/ L

SUSP Poli / L de lodo= 67,52ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,6752ml

VOL TOT Cond. = 100,6752ml

SST lodo Cond. = 41917mg/ L

Tabela 56 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 4,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg/ L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	41917	4,19
10	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	0,01100	57160	5,72
20	9,00	9,00	8,75	9,00	8,94	0,00894	70350	7,04
30	7,85	8,25	7,85	8,25	8,05	0,00805	78106	7,81
40	7,35	7,50	7,35	7,35	7,39	0,00739	85111	8,51
50	7,15	7,25	7,15	7,25	7,20	0,00720	87327	8,73
60	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	0,00700	89822	8,98
70	6,50	6,75	6,35	6,85	6,61	0,00661	95086	9,51
80	6,35	6,50	6,35	6,50	6,43	0,00643	97861	9,79

Fase 2 Lodo LR40SemCAP(A) Polímero P2 G9046 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 5,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 42200mg/ L

SUSP Poli / L de lodo= 84,40ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,844ml

VOL TOT Cond. = 100,844ml

SST lodo Cond. = 41847mg/ L

Tabela 57 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 5,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg/ L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	41847	4,18
10	9,50	9,50	9,75	9,15	9,48	0,00948	66248	6,62
20	8,35	8,25	8,50	8,00	8,28	0,00828	75855	7,59
30	7,75	7,50	7,50	7,35	7,53	0,00753	83416	8,34
40	7,25	7,00	7,15	7,00	7,10	0,00710	88409	8,84
50	7,00	6,50	7,00	6,85	6,84	0,00684	91803	9,18
60	6,75	6,35	6,50	6,75	6,59	0,00659	95287	9,53
70	6,50	6,25	6,35	6,50	6,40	0,00640	98078	9,81
80	6,35	6,25	6,35	6,35	6,33	0,00633	99241	9,92

Fase 2 Lodo LR40ComCAP(A) Polímero P3 G999 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 7,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 42200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 118,16ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 1,1816ml

VOL TOT Cond. = 101,1816ml

SST lodo Cond. = 41707mg / L

Tabela 58 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 7,0 mg Polímero G999 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	41847	4,18
10	10,00	10,00	10,50	10,00	10,13	0,01013	61995	6,20
20	8,25	8,00	8,25	8,35	8,21	0,00821	76433	7,64
30	7,50	7,25	7,50	7,50	7,44	0,00744	84397	8,44
40	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	0,00650	96570	9,66
50	6,35	6,25	6,25	6,35	6,30	0,00630	99635	9,96
60	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	104617	10,46
70	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00600	104617	10,46
80	5,75	5,75	6,00	5,75	5,81	0,00581	107992	10,80

Fase 2 Lodo LR40ComCAP(A) Polímero P3 G999 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 8,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 42200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 135,04ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 1,3504ml

VOL TOT Cond. = 101,3504ml

SST lodo Cond. = 41638mg / L

Tabela 59 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 8,0 mg Polímero G999 na / g de SST no lodo

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	41777	4,18
10	10,50	10,50	10,00	10,25	10,31	0,01031	60766	6,08
20	8,50	8,50	8,75	8,50	8,56	0,00856	73186	7,32
30	7,25	7,25	7,65	7,25	7,35	0,00735	85259	8,53
40	6,75	6,75	7,00	6,50	6,75	0,00675	92838	9,28
50	6,35	6,35	6,50	6,35	6,39	0,00639	98106	9,81
60	6,00	6,00	6,35	6,00	6,09	0,00609	102941	10,29
70	6,00	6,00	6,25	5,85	6,03	0,00603	104009	10,40
80	5,75	5,75	6,00	5,85	5,84	0,00584	107350	10,73

Fase 2 Lodo LRComCAP(A) Polímero P4 G998 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 42200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 101,28ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 1,0128ml

VOL TOT Cond. = 101,0128ml

SST lodo Cond. = 41777 mg / L

Tabela 60 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 6,0 mg Polímero G998 na / g de SST no lodo

tempo	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
s	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	41777	4,18
10	6,25	6,00	6,25	6,00	6,13	0,00613	102311	10,23
20	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	0,00575	108983	10,90
30	5,50	5,75	5,35	5,75	5,59	0,00559	112153	11,22
40	5,50	5,75	5,35	5,75	5,59	0,00559	112153	11,22
50	5,50	5,50	5,35	5,50	5,46	0,00546	114719	11,47
60	5,50	5,50	5,35	5,50	5,46	0,00546	114719	11,47
70	5,50	5,50	5,35	5,50	5,46	0,00546	114719	11,47
80	5,50	5,50	5,35	5,50	5,46	0,00546	114719	11,47

Fase 2 Lodo LRComCAP(A) Polímero P4 G998 na

Centrifugação = 1000 rpm

DOSPoli= 7,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 42200mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 118,16ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 1,1816ml

VOL TOT Cond. = 101,1816ml

SST lodo Cond. = 41707mg / L

Tabela 61 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 7,0 mg Polímero G998 na / g de SST no lodo

tempo	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLtorta	SSTfinal	SSTfinal
s	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	41847	4,18
10	6,25	6,00	6,25	6,00	6,13	0,00613	102482	10,25
20	6,00	5,85	6,00	5,75	5,90	0,00590	106390	10,64
30	6,00	5,75	6,00	5,75	5,88	0,00588	106843	10,68
40	5,85	5,75	5,85	5,75	5,80	0,00580	108225	10,82
50	5,75	5,75	5,75	5,50	5,69	0,00569	110365	11,04
60	5,75	5,65	5,75	5,50	5,66	0,00566	110852	11,09
70	5,75	5,65	5,75	5,50	5,66	0,00566	110852	11,09
80	5,75	5,65	5,75	5,50	5,66	0,00566	110852	11,09

Fase 3 Lodo Lr40ComCAP(A) Polímero P4 G998 na

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 250 rpm / 60 s

DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 39700mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 95,28ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,9528ml

VOL TOT Cond. = 100,9528ml

SST lodo Cond. = 39325mg / L

Tabela 62 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 6,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo

Mistura 250 rpm / 60 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39325	3,93
10	4,50	4,50	4,50	4,35	4,46	0,00446	132186	13,22
20	4,25	4,35	4,25	4,25	4,28	0,00428	137984	13,80
30	4,15	4,00	4,25	4,00	4,10	0,00410	143873	14,39
40	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00400	147470	14,75
50	3,75	3,75	3,85	3,75	3,78	0,00378	156260	15,63
60	3,50	3,50	3,75	3,50	3,56	0,00356	165580	16,56
70	3,25	3,25	3,50	3,25	3,31	0,00331	178077	17,81
80	3,25	3,25	3,50	3,25	3,31	0,00331	178077	17,81

Fase 3 Lodo Lr40ComCAP(A) Polímero P4 G998 na

Centrifugação = 3000 rpm Mistura 250 rpm / 90 s

DOSPoli= 6,0mg de poli / g de SST no lodo CONCPoli 0,25 %

SST / lodo = 39700mg / L

SUSP Poli / L de lodo= 95,28ml / L

Amostra Cond. = 100ml

Amostra Proveta = 15ml

VOL SUSP Poli na Amos = 0,9528ml

VOL TOT Cond. = 100,9528ml

SST lodo Cond. = 39325mg / L

Tabela 63 1000 rpm lodo Sem CAP / Com 6,0 mg polímero G9046 na / g de SST no lodo

Mistura 250 rpm / 90 s

tempo s	AMOSTRAS (leitura em ml)					VOLTorta	SSTfinal	SSTfinal
	A	B	C	D	media	L	mg / L	%
0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	0,01500	39325	3,93
10	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00400	147470	14,75
20	3,75	3,75	3,85	3,75	3,78	0,00378	156260	15,63
30	3,50	3,50	3,75	3,50	3,56	0,00356	165580	16,56
40	3,50	3,25	3,50	3,50	3,44	0,00344	171601	17,16
50	3,35	3,25	3,50	3,50	3,40	0,00340	173494	17,35
60	3,25	3,25	3,35	3,50	3,34	0,00334	176743	17,67
70	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	181501	18,15
80	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	0,00325	181501	18,15

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL.
<http://www.abit.org.br> 02/09/2002, 16h00min / 29/09/2002, 21h11min
2. ABREU, A.F. de; CATUNDA Y.S.C. & HAANDEL A. van: “*Uso da Respirometria para a Determinação Experimental da Cinética de Nitrificação*”, 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
3. ABU-ORF, M.M. & DENTEL, S.K.: “*Effect of Mixing on the Rheological Characteristics of Conditioned Sludge: Full-Scale Studies*”, Water Sci. Technol. 36 (11): 51 – 60, 1997
4. AFONSO, M.L.C.; PAWLOWSKY, U. & PATZA M. da G.: “*Tratabilidade dos Despejos de Laticínios por Lodos Ativados em Batelada*”, 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
5. AMARAL, L. F.; RUBIO, J. & HOMRICH, I. A. : “*Remoção de Corantes em Efluentes do Tingimento de Águas por Flotação de Partículas Adsorventes*”, 20º Congresso ABES, 1999
6. AQUINO, S.F. de & BLUNDI, C.E.: “*A Importância do Uso do Carvão Ativado como pré-tratamento de Água Residuária Industrial*”, 20º Congresso ABES, 1999
7. ARBUCKLE, W. B. & GRIGGS, A. A : “*Determination of Biomass MLVSS in PACT sludge*”, Journal WPCF, 57 (12), 1982
8. ASSUNÇÃO, J.C.B.de & SGOLO, J.B.: “*Influência do Ambiente Tropical em Lodos Gerados na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri-SP: Comportamento dos Metais Pesados*”; Revista Brasileira de Geociências, 27 (4): 335 – 364, 1997
9. BANAT, I.M.; NIGAM, P.; SINGH, D. & MARCHANT, R.: “*Microbial Decolorization of Textile-dye-containing Effluents*”, Bioresource Technology 58 : 217-227, 1996

10. BARNHARDT, B.C. & DIEZ, J.M.C.: *“Tratamiento Aeróbico de Efluentes Provenientes de la Industria de Tableros Prensados”*, 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
11. BERTOLETTI, E. : *“Tratabilidade e toxicidade de efluentes industriais”*.Revista Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro. Vol. 28, No 1, pp. 38-41, 1989
12. BESRA, L.; SINGH, B.P.; REDDY, P.S.R.; SENGUPTA, D.K. & BHOUMIK, S.K.: *“Effect of Flocculant on Ssettling and Filtration of Iron-oreSludge”*, Minerals & Metallurgical Processing, 13 (4): 170-173, 1996
13. BRESAOLA, R. & CANTELLI, D.L.: *“Tratamento de Efluentes Líquidos de uma Industria Têxtil e seu Réus”*, 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
14. BOLTO, B; DIXON, D.R.; GRAY, S.R.; CHEE, H.; HARBOUR, P.J.; NGOC, L & WARE, A.J. : *“The use of Soluble Organic Polymers in Waste Treatmen”*, Water Science and Technology, 34 (9): 117-124, 1996.
15. CABRAL, M.C.B.C; SOUTO MAIOR, J.H. & PORCIÚNCULA, J.Z.C.: *“Estudos para Otimização do Uso do Carvão Ativado em Pó”*, 20º Congresso ABES, 1999
16. CARNEIRO, E.V.; LEÃO, M.; ANDRADE, L.I.F.; MOREIRA, R.V.& OLIVEIRA, A.: *Tratabilidade de Efluentes Têxteis em Reatores de Lodos Ativados por Batelada*; 20º Congresso ABES, 1999
17. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL: *“Implementação de Testes de Toxicidade no Controle de Efluentes Líquido”*, São Paulo ,1992
18. CHANG, M.;LIN,H.;HUANG,C. & WANG,Y.: *“Conditioning Characteristics of Kaolin Sludge with Different Cationic Polyelectrolytes”*, Colloidal and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 139: 75 - 80, 1988
19. CHAVEZ, A. ;PORTO, L. & ISAAC, R.: *“Eficiência de Carvão Ativado em Pó (CAP) na Remoção de Cor de Efluente têxtil”*, VI Jornada Científica da AUGM, 2000
20. CHRISTENSEN G . LEE & DICK . RICHARD : *“ Specific Resistance Measurements Nonparabolic Data”*; Jounal of Environmental Engineering, 111 (3): 243-257, 1993
21. CHU, C.P. & LEE, D.J.: *“Moisture Distribution in Sludge: Effects of Polymer Conditioning”*, Journal of Environmental Engineering, 25 (4): 340-345, 1999

22. CHU, C.W.; POON, C.S. & CHEUNG, R.Y.H.: “*Characterization of raw Sludge, Chemical Modified Sludge and Anaerobically Digested Sludge in Hong Kong*”; Water Science and Technology, 38 (2): 25-32, 1998
23. COSTA, R.H.R. da; SALES, R & BASSANI, L.: “*Cinética de Degradação de Efluente Têxtil por Biofilme em Leito Fluidizado Trifásico Aeróbio*”; Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente. Proyecto Regional 2000-2002. <http://www.cepis.org.pe/index>. 25/09/2002, 16h30min
24. DENTEL,S.K.;ALLEN,H.E.;SRINIVASARAO, C. & DIVINCENZO, J.: “*Effets of Surfactants on Sludge Dewatering and Pollutant Fate*”, Third Year Completion Report Project Number 06, Water Resources Center, University of Delaware, 1993
25. DIJKEMA,G.P.J.;REUTR,M.A.& VERHOEF,E.V.: “*A New Paradigm for Waste Management*”, Waste Management, 20 (8): 633 – 368, 2000
26. DOURADO, F. F.; SOBRINHO, P. A. & MORITA, D. M.: “*Comportamento de Sistemas de Lodos Ativados em Batelada (lab) no Tratamento de águas Contaminadas com Hidrocarbonetos do Petróleo*”, 20º Congresso ABES 1999
27. ECKENFELDER Jr., W.W. & MUSTERMAN, J.L.: “*Treatment and Pretreatment Requirements for Industrial Wastewater in Municipal Activated Sludge Plants*”, Water Science and Technology”, 29 (9): 79-88, 1994
28. FERNANDES, F.; CESÁRIO, S.M.; MEZALIRA, M.F.; LASARO, L.A. & BATISTA, G.A.: “*Possibilidades de Gestão Integrada do Lodo de Esgoto Produzido em Várias ETEs, com Base no Teor de Metais Pesados, Nutrientes e Volume de Lodo Produzido*”; 20º Congresso ABES, 1999
29. FIGUEIREDO, M; SANTOS, M.S. & FERRARI, L.R.: “*Estação de Tratamento de Efluentes das Industrias Têxteis – Otimização através da Implementação de Medidas de Prevenção à População*”, 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
30. GARCÉS, F.; DÍAZ, J.C. & DELLEPIANE, O.M. : “*Acondicionamiento de Lodos Producidos en el Tratamiento de Agua Potable*”, 15º Congresso Internacional AIDIS. México, 1996.
31. GERMIRLI, F.; SOYHAN, B.; EREMEKTAR,G. & ORHON, D. : “*Evaluation of Treatability for two Textile Mill Effluents*”, Water Science and Technology, 40 (1): 145-152, 1999
32. GERMIRLI, F.; ORHON, D.; UBAY, E.; INSEL, G. & YAPRAKLI, B.: “*Modelling Of Activated Sludge for Textile Wastewaters*”, Water Science and Technology 38 (4 – 5): 9 – 17, 1998

33. GRAVELET, L.R.; BARCLAY, S.J.; CARLIELL, C.M. & BUCKLEY, C.A. :
"Management of Water Resources in South Africa with Respect to the Textile industry",
 Water Science and Technology, 36 (2-3): 303-310, 1997
34. GUARATINI, C. & ZANONI, M.V.: *"Corantes Têxteis"*, Química Nova, São Paulo,
 23 (1): 71-78, 2000
35. KABACINSKI, M.; HULTRNAN, B.; PLAZA, E. & TRELA, J.: *"Strategies for
 Improvement of Sludge Quality and Process Performance of Sequencing Batch Reactor
 Plant Treating Municipal and Tannery Wastewater"*, Wat Sei Tech, 38 (4-5): 69-77,
 1998
36. KAPDAN, I.K & KARGI, F. : *"Simultaneous Biodegradation and Adsorption of
 Textile Dyestuff in na Activated Sludge Unit"*, Process Biochemistry 37 : 973 – 981,
 (2002)
37. KIM, T.; PARK, C.; LEE, J.; SHIN, E. & SANGYONG, K. : *" Pilot Scale Treatment
 of Textile Wastewater by Combined Process (Fluidized Biofilm Process - Chemical,
 Coagulation – Electrochemical Oxidation)"*, Wat. Res. 36 : 3979 - 3988, 2002
38. LEO, M.; VIEIRA, E.; FERNANDEZ, L.I.; SARAIVA, A. F.; DE OLIVEIRA,
 A.P. & ALVES, D.W. : *"Aplicação da Reação de Fenton na Remoção da cor e da
 DQO de Efluentes Têxteis"*, 20º Congresso ABES, 1999
39. LEE, C.H. & LIU, J.C.: *"Enhanced Sludge Dewatering by Dual Polyelectrolytes
 Conditioning"*. Wat. Res. 34 (18): 4430 – 4436, 2000
40. LIN, S.H. & PENG, C.F.: *"Continuos Treatment of Textile Wastewater by Combined
 Coagulacao, Electrochemical Oxidation and Activated Sludge"*, Wat. Res. 30 (3): 587 –
 592, 1996
41. MALLIAROS, C. AND GUITONAS, A.: *"Pre-treatment and Elimination Systems of
 Toxic Industrial Waste and Sludges. The case Study of the Department of Attika"*,
 Water Science and Technology, 36,(2-3): 91-100, 1997
42. MALPEI, F.; ROZZI, A.; COLLI, S. & UBERTI, M. *Size Distribution of TOC in
 Mixed Mmunicipal-textile Effluents after Biological and Advanced Treatment"*;
 Journal of Membrane Science. No 131, pp. 71-83, 1997
43. MELO, L.C. & SENS, M.L.: *"A Influência de Produtos Auxiliares de Tingimento no
 Consumo de Ozônio na Descoloração de Efluentes Têxteis"*, 20º Congresso ABES, 1999

44. MENDES, L. C. & FERREIRA FILHO, S. S.: *"Influência do Tipo e da Dosagem de Polímero na Capacidade de Pré-adensamento de Lodos Gerados em Estações de Tratamento de Água"*, 20º Congresso ABES, 1999
45. METCALF & EDDY, INC.: *"Wastewater Engineering: Treatment/Disposal/reuse McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental"*, Engineering, 1334 p, 3rd Edition, 1991
46. MIKI, M.K. & ALEM, P.: *"Ensaio de laboratório para Escolha de Polímeros para Condicionamento de Lodo de ETE"*, 20º Congresso ABES, 1999
47. MIKI, M.K. & ALEM, P. : *"Utilização de Polímeros para Condicionamento de Lodo de ETE para Desidratação em Filtro Prensa de Placas"*, 20º Congresso ABES, 1999
48. MIJAYLOVA, N.P; SOTELO, A.A; & RAMÍREZ ,C.E.: *"Remoción de Orto-nitro-Anilina por Medio de Procesos Avanzados"*; 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
49. MIO,G.P. & CAMPOS, J.R.: *"Proposição de Método para Avaliação da Remoção de Cor em Efluentes Líquidos de Indústria Têxtil"*, 20º Congresso ABES, 1999
50. MOREIRA, A .H.; OLIVEIRA, R.M. & LIMA, P.D.S.: *"Efeito da Adição do Lodo de Águas Residuais da Indústria Têxtil nas Propriedades de Materiais de Construção"*; Cerâmica, 47 (303); São Paulo, julho, aug, sept, .2001
51. MOSSAKOWSKA, A.;HELLSTROM, B.G. & HULTMAN, B.: *"Strategies for Sludge Handling in the Stockholm Region"*, Water Sci. Technol. 38 (2): 111 – 118, 1998
52. NASCIMENTO, R.A.: *"Desempenho de Reator Anaeróbio de Manta de Lodo Utilizando Efluentes Líquidos de Indústria Alimentícia"*, Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Unicamp, 1996
53. NOGUEIRA, de A.R.: *"Degradação Do Corante Azul Reativo 19 Usando Uv; H₂O₂; Uv/H₂O₂; Fenton E Foto-Fenton"*, Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Unicamp, 2002.
54. NETO, R: *"Caracterização Ecotoxicológica de Efluentes Líquidos Industriais – Ferramenta para Ações de Controle da Poluição das Águas"*; 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
55. NICOLET, L. & ROTT, U.: *"Recirculation of Powdered Activated Carbon for the Adsorption of Dyes in Municipal Wastewater Treatment Plants"*; Water Sci. Technol. 40 (1): 191 – 198, 1999

56. PALA, A. & TOKAT, E.: *"Color Removal from Cotton Textile Industry Wastewater in an Activated Sludge System with Various Additives"*; Water Research, 36 (2000) 2920-2925, 2001
57. PERALTA, P; KUNZ, A; GOMES DE M., S.; PELEGRINI, R.; DE CAMPOS, P.; REYES, J. & DURAN, N.: *"Degradation of Reactive Dyes I. a Comparative Study of Ozonation, Enzymatic and Photochemical Processes"*, Chemosphere, 38 (4): 835- 852, 1999
58. PORTO, L.: *"Tratamento de Efluente Têxtil em Sistemas de Lodos Ativados de Fluxo Intermitente com a Adição de Carvão Ativado em Pó."*, Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Unicamp, 2002
59. OLIVEIRA, A. & GONÇALVES, M.C.: *"Custos Operacionais de Estações de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados"*, 20º Congresso ABES, 1999
60. REALI, M.A.P. : *"Desidratação de lodo por centrifugação. In: Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água, Marco Antônio Penalva Realí (coord.)"*, Rio de Janeiro, ABES, pp 85-106, 1999.
61. RIBEIRO, J.T. & BRESAOLA,R.: *"Influencia da Variação do Valor do ph das Soluções Aquosas de Ácidos Húmicos sobre sua Taxa de Remoção em Carvão Ativado em Pó"*, 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
62. ROBINSON, T; McMULLAN, G; MARCHANT, R & NIGAM,P.: *"Remediation of Dyes in Textile Effluent; a Critical Review on Current Treatment Technologies with a Proposed"*, Alternative.Bioresource Technology 77: 245-255, 2001
63. ROZZI, A.; FICARA, E.; CELLAMARE, C.M. & BORTONE, G.: *"Characterization of Textile Wastewater and other Industrial Wastewaters by Respirometric and Titration Biosensors"*, Water Science and Technology, 4U (1): 161-168, 1999
64. SAINT, F.: *"Aplicação do Processo Avançado de Oxidação na Remoção de Cor e DQO de Efluente Têxtil"*; 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
65. SAPARI, N.: *"Treatment and Reuse of Textile Wastewater by Overland Flow"*, Desalination, 106: 179 – 182, 1996
66. SHAMAS, j.Y. & ENGLANDE, A. J. : *"Use of the Immediate Maximum Specific Oxygen Uptak Rate as an Activated Sludge Process Control Parameter"*; Water Science and Technology, 25 (1): 123-132, 1992

67. SILVA, F.J.;NETO,J.W.;MOTA,F.S & SANTOS, G.P: "*Descoloração de Efluentes de Industria Têxtil Utilizando Coagulante Natural (Moringa Oleifera e Quitosana)*",21 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001
68. TSUTIYA, M. T.: "*Metais pesados: o principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos*". 20º Congresso ABES, 1999.
69. USEPA (United States Environmental Protection Agency): "*Best Management Practices for Pollution in the Textile Industry*", Cincinnati, 1996.
70. USEPA (United States Environmental Protection Agency): "*Profile of the Textile Industry*", Office of Compliance Sector Notebook Project, Washington, DC, EUA, 1997
71. VANDERHASSELT, A. & VERSTRAETE, W. "*Short-term Effects of Additives on Sludge Sedimentation Characteristics*", Water Research, 33 (2): 381-390. 1999
72. WANG, MIN-JIAN.: "*Aplicação de Lodo de Esgoto na Agricultura na República da China*", *The Science of the Total Environment*, 197: 149-160, 1997
73. YEH, R.Y.; HUNG, Y; LIU, R.L.; CHIU,H. & THOMAS, A. : "*Textile Wastewater Treatment whit Activated Sludge and Powdered Activated Carbon*", Inter. J. Environ. Studies, 59 (5): 607 – 622, 2002

ABSTRACT:

Chávez Porras, Álvaro. Textile Wastewater and Sludge Treatment with use of Powder Activated Carbon (PAC) in Sequencing Batch Reactor (SBR). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

This work deals with the development of a laboratory methodology for treatment of textile factory wastewater and sludge and evaluate your efficiency with use of Powder Activated Carbon (PAC) in Sequencing Batch Reactor (SBR).

Related to the liquid phase of this process, type and dose of PAC, CAP PW 1185 on 1000 mg/l was selected to be added to the biological batch reactor (SBR).

Removal efficiency of SBR/CAP was evaluated in defined parameter as Color ADML, COD (chemical oxygen demand) and DOC (dissolved organic carbon), in comparison with conventional system (SBR). In SBR, removal efficiency of those parameters was between 60 to 70 % and for SBR/PAC was 85 to 95%. Also, different kind of solids for both systems, were evaluated for effluent, treated and not treated, mixed liquor of reactors and generated sludge.

Related to the solid phase (sludge generated) this research reports on results from experiments with deferens types of polyelectrolytes and doses (cationic, anionic and not ionic) and mixing parameters (time and rotations), in both system (SBR/PAC and SBR). The best point of results for this conditioning process was found and evaluated for polyelectrolyte P1 on dose of 4 mg /g and mixture parameters of 250 rpm and 60 s.

PALAVRAS CHAVES

Textile factory wastewater, biological sludge, SBR, PAC, conditioning, dewatering, polyelectrolyte.