

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE DE
REATOR UASB E FILTROS ANAERÓBIOS
PARA O TRATAMENTO DE
ESGOTOS SANITÁRIOS

Rosângela Moreira Gurgel Machado

Belo Horizonte

1997

**ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE DE
REATOR UASB E FILTROS ANAERÓBIOS PARA O
TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS**

Rosângela Moreira Gurgel Machado

Rosângela Moreira Gurgel Machado

**ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE DE
REATOR UASB E FILTROS ANAERÓBIOS PARA O
TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Saneamento

Linha de pesquisa: Digestão Anaeróbia e técnicas de tratamento e pós-tratamento de esgotos

Orientador: Carlos Augusto de Lemos Chernicharo

Co-orientador: Cláudio Milton Montenegro Campos

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

1997

M149e

Machado, Rosângela Moreira Gurgel.

Estudo da associação em série de reator UASB e filtros anaeróbicos para o tratamento de esgotos sanitários [manuscrito] / Rosângela Moreira Gurgel Machado. – 1997.

146 f., enc.

Orientador: Carlos Augusto de Lemos Chernicharo.

Co-orientador: Cláudio Milton Montenegro Campos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Inclui anexos.

Bibliografia: f. 114 -118.

1. Engenharia Sanitária – Teses. 2. Saneamento – Teses. 3. Esgotos – Teses. I. Chernicharo, Carlos Augusto de Lemos. II. Campos, Cláudio Milton Montenegro. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 628(043)

“Estudo da Associação em Série de Reator UASB e Filtros Anaeróbios para o Tratamento de Esgotos Sanitários”

Rosângela Moreira Gurgel Machado

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos -Área de Concentração: Saneamento

Aprovada em 23 de dezembro de 1997.

Por:


Prof. Carlos Augusto de Lemos Chernicharo


Prof. Cláudio Milton Montenegro Campos


Prof. Marcos von Sperling


Prof. Ricardo Franci Gonçalves

*Ao meu marido Antônio José e aos meus filhos
Leonardo e Thiago*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre iluminou e guiou os meus passos pela vida, aos meus pais e irmãos, que me deram apoio, tiveram confiança em mim, o que me fez perseverante.

Ao meu marido e meus filhos, agradeço o apoio e carinho recebidos, além da compreensão pelas dificuldades, momentos angustiantes e ausências que lhes proporcionei.

Agradeço a todos que, de alguma forma, colaboraram para a execução deste trabalho de pesquisa, e principalmente:

Ao professor Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, pela orientação, dedicação e pela confiança depositada em mim.

Ao Cláudio Milton Montenegro Campos, pelo incentivo, apoio e colaboração.

À Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, instituição da qual sou funcionária, pela realização deste curso de mestrado.

À COPASA-MG, pela manutenção da elevatória de esgotos do interceptor do Ribeirão Arrudas e pela sua utilização no LIP.

Aos professores do DESA-UFMG, pelos conhecimentos adquiridos, que contribuíram para o meu crescimento profissional.

Ao Jacson Lauffer e ao Luiz Fernando de Souza, pela operação da estação piloto, pela colaboração na execução das análises físico-químicas e, pela amizade.

Aos técnicos do laboratório do DESA-UFMG, Norma, Jussara, Lucy, Vladimir, à Francisca e ao Pedro pela ajuda nos trabalhos de laboratório.

Aos demais funcionários do DESA-UFMG, pelo apoio e colaboração.

À Claudiane Gurgel Bickel, pela ajuda na revisão ortográfica.

Aos colegas do mestrado, pelo apoio e pela boa convivência.

Aos amigos Silvia, Cícero, Joana D'Arc, Marle, Márcia Casseb, Terezinha, Marcelo, Cristina e Fabiano, pela amizade, apoio e ajuda nas horas difíceis.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de sistemas de tratamento, utilizando Filtros Anaeróbios como unidades de pós-tratamento do efluente de um reator UASB tratando esgotos sanitários da cidade de Belo Horizonte.

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de instalações Piloto do DESA - UFMG, no período de junho/96 a julho/97, tendo sido utilizado como unidade piloto um reator UASB (volume de 416 litros e altura de 4,20 m) e dois filtros anaeróbios confeccionados em fibra de vidro (volumes de 102,4 litros e altura igual a 1,50 m), ambos os filtros utilizando escória de alto-forno como meio suporte.

Os filtros anaeróbios fluxo ascendente (FA) e fluxo descendente (FD) operaram como dois sistemas distintos: UASB/FA e UASB/FD. O reator UASB foi operado com tempos de detenção hidráulica (TDH) de 6 e 4 horas em regime hidráulico permanente. Os filtros anaeróbios foram operados com TDHs variando de 24 a 1,0 hora também em regime hidráulico permanente. Essas diferentes condições operacionais caracterizaram oito fases da pesquisa.

Após aproximadamente um ano de monitoramento contínuo, os sistemas UASB/FA e UASB/FD apresentaram resultados muito bons em termos de remoção de DQO e DBO e concentrações muito baixas de sólidos suspensos no efluente final. Os resultados médios de remoção de DQO e DBO variaram entre 78 e 91%, e entre 76 e 91%, possibilitando a manutenção das concentrações de DQO no efluente final na faixa de 60 a 90 mg/l, e valores de DBO sistematicamente abaixo de 40 mg/L. As médias globais de SS no efluente final foram mantidas próximas de 30 mg/l durante quase todas as fases da pesquisa.

Acredita-se que o filtro anaeróbio possa se tornar uma alternativa atrativa para o polimento de efluente de reator UASB no Brasil. Os sistemas UASB/Filtro anaeróbio podem ser projetados com TDHs muito baixos, resultando em unidades de tratamento bastante compactas e de baixo custo.

ABSTRACT

This present work aims to evaluate the treatment systems performance by using anaerobic filters as post-treatment units of the effluent from which is treating Belo Horizonte's sanitary sewages.

The research was developed in pilot plant laboratory of DESA- UFMG from June 96 to July 97. It had been used a UASB reactor (volume: 416 L; height: 4,20 m) as a pilot unit and two fiber glass anaerobic filters (volume: 102,4 L; height: 1,50 m). Both filters used blast furnace cinder as a packing material.

The upflow and downflow anaerobic filters (UF and DF) operated as two distinctive systems: UASB/UF and UASB/DF. The UASB reactor was operated at a hydraulic detention time (HDT) of 6 and 4 hours under a permanent hydraulic rate. The anaerobic filters were operated with HDTs varying from 24 to 1,0 hour under a permanent hydraulic rate as well. These different operational conditions characterize eight phases in the research.

After monitoring during about one year, the systems UASB/UF and UASB/DF presented excellent results in terms of COD and BOD removal and very low concentrations of wastewater suspended solids on the final effluent. The COD and BOD removal medium results varied from 78 to 91% and 76 to 91%, making it possible the maintenance of the COD concentrations in the final effluent at the rate from 60 to 90 mg/L, and BOD values systematically under 40 mg/L. The global averages of the SS on the final effluent were kept near 30 mg/L during at almost phases in the research.

It is believed that the anaerobic filter may become an attractive for the post-treatment of effluents from UASB reactor in Brazil. The systems UASB/anaerobic filter can be projected with short HDTs, resulting in very compact and cheap treatment units.

SUMARIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 FUNDAMENTOS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA.....	4
3.2 REQUISITOS AMBIENTAIS	8
3.2.1 <i>Temperatura</i>	8
3.2.3 <i>pH, alcalinidade e ácidos voláteis</i>	10
3.2.3 <i>Substâncias tóxicas</i>	11
3.3 MECANISMOS DE REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA.....	12
3.4 PROCESSOS ANAERÓBIOS DE ALTA TAXA	15
3.5 REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE E MANTA DE LODO - UASB.....	18
3.5.1 <i>Desempenho de reatores Uasb aplicados ao tratamento de esgotos sanitários</i>	21
3.6 PÓS-TRATAMENTO	23
3.7 FILTROS ANAERÓBIOS.....	26
3.7.1 <i>Aplicações do filtro anaeróbio</i>	27
3.7.2 <i>Configuração dos filtros anaeróbios</i>	28
3.7.3 <i>Meio suporte</i>	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 ALIMENTAÇÃO DOS ESGOTOS	36
4.1.1 <i>Elevatória de esgotos brutos</i>	36
4.1.2 <i>Tratamento preliminar</i>	37
4.2 REATOR UASB.....	38
4.3 FILTROS ANAERÓBIOS.....	40
4.3.1 <i>Configuração dos filtros anaeróbios</i>	40
4.3.2 <i>Alimentação dos filtros anaeróbios</i>	41
4.4 MEIO SUPORTE DOS FILTROS ANAERÓBIOS.....	43

4.5	ROTINA OPERACIONAL.....	44
4.5.1	<i>Amostragem</i>	45
4.5.2	<i>Monitoramento do processo</i>	48
4.5.3	<i>Processamento dos resultados</i>	49
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO - DQO	53
5.1.1	<i>Resultados de DQO total (DQOt)</i>	53
5.1.2	<i>Resultados de DQO filtrada (DQOf)</i>	67
5.2	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - DBO	77
5.2.1	<i>Resultados de DBO Total (DBOt)</i>	77
5.2.2	<i>Resultados de DBO filtrada (DBO f)</i>	86
5.3	RESULTADOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS.	91
5.4	TEMPERATURA	98
5.5	RESULTADOS DE pH, ALCALINIDADE E ÁCIDOS VOLÁTEIS	99
5.6	PRODUÇÃO DE GASES.....	101
5.7	PRODUÇÃO DE SÓLIDOS.....	103
5.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	108
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	111
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
8.	ANEXO 1	119
9.	ANEXO 2	138

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 3.1 - Sequência metabólica e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia.</i>	7
<i>Figura 3.2 - Desenho esquemático do reator UASB</i>	19
<i>Figura 3.3 - Representação esquemática do FA</i>	32
<i>Figura 3.4 - Representação esquemática do FD</i>	33
<i>Figura 4.1 - Desenho esquemático da instalação piloto no Laboratório de Instalações Piloto (LIP)</i>	36
<i>Figura 4.2 - Desenho esquemático da estação piloto</i>	37
<i>Figura 4.3 - Tratamento preliminar da estação piloto</i>	38
<i>Figura 4.4 - Desenho esquemático do reator UASB instalado no LIP</i>	39
<i>Figura 4.5 - Desenho esquemático dos filtros anaeróbio ascendente e descendente</i>	41
<i>Figura 4.6 - Sistema UASB-FA-FD</i>	42
<i>Figura 4.7 - Escória de Alto-Forno</i>	44
<i>Figura 5.1 - Distribuição de DQOt afluente do reator UASB</i>	54
<i>Figura 5.2 - Distribuição de frequência acumulada - DQOt afluente do reator UASB</i>	56
<i>Figura 5.3 - Distribuição de DQOt efluente do reator UASB</i>	57
<i>Figura 5.4 - Distribuição de frequência acumulada – DQOt efluente do UASB</i>	57
<i>Figura 5.5 - Distribuição de eficiência de remoção DQOt do reator UASB</i>	59
<i>Figura 5.6 - Frequência acumulada eficiência de remoção DQOt reator UASB</i>	59
<i>Figura 5.7 - Distribuição de DQOt efluente do sistema UASB/FA</i>	60
<i>Figura 5.8 - Distribuição de frequência acumulada - DQOt efluente do sistema UASB/FA</i>	61
<i>Figura 5.9 - Distribuição de eficiência de remoção DQOt sistema UASB/FA</i>	62
<i>Figura 5.10 - Frequência acumulada eficiência de remoção DQOt sistema UASB/FA</i>	62
<i>Figura 5.11 - Distribuição de DQOt efluente do sistema UASB/FD</i>	63
<i>Figura 5.12 - Distribuição de frequência acumulada - DQOt UASB/FD</i>	64
<i>Figura 5.13 - Distribuição de eficiência de remoção DQOt sistema UASB/FD</i>	65
<i>Figura 5.14 - Frequência acumulada da eficiência de remoção DQOt sistema UASB/FD</i>	65
<i>Figura 5.15 - Médias de DQOt efluente dos reatores UASB, FA e FD</i>	66
<i>Figura 5.16 - Eficiências médias de remoção de DQOt do reator UASB e dos sistemas UASB/FA e UASB/FD</i>	67
<i>Figura 5.17 - Distribuição de DQOf afluente do reator UASB</i>	68
<i>Figura 5.18 - Distribuição de frequência acumulada – DQOf afluente do reator UASB</i>	68

<i>Figura 5.19 - Distribuição de DQOf efluente do reator UASB</i>	69
<i>Figura 5.20 - Distribuição de frequência acumulada – DQOf efluente do reator UASB</i>	70
<i>Figura 5.21 - Distribuição de eficiência de remoção DQOf reator UASB</i>	70
<i>Figura 5.22 - Frequência acumulada eficiência de remoção DQOf do UASB</i>	71
<i>Figura 5.23 - Distribuição de DQOf efluente do sistema UASB/FA nas fases</i>	71
<i>Figura 5.24 - Distribuição de Frequência acumulada – DQOf efluente do sistema UASB/FA</i>	72
<i>Figura 5.25 - Distribuição de eficiência de remoção DQOf do sistema UASB/FA</i>	72
<i>Figura 5.26 - Distribuição de Frequência acumulada - eficiência de remoção DQOf sistema UASB/FA</i>	73
<i>Figura 5.27 - Distribuição de DQOf efluente do sistema UASB/FD</i>	73
<i>Figura 5.28 - Distribuição de frequência acumulada - DQOf efluente do sistema UASB/FD</i>	74
<i>Figura 5.29 - Distribuição de Eficiência de remoção DQOf no sistema UASB/FD</i>	74
<i>Figura 5.30 - Distribuição de frequência acumulada eficiência de remoção DQOf efluente sistema UASB/FD</i>	75
<i>Figura 5.31 - Média DQOf por fase dos efluentes UASB- FA- FD</i>	76
<i>Figura 5.32 - Eficiência média de remoção de DQOf por fase UASB- FA - FD</i>	77
<i>Figura 5.33 - Distribuição DBO total afluente do reator UASB</i>	79
<i>Figura 5.34 - Distribuição de DBO total efluente do reator UASB</i>	80
<i>Figura 5.35 - Distribuição da eficiência de remoção de DBOt reator UASB</i>	81
<i>Figura 5.36 - Distribuição DBOt efluente do sistema UASB/FA</i>	82
<i>Figura 5.37 - Distribuição eficiência remoção sistema DBOt FA</i>	83
<i>Figura 5.38 - Distribuição DBOt efluente do sistema UASB/FD</i>	83
<i>Figura 5.39 - Distribuição eficiência remoção DBOt sistema UASB/FD</i>	84
<i>Figura 5.40 - Médias de DBOt do reator UASB, sistemas UASB/FA e UASB/FD</i>	84
<i>Figura 5.41 - Eficiência média de remoção DBOt do reator UASB e UASB/FA e sistemas UASB/FA e UASB/FD</i>	85
<i>Figura 5.42 - Distribuição DBOf afluente do reator UASB</i>	86
<i>Figura 5.43 - Distribuição DBO filtrada efluente do reator UASB</i>	87
<i>Figura 5.44 - Distribuição eficiência remoção DBOf do reator UASB</i>	87
<i>Figura 5.45 - Distribuição DBOf efluente do sistema UASB/FA</i>	88
<i>Figura 5.46 - Distribuição eficiência remoção DBOf do sistema UASB/FA</i>	88
<i>Figura 5.47 - Distribuição DBOf efluente do sistema UASB/FD</i>	89

<i>Figura 5.48 - Distribuição eficiência remoção DBO_f do sistema UASB/FD.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 5.49 - Médias de DBO_f afluente e efluente do reator UASB - FA - FD</i>	<i>90</i>
<i>Figura 5.50 - Eficiência média de remoção DBO_f do reator UASB e sistemas UASB/FA e UASB/FD.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 5.51 - Distribuição SS afluente do reator UASB</i>	<i>93</i>
<i>Figura 5.52 - Distribuição de frequência acumulada SS afluente reator UASB.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 5.53 - Distribuição SS efluente do reator UASB.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 5.54 - Frequência Acumulada - SS - efluente do reator UASB.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 5.55 - Distribuição SS efluente do sistema UASB/FA.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 5.56 - Frequência acumulada - SS do sistema UASB/FA.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 5.57 - Distribuição SS efluente do sistema UASB/FD</i>	<i>96</i>
<i>Figura 5.58 - Frequência acumulada - SS - Efluente do sistema UASB/FD.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 5.59 - Médias SS afluente do reator UASB, efluente do reator UASB e FA- FD.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 5.60 - Temperatura média dos afluente e efluente do reator UASB e dos FA e FD....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 5.61 - pH médio dos afluente e efluente do reator UASB e dos FA e FD.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 5.62 - Alcalinidade Média dos afluentes e efluentes do reator UASB e FA/ FD... </i>	<i>100</i>
<i>Figura 5.63 - Média de ácidos voláteis dos afluente e efluente do UASB - FA – FD</i>	<i>101</i>
<i>Figura 5.64 - Taxa de produção de metano nos reatores UASB, FA, FD.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 5.65 - Diagrama do balanço de sólidos no reator UASB e FA, FA e FD</i>	<i>105</i>
<i>Figura 5.66 - Taxa de produção de sólidos e de lodo</i>	<i>106</i>
<i>Figura 5.67 - Perfil de sólidos do reator UASB nas fases.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 5.68 - Correlações estatísticas TDH x DQO e TDH x SS.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 5.69 - Correlações estatísticas TDH x DBO.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 9.1 - Concentrações de DQO total</i>	<i>139</i>
<i>Figura 9.2 - Eficiência de remoção de DQO Total</i>	<i>139</i>
<i>Figura 9.3 - Concentrações de DQO filtrada.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 9.4 - Eficiência de remoção de DQO filtrada.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 9.5 - Concentrações de DBO Total.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 9.6 - Eficiência de remoção de DBO_t</i>	<i>141</i>
<i>Figura 9.7 - Concentrações de DBO Filtrada.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 9.8 - Eficiência de remoção de DBO filtrada</i>	<i>142</i>
<i>Figura 9.9 - Concentrações de Sólidos Suspensos totais</i>	<i>143</i>
<i>Figura 9.10 - Concentrações de Sólidos Suspensos Voláteis</i>	<i>143</i>

<i>Figura 9.11 - Medidas de Temperatura.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 9.12 - Medidas de pH.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 9.13 - Produção de Biogás.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 9.14 - Precipitações diárias - 1996/1997</i>	<i>145</i>
<i>Figura 9.15 - Resultados de Alcalinidade.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 9.16 - Resultados de Ácidos Voláteis</i>	<i>146</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Principais mecanismos de remoção de poluentes no tratamento de esgotos.....	14
Tabela 3.2 - Principais tipos de reatores de alta taxa.....	16
Tabela 3.3 - Resultados experimentais do desempenho de reatores UASB.....	22
Tabela 3.4 - Resultados apresentados por sistemas com pós tratamento.....	25
Tabela 3.5 - Principais diferenças entre filtros ascendentes e descendente.....	32
Tabela 3.6 - Características desejáveis para os materiais suporte de FA.....	34
Tabela 3.7 - Tipos de materiais suporte utilizados em filtros anaeróbios.....	35
Tabela 3.8 - Custos comparativos da escória de alto-forno e brita n.º 4.....	35
Tabela 4.1 - Características principais dos filtros anaeróbios.....	40
Tabela 4.2 - Características operacionais do sistema UASB-FA-FD.....	45
Tabela 4.3 - Metodologias utilizadas para preservação das amostras.....	47
Tabela 4.4 - Frequência e métodos de análises.....	49
Tabela 5.1 - Fases de operação dos sistemas UASB-FA-FD.....	52
Tabela 5.2 - Estatísticas básicas do monitoramento dos sistemas.....	55
Tabela 5.3 - Eficiências médias de remoção de DQOt reatores UASB, FA, FD e Sistemas UASB/FA e UASB/FD.....	66
Tabela 5.4 - Eficiências médias de remoção de DQOF dos reatores UASB, FA, FD e dos sistemas UASB/FA e UASB/FD.....	76
Tabela 5.5 - Estatísticas básicas do monitoramento dos reatores e dos sistemas.....	78
Tabela 5.6 - Eficiências médias de remoção de DBOt dos reatores UASB, FA, FD e dos sistemas UASB/FA e UASB/FD.....	85
Tabela 5.7 - Estatísticas básicas do monitoramento dos reatores UASB - FA - FD.....	92
Tabela 5.8 - Taxa de produção de biogás e CH ₄ nos reatores UASB, FA, FD.....	103
Tabela 5.9 - Taxa de produção de biomassa nos reatores UASB, FA, FD.....	105
Tabela 8.1 - Dados gerais do monitoramento.....	120

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerias
COV	Carga orgânica volumétrica
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio total do efluente
DBOf	Demanda bioquímica de oxigênio filtrada
DESA	Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
DN	Deliberação Normativa
DP	Desvio padrão
DQO	Demanda química de oxigênio
DQOCH ₄	Carga de DQO convertida a metano
DQOf	Demanda química de oxigênio filtrada
DQOp	Demanda química de oxigênio particulada
DQOt	Demanda química de oxigênio total
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FA	Filtro Anaeróbio de fluxo ascendente
FD	Filtro anaeróbio de fluxo descendente
LIP	Laboratório de Instalações Piloto Prof. Ysnard Machado Ennes do

DESA/UFMG

N	Número de amostras
NH ₃	Amônia
NMP	Número mais provável
OD	Oxigênio dissolvido
ppb	Parte por bilhão
ppm	Parte por milhão
Q	Vazão (l/s)
SST	Sólidos suspensos totais
SSV	Sólidos suspensos voláteis
TDH	Tempo de detenção hidráulica
UASB	Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
V _{asc.}	Velocidade ascensional

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma situação das mais graves no que diz respeito ao tratamento de seus efluentes domésticos e industriais. Qualquer estudo alternativo que contribua para a reversão do presente quadro reveste-se de enorme importância. Um sistema adequado de tratamento de esgotos deve ser eficiente mas precisa ter baixo custo de implantação e simplicidade de operação. O presente estudo busca o aprimoramento de uma tecnologia capaz de proporcionar maior viabilidade na implantação de sistemas de tratamento de esgotos domésticos, levando-se em conta a realidade econômica brasileira e a esperança de podermos contribuir com a quitação desse enorme déficit sanitário ao qual a nossa sociedade está exposta.

O tratamento anaeróbio de águas residuárias têm recebido atenção especial nas pesquisas desenvolvidas no Brasil, principalmente os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo-UASB, e a sua aplicação tem proporcionado significativa economia de custos. Mas, apesar de terem enorme potencialidade de uso, esses reatores, quando tratando esgotos sanitários, têm apresentado dificuldade de produzir um efluente que se enquadre aos padrões da legislação ambiental.

O objetivo principal e inovador deste trabalho de pesquisa é a avaliação de um processo anaeróbio utilizado para o polimento de esgotos domésticos, cuja etapa prévia de tratamento também é feita através de outro processo anaeróbio, o que, sem dúvida, vem minimizar de maneira significativa os custos energéticos e operacionais do tratamento. Dentro dessa ótica, averigou-se o pós-tratamento do efluente de uma estação piloto constituída de um reator UASB tratando esgotos sanitários da cidade de Belo Horizonte, utilizando-se dois filtros anaeróbios em escala piloto, um de fluxo ascendente e outro descendente, tendo escória de alto-forno como meio suporte.

A justificativa para a presente pesquisa deve-se ao fato de que, em nível mundial, não há ainda experiências consistentes relativas à etapa de pós-tratamento. O conhecimento existente é grande quando se analisa cada unidade individualmente, mas não quando se investiga a relação integrada *reatores anaeróbios/pós-tratamento*. No Brasil, o desempenho das unidades de pós-tratamento também não tem sido investigado de forma sistêmica.

Além disso, experimentos desenvolvidos no Laboratório de Instalações Piloto do DESA, com

a associação de um reator de manta de lodo e um filtro anaeróbio ascendente, operando em série, produziram bons resultados em termos de remoção complementar de DQO e de sólidos (CASSEB, 1996). Todavia, os experimentos foram limitados em tempo e tiveram um caráter apenas exploratório, demandando um aprofundamento do conhecimento dos mecanismos de remoção inerentes ao sistema. A remoção complementar de matéria orgânica pode se dar por duas vias: i) pela retenção de sólidos no filtro anaeróbio, refletindo em uma remoção de DQO particulada. Nesse caso, predominariam os mecanismos físicos de remoção pela combinação dos efeitos de filtração através do meio suporte e de decantação ao longo da coluna; ii) pela formação de biofilme no meio suporte e remoção de DQO solúvel remanescente. Nesse caso, pretende-se investigar a extensão de formação de biofilme e de remoção de material carbonáceo por via biológica.

Outro aspecto relevante face à presente pesquisa refere-se à difusão da utilização, em Minas Gerais, de reatores de manta de lodo associados a compartimentos preenchidos com material de enchimento, de forma a propiciar uma melhoria na qualidade do efluente final. Tem-se observado uma relativa generalização de tal associação (reator de manta de lodo + filtro anaeróbio), totalmente empírica, com poucos critérios de engenharia no dimensionamento do sistema de tratamento. Nesse sentido, a pesquisa fornece importantes subsídios para o projeto dessas unidades de pós-tratamento.

2. OBJETIVO

2.1 *Objetivo Geral*

O objetivo principal deste trabalho é avaliar o desempenho de sistema, anaeróbio, composto por um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo - UASB, seguido de um pós-tratamento também anaeróbio, constituído por dois filtros anaeróbios, sendo um de fluxo ascendente e outro descendente.

2.2 *Objetivos específicos*

- Avaliar, comparativamente, o desempenho dos filtros anaeróbios ascendente e descendente como unidades de pós-tratamento.
- Avaliar, comparativamente, o desempenho dos filtros anaeróbios ascendente e descendente como unidades de pós-tratamento, em relação à remoção de DQO e DBO.
- Avaliar, comparativamente, o desempenho dos filtros anaeróbios ascendente e descendente como unidades de pós-tratamento, em relação à concentração de sólidos suspensos no efluente final.
- Avaliar, comparativamente, o desempenho dos filtros anaeróbios ascendente e descendente, em relação à produção de biogás.
- Avaliar comparativamente, a extensão da formação de biofilme no meio suporte dos filtros ascendente e descendente.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Fundamentos da digestão anaeróbia*

A digestão anaeróbia é um processo que ocorre na ausência de oxigênio, no qual os microrganismos produzem gás carbônico e metano a partir da degradação da matéria orgânica.

Os microrganismos que participam da digestão anaeróbia podem ser divididos em três grupos principais de bactérias:

- bactérias fermentativas: este grupo de bactérias transforma os compostos orgânicos complexos, por meio de hidrólise, em acetato, hidrogênio, dióxido de carbono, ácidos orgânicos de cadeia curta, aminoácidos e outros;
- bactérias acetogênicas ou produtoras de hidrogênio: este grupo de bactérias converte os produtos formados pelas bactérias fermentativas em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono;
- bactérias metanogênicas: este grupo de bactérias pode ser dividido em dois grupos diferentes de acordo com o substrato que utilizam para a formação de metanol. Um grupo utiliza o acetato transformando o em metano e dióxido de carbono o outro grupo utiliza o dióxido de carbono como substrato para a formação de metano.

O processo de digestão anaeróbia, que tem como produtos finais o CH₄, CO₂, H₂O, H₂S e NH₃, pode ser dividido nas quatro fases seguintes:

Hidrólise: A primeira etapa da degradação anaeróbia é a conversão de materiais particulados complexos em compostos dissolvidos mais simples e de menor peso molecular. Essa conversão ocorre devido à ação das exoenzimas, que são excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas. Na forma hidrolizada, as moléculas podem ser absorvidas pela parede celular das bactérias fermentativas, excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas.

A taxa de hidrólise pode ser o fator limitante para o processo da digestão anaeróbia e ocorre

geralmente de forma lenta (O'ROUKE, 1968 apud VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Entre os vários fatores, que podem afetar a hidrólise estão a temperatura, o pH do meio, a composição do substrato, o tamanho das partículas, o tempo de residência do substrato no reator e outros (CHERNICHARO, 1997).

Acidogênese: As bactérias fermentativas absorvem os produtos solúveis gerados na hidrólise e os convertem em substâncias orgânicas simples (ácidos graxos voláteis, alcoóis, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio, além de novas células de bactérias e compostos minerais). Essas bactérias recebem a designação de bactérias fermentativas acidogênicas por serem os ácidos graxos voláteis o seu principal produto. A acidogênese é realizada por um grupo diversificado de bactérias, das quais, geralmente, a grande maioria são anaeróbias obrigatórias e 1% são bactérias facultativas. As bactérias facultativas têm uma função importante no tratamento anaeróbio, pois na eventual presença de oxigênio dissolvido, que pode ser tóxico para as bactérias anaeróbias, as facultativas utilizam-no na metabolização da matéria orgânica (CHERNICHARO, 1997).

Acetogênese: Os produtos finais da fase acidogênica são convertidos em acetato hidrogênio e dióxido de carbono.

Nos esgotos domésticos, em que se tem uma mistura de poluentes, a formação do acetato pode ser acompanhada, simultaneamente pelo surgimento de dióxido de carbono e hidrogênio (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Sob condição padrão (pH neutro, temperatura de 25°C e 1 atm de pressão), o etanol, o butirato e o propianato não serão completamente degradados, visto que suas reações produzem energia (FERRARI JUNIOR, 1996).

Metanogênese: O acetato, o hidrogênio e o dióxido de carbono gerados são convertidos em metano por dois tipos diferentes de bactérias metanogênicas:

- bactérias metanogênicas acetoclásticas: formam metano a partir de ácido acético ou metanol;
- bactérias metanogênicas hidrogenotróficas: produzem metano a partir de hidrogênio e

dióxido de carbono.

A metanogênese é geralmente a fase limitante da digestão anaeróbia, embora a hidrólise, em temperatura abaixo de 20°C, possa tornar-se limitante (GUJER & ZEHNDER, apud VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Dependendo do estado de oxidação da matéria orgânica a ser digerida, a formação do ácido acético e propiônico é acompanhada pela formação de hidrogênio e de dióxido de carbono.

As bactérias metanogênicas hidrogenotróficas crescem mais rapidamente do que aquelas que usam o ácido acético, mas mesmo assim, somente cerca de 30% do material orgânico afluente é convertido pela via hidrogenotrófica (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

A taxa de transformação de material complexo em biogás é limitada pelas bactérias hidrogenotróficas que possuem taxa de crescimento maior que as acetotróficas.

Os grupos de bactérias que participam da digestão anaeróbia e na transformação da matéria orgânica, ao mesmo tempo que convertem a matéria orgânica em novos produtos, formam, também, novas células, mantendo, assim, as populações bacterianas no reator.

A Figura 3.1 mostra as diversas etapas da digestão anaeróbia, bem como os principais grupos de microrganismos que participam desta digestão.

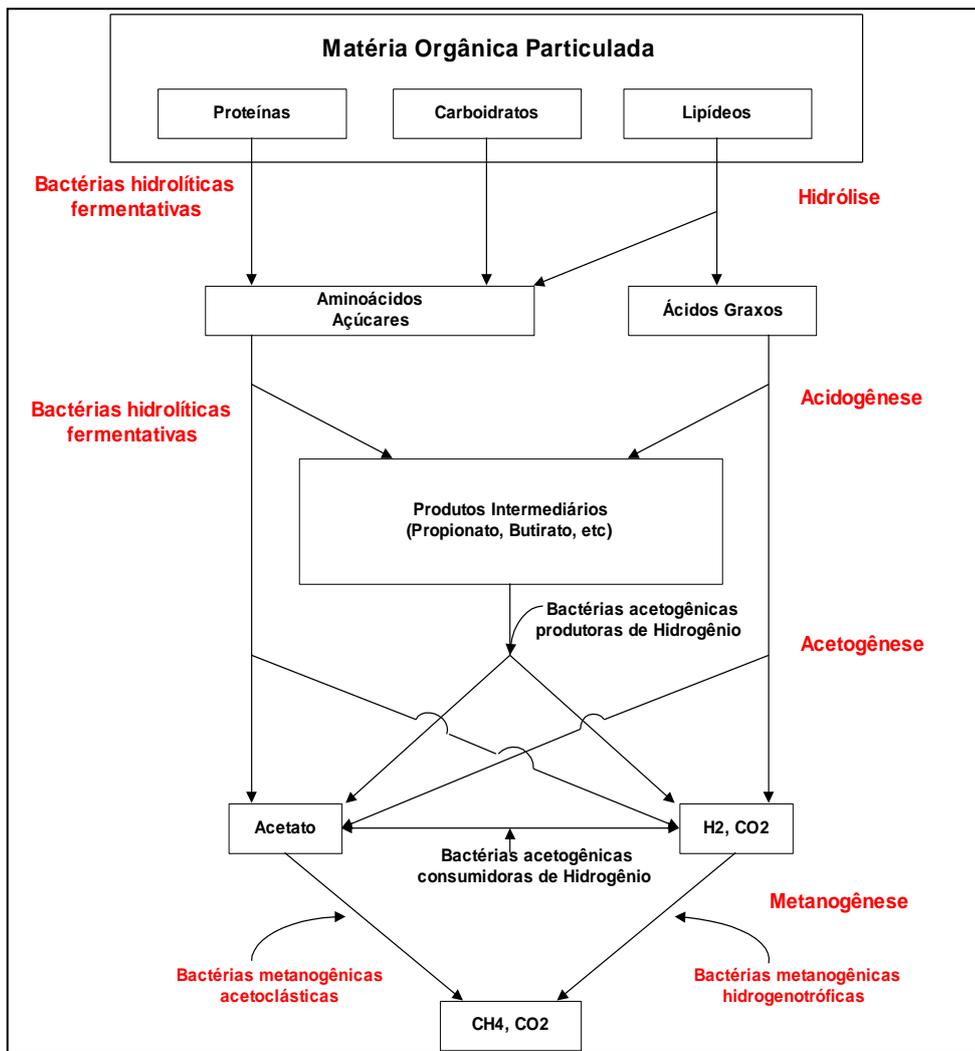


Figura 3.1 - Sequência metabólica e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia

Fonte: CASSEB (1996)

3.2 Requisitos ambientais

A digestão anaeróbia é um processo sensível em que uma série de fatores, além da composição do esgoto bruto, podem afetar o seu desenvolvimento.

Estes fatores são denominados ambientais e podem ser de natureza química ou física. Tanto as características físicas quanto as químicas do ambiente interferem no crescimento bacteriano. As características físicas interferem como agentes seletivos da população microbiana, e as químicas podem ou não ser agente seletivo (CHERNICHARO & CAMPOS, 1992).

A digestão anaeróbia requer um controle rigoroso das condições ambientais devido, visto que o processo baseia-se na interação das bactérias fermentativas e metanogênicas (CHERNICHARO & CAMPOS, 1992). Os fatores ambientais mais importantes para a digestão anaeróbia, principalmente por causa das bactérias metanogênicas, que são mais vulneráveis às mudanças das condições ambientais, são a temperatura, o pH, a alcalinidade, os ácidos voláteis, a presença de nutrientes e a ausência de materiais tóxicos.

3.2.1 Temperatura

A temperatura é um dos fatores mais importantes que afetam o crescimento microbiano, interferindo na seleção das espécies. Os microrganismos não possuem controle sobre a sua temperatura interna, que é determinada pela temperatura externa (GAUDY & GAUDY, 1980 apud CHERNICHARO & CAMPOS, 1992).

Uma população mista de bactérias exposta a variações de temperatura pode responder a nível bioquímico celular, através do aumento ou da diminuição das taxas de reação, ou responder a nível de população, pela adaptação da cultura, seleção ou mutação (KIRSCH & SYKES, 1975 apud CARVALHO, 1994).

Três intervalos de temperatura podem ser associados ao crescimento microbiano na maioria dos processos biológicos:

- Faixa psicrófila: entre 0°C e 20°C.
- Faixa mesófila: entre 20°C e 45°C.
- Faixa termófila: entre 45°C e 70°C e acima.

O crescimento bacteriano pode ser referenciado em três níveis de temperatura:

- Temperatura máxima e mínima: limitam a faixa em que o crescimento é possível.
- Temperatura ótima: tem-se a taxa máxima de crescimento.

A influência da temperatura no processo anaeróbio mostra-se em dois aspectos importantes:

- Alteração da taxa de digestão anaeróbia.
- Variação da fração de sólidos orgânicos que podem ser metabolizados.

Segundo YOUNG & MCCARTY (1969), os sistemas quando operados em temperaturas ambiente tornam-se limitados, principalmente para despejos pouco concentrados, visto que a quantidade de metano produzida é insuficiente para o seu aquecimento.

ZENDER et al (1969) apud CARVALHO (1994), mencionaram uma faixa mais ampla 0°C e 97°C, em que poderia ocorrer a metanogênese.

Segundo CARVALHO (1994), como os filtros anaeróbios podem operar com TRC - tempo de retenção celular (tempo médio em que a biomassa fica retida no reator) superior ao TDH - tempo de detenção hidráulica, visto que a biomassa encontra-se retida no seu interior, as temperaturas abaixo das faixas aceitas como viáveis e econômicas podem ser utilizadas, dispensando-se, assim, o aquecimento dos mesmos. Os filtros anaeróbios têm desempenho satisfatório, quando trabalhando em temperaturas entre 25°C e 38°C . Assim, despejos pouco concentrados, como os esgotos domésticos, nos quais a produção de metano é desprezível, podem ser tratados à temperatura ambiente.

A digestão anaeróbia é possível a temperaturas baixas (10°C), mas a eficiência da digestão diminui muito com a diminuição de temperatura. A aplicação desse processo é mais atrativo para aplicação em regiões tropicais e subtropicais, regiões onde a temperatura do esgoto quase nunca fica abaixo de 18°C VAN HAANDEL & LETTINGA (1994).

Em pesquisas desenvolvidas por VIEIRA (1988), foram obtidos bons resultados no tratamento de esgotos domésticos em reator UASB à temperatura ambiente. Em teste com reator em escala real, tratando esgoto bruto, e temperatura média de 22°C no verão e de 20°C no inverno. Os resultados foram satisfatórios, obtendo eficiência média de remoção de DBO

de 69%, de DQO de 62% e de sólidos suspensos de 69%.

3.2.3 pH, alcalinidade e ácidos voláteis

Esses três fatores ambientais estão intimamente relacionados entre si, tendo igual importância para o controle dos processos anaeróbios. A manutenção de uma concentração adequada de alcalinidade garante a neutralização dos ácidos voláteis que foram formados na primeira etapa da digestão anaeróbia, além do tamponamento do pH, na eventualidade de acumulação dos ácidos voláteis.

O controle do pH é fundamental para a manutenção do crescimento ótimo dos microrganismos e dos processo de conversão. A alcalinidade do sistema deve ser suficiente para manter o pH dentro de uma faixa considerada ótima entre 6,6 e 7,4 (PINTO, 1995).

As bactérias produtoras de ácidos tem um crescimento ótimo na faixa de pH entre 5,0 e 6,0, tendo tolerância maior a valores mais baixos de pH. Desta forma, através do controle do pH, procura-se eliminar o risco de inibição das bactérias metanogênicas pelos baixos valores de pH (CHERNICHARO, 1997). Uma taxa elevada de metanogênese só pode ser conseguida quando o pH se mantém próximo do valor neutro.

A alcalinidade pode ser gerada no próprio processo de digestão, já que através do acetato se produz bicarbonato, e através da hidrólise de proteínas produz-se amônia. Como o esgoto sanitário possui elevada concentração de proteínas, é possível ter-se alcalinidade (bicarbonato de amônia) suficiente para manter o pH elevado. Devido à sua capacidade de produzir ácidos e alcalinidade, a digestão anaeróbia tanto pode tratar despejos ácidos, como alcalinos (SPEECE, 1983 apud CARVALHO, 1994).

O monitoramento da alcalinidade bicarbonato de reatores anaeróbios é mais eficaz que o monitoramento do pH. A escala de pH é logarítmica, e a da alcalinidade é linear, logo, um pequeno abaixamento de pH implica em grande consumo de alcalinidade, significando grande redução da capacidade de tamponamento.

Os filtros anaeróbios são mais sensíveis aos efeitos de variação de pH durante o período de partida, mas alcançado o regime dinâmico estável, e sua resistência aos efeitos de variações moderadas de pH torna-se elevada (STRONACH et al, 1986 apud CARVALHO, 1994).

3.2.3 Substâncias tóxicas

A toxicidade depende da quantidade do composto químico presente. Dependendo da concentração em que se encontra a substância, esta pode ser tóxica ou estimulante (SOUZA, 1984).

O tempo de exposição é tão importante quanto o tipo de tóxico. (PARKIN & SPEECE, 1993 apud CARVALHO, 1994).

No esgoto sanitário, os principais compostos, que podem ser tóxicos para os sistemas anaeróbios de tratamento são :

- cátions de metais alcalinos e alcalinos-terrosos;
- nitratos e nitrogênio amoniacal;
- sulfatos e sulfetos;
- metais pesados;
- ácidos voláteis surfactantes;
- cianetos;
- oxigênio dissolvido.

Os principais fatores que exercem influência sobre o fenômeno de toxicidade são (DALTRO, 1988 apud CARVALHO, 1994):

- concentração dos tóxicos;
- antagonismo: a ação tóxica de uma substância pode ser eliminada pela simples introdução de outra substância . Por exemplo sódio e potássio são antagonísticos e a presença de um diminui o efeito do outro;
- sinergismo: o efeito de uma substância torna-se acentuado pela presença de outra substância;
- formação de precipitados: uma substância só é biologicamente tóxica quando está na forma solúvel, só assim pode ocorrer a sua penetração pela parede celular;

- aclimatação ou adaptação.

A consequência mais notável das cargas de choque de compostos tóxicos é a quase imediata paralisação da produção de gases e a elevação na concentração dos ácidos voláteis no digestor (SOUZA, 1994).

3.3 Mecanismos de remoção da matéria orgânica

Nos processos de tratamento de esgotos, são utilizadas várias operações para a remoção ou transformação de substâncias indesejáveis em outras substâncias de forma aceitável. O conceito de operação e processo unitário é por vezes utilizado intercambiadamente, em razão dos mesmos poderem ocorrer simultaneamente numa mesma unidade de tratamento (METCALF & EDDY, 1991 apud VON SPERLING, 1995). Essas operações dividem-se em:

- Operações físicas unitárias.
- Processos químicos unitários.
- Processos biológicos unitários.

As operações físicas são métodos nos quais predomina a aplicação de forças físicas. Dentre as mais importantes pode-se citar:

a) Gradeamento

É no gradeamento que o material flutuante e a matéria em suspensão, com dimensões maiores que as aberturas das grades, são retidos e posteriormente removidos.

b) Sedimentação

A sedimentação é um processo pelo qual a capacidade de carreamento e de erosão da água é diminuída, até que as partículas em suspensão decantem pela ação da gravidade. Existem quatro tipos de sedimentação:

1. Sedimentação discreta:

É aquela em que as partículas não flocculam, nem aglomeram-se, e sedimentam mantendo as suas propriedades físicas (forma, volume e peso). Na caixa de areia ocorre esse tipo de sedimentação.

2. Sedimentação flocculenta

As partículas aglomeram-se formando flocos que tendem a crescer e decantar.

3. Sedimentação zonal

Esta sedimentação ocorre, quando se tem uma grande quantidade de sólidos que vêm a formar um manto, que decanta como uma massa única.

4. Sedimentação por compressão

Esta sedimentação ocorre por compressão da estrutura das partículas quando a concentração de sólidos está mais elevada

A concentração de sólidos sendo ainda mais elevada a sedimentação ocorre por compressão da estrutura das partículas. A compressão ocorre devido ao peso das partículas, constantemente adicionadas como resultado da sedimentação das partículas situadas no líquido sobrenadante. Com a compressão parte da água é removida da matriz do floco, reduzindo o seu volume (VON SPERLING, 1996).

c) Flotação

É uma operação usada para usada para separar partículas sólidas da fase líquida. A separação é feita através da introdução de bolhas de gás (ar) na fase líquida. As substâncias mais leves sobem à superfície e são retiradas.

d) Filtração

É uma operação pela qual os fenômenos de coar, sedimentar e de contato interfacial combinam-se para transferir a matéria em suspensão para os grãos de areia, carvão, ou outro material granular, de onde deverá ser removida Exemplo filtração lenta do esgoto através de filtros de areia (JORDÃO &PESSOA,1995).

Os processos químicos são métodos de tratamento nos quais a remoção ou a transformação de contaminantes ocorre pela adição de produtos químicos, ou devido a reações químicas. Raramente o processos é adotado isoladamente (VON SPERLING, 1995).

Os processos biológicos de tratamento de esgoto dependem da ação de microrganismos

presentes nos esgotos. Tais processos procuram reproduzir os fenômenos biológicos observados na natureza, condicionando-os em área e tempo economicamente justificáveis.

De acordo com VON SPERLING (1995), dependendo do processo a ser utilizado, vários mecanismos podem atuar separadamente ou simultaneamente na remoção de poluentes. Os principais mecanismos são mostrados no Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Principais mecanismos de remoção de poluentes no tratamento de esgotos

Poluente	Dimensões	Principais Mecanismos de Remoção
Sólidos	Sólidos grosseiros (>~ 1 cm)	Gradeamentos Retenção de sólidos com dimensões superiores ao espaçamento.
	Sólidos em Suspensão	Sedimentação Separação de partículas com dimensões superiores a do esgoto.
	Sólidos dissolvidos (<~ 1 µm)	Adsorção Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa.
Matéria Orgânica	DBO em Suspensão (>~ 1 µm)	Sedimentação Separação de partículas com densidade superior à do esgoto.
		Adsorção Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa.
		Hidrólise Conversão da DBO suspensa em DBO solúvel, por meio de enzimas possibilitando.
	DBO Solúvel (<~ 1 µm)	Estabilização Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros.
		Adsorção Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
		Estabilização Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes.
Patogênicos	Radiação Ultra -violeta	Radiação do sol ou artificial.
	Condições ambientais adversas	Temperatura, pH, falta de alimento, competição com outras espécies.
	Desinfecção	Adição de algum agente desinfetante como cloro.

Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 1995.

3.4 Processos anaeróbios de alta taxa

Os processos anaeróbios convencionais necessitam de um tempo de detenção hidráulica muito grande, dependente do tempo de retenção celular, que resulta na construção de reatores de grande volume. Com a evolução tecnológica dos processos anaeróbios, para torná-los mais eficientes, foram desenvolvidos os reatores de alta taxa. Esses reatores são capazes de propiciar o desenvolvimento de grandes quantidades de biomassa ativa, que pode ser mantida nos reatores independente do tempo de detenção hidráulica. O aumento do tempo de retenção celular em relação ao tempo de detenção hidráulica baseia-se no princípio de reter os microrganismos ao máximo no reator. Essa elevada retenção de biomassa ativa depende dos fatores:

- **Adesão:** Superação das condições de instabilidade do meio em que vive a biomassa (temperatura, disponibilidade de nutrientes, estratificação), pela adesão a uma superfície. Essa forma de imobilização de microrganismos através da adesão pode se dar em superfícies fixas, como nos processo anaeróbios de leito estacionário (filtro anaeróbio), ou em superfícies móveis, como nos processos anaeróbios de leito expandido ou fluidificado (CHERNICHARO & CAMPOS, 1995).
- **Floculação :** Formação de microestruturas floculadas, que podem ser facilmente separadas da fase líquida por sedimentação. O crescimento bacteriano de flocos não é necessário para a remoção eficiente de substrato, mas é essencial para garantir um efluente com baixa concentração de sólidos suspensos (CASSEB, 1996).
- **Formação de grânulos:** Fenômeno que parece se restringir aos reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo, e geralmente àqueles tratando despejos ricos em carboidratos e ácidos voláteis (STRONACH et al.,1996 apud CHERNICHARO & CAMPOS,1992).

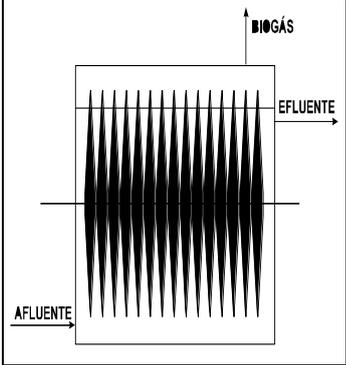
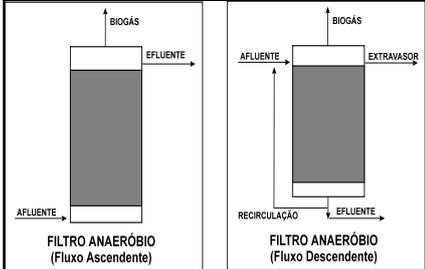
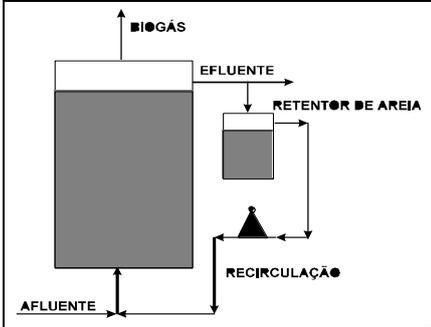
Existem dois mecanismos para reter o lodo nos sistemas de tratamento. De acordo com VON SPERLING (1996) eles classificam-se em:

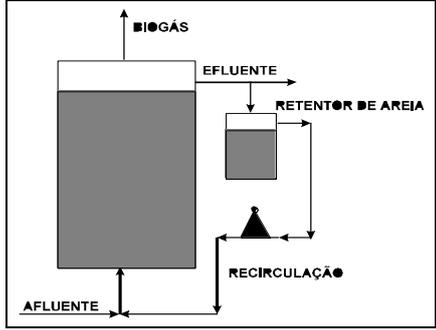
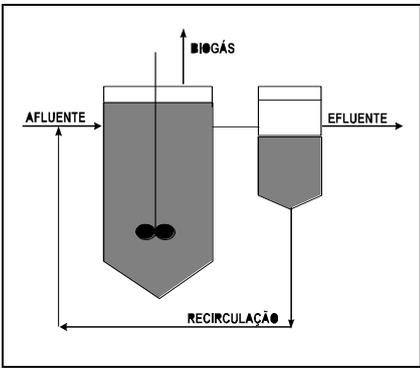
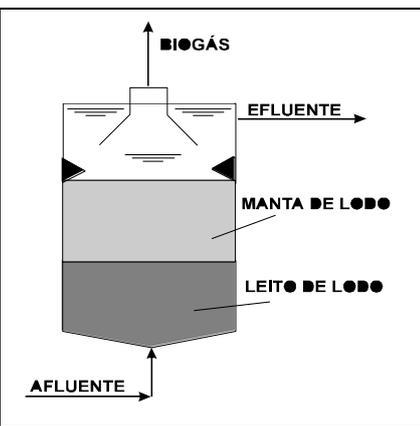
- **Crescimento disperso:** A biomassa cresce dispersa no meio líquido sem nenhum mecanismo de sustentação, formando flocos ou grânulos.
- **Crescimento aderido:** A biomassa cresce aderida a um meio suporte, formando um biofilme. O biofilme pode estar aderido a um material estacionário ou móvel. O meio

suporte pode ser material sólido natural (pedras, areia), artificial, ou constituído pela própria biomassa aglomerada (grânulos).

Diversos tipos de reatores de alta taxa estão sendo empregados no tratamento de despejos como pode ser observado na Tabela 3.2 a seguir apresentado.

Tabela 3.2 - Principais tipos de reatores de alta taxa

Mecanismos de Sustentação da Biomassa	Tipo de Reator e Desenho esquemático	Principais Características
Aderida	 <p style="text-align: center;">Biodisco Anaeróbio</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipamento mecânico simples. ✓ Meio suporte é uma configuração seqüencial de discos, parcialmente submersos, girando em torno de um eixo. ✓ Não devem ocorrer entupimento no sistema devido ao fato de a velocidade de rotação dos discos promover a remoção da biomassa retida entre os discos. ✓ Elevados custos de implantação. ✓ Utilizável para esgotos sanitários em comunidades de pequeno porte.
	 <p style="text-align: center;">Filtros Anaeróbios Ascendente e Descendente</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pode operar com fluxo vertical ascendente ou descendente. ✓ Forma cilíndrica ou retangular. ✓ Diferentes tipos de meio suporte. ✓ Entupimentos do meio suporte pode gerar problemas. ✓ O filtro descendente deve operar com recirculação.
	 <p style="text-align: center;">Reator de Leito Expandido</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Forma normalmente cilíndrica. ✓ Necessita de elevada taxa de recirculação. ✓ Fluxo ascendente. ✓ Meio suporte areia, cascalho, antracito, PVC, resina (\varnothing das partículas de 0,3 a 3,0 mm). ✓ Meio suporte deve ocupar até 10% do volume. ✓ Expansão do leito é usualmente mantida entre 10 e 20%.

Mecanismos de Sustentação da Biomassa	Tipo de reator e Desenho esquemático	Principais Características
Aderida	 <p style="text-align: center;">Reator de Leito Fluidificado</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Forma normalmente cilíndrica. ✓ Fluxo ascendente. ✓ Necessita de elevada taxa de recirculação. ✓ Meio suporte: areia, cascalho, antracito, PVC, resina (\varnothing das partículas de 0,5 a 0,7mm). ✓ O grau de expansão do leito varia entre 10 e 100%. ✓ Velocidade ascensional do esgoto elevada para fluidificar o leito.
Dispersa	 <p style="text-align: center;">Reator Anaeróbico de Dois Estágios</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reator de primeiro estágio de mistura completa e com alimentação contínua seguido de dispositivo para separação de sólidos. ✓ As partículas de biomassa floculada juntamente com os sólidos afluentes não digeridos devem ser retidas por um dispositivo de separação de sólidos e retornada ao reator de 1o estágio, onde são misturadas ao afluente.
	 <p style="text-align: center;">Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo - UASB</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fluxo ascendente de esgotos através de leito de lodo denso e de elevada atividade. ✓ Fluxo ascensional do esgoto e das bolhas de gás promovem a mistura do sistema. ✓ Separador de fases no topo do reator - (gás/sólidos/líquido). ✓ Desenvolvido inicialmente para tratamento de esgotos concentrados.

Fonte: Adaptado de CASSEB (1997).

3.5 Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo - UASB

O reator de manta de lodo foi inicialmente desenvolvido pelo Prof. Gatze Lettinga e colaboradores da Universidade Wageningen, na Holanda. Essencialmente, o processo consiste de um fluxo ascendente de esgotos através de um leito de lodo denso e de elevada atividade. O perfil de sólidos no reator varia de muito denso e com partículas granulares de elevada capacidade de sedimentação próximas ao fundo (leito de lodo), até um lodo mais disperso e leve próximo ao topo do reator (manta de lodo).

A estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação (leito e manta de lodo), sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional do esgoto e das bolhas de gás. O esgoto entra pelo fundo do reator seguindo uma trajetória ascendente encontra uma massa de sólidos densa, com partículas granuladas ou floculenta de elevada capacidade de sedimentação, as quais formam um leito de lodo,. Acima do leito de lodo, o esgoto passa pela manta de lodo que é uma região de lodo mais disperso e menos denso. A digestão anaeróbia com produção de gás acontece nas duas regiões de lodo. O fluxo ascensional, juntamente com as bolhas de gás, promovem a mistura do sistema.

Um dispositivo de separação de gases e sólidos, localizado acima da zona de digestão, garante condições adequadas para a sedimentação das partículas sólidas carregadas pelo biogás, que se desgarraram da manta de lodo, permitindo que estas partículas retornem à câmara de digestão, ao invés de serem arrastadas para fora do sistema. A Figura 3.2 apresenta um desenho esquemático do Reator.

O esgoto deixa o reator através de um decantador interno localizado na parte superior do reator. Embora parte das partículas mais leves sejam perdidas juntamente com o efluente, o tempo médio de residência de sólidos no reator é mantido suficientemente elevado para garantir o crescimento de uma massa densa de microrganismos formadores de metano, apesar do reduzido tempo de detenção hidráulica.

Um dos princípios fundamentais do processo é a sua habilidade em desenvolver uma biomassa altamente ativa no reator. Essa biomassa pode apresentar-se em flocos ou em grânulos (1 a 5 mm de tamanho). O cultivo de um lodo anaeróbio de boa qualidade é conseguido através de um processo cuidadoso de partida, durante o qual a seleção da biomassa é imposta, permitindo que o lodo mais leve, de má qualidade, seja arrastado para

fora do sistema, ao mesmo tempo que o lodo de boa qualidade é retido (LETTINGA et al, 1984). O lodo mais denso, que se desenvolve junto ao fundo do reator, apresenta uma concentração de sólidos totais da ordem de 40 a 100 g ST/l. Usualmente, não se utiliza qualquer dispositivo mecânico de mistura, uma vez que estes parecem ter um efeito adverso na agregação do lodo, e, conseqüentemente, na formação de grânulos. O fluxo ascensional, juntamente com as bolhas de gás, promovem a mistura do sistema.

Outro princípio fundamental, já mencionado acima, é a presença de um dispositivo, localizado na parte superior do reator denominado separador trifásico, onde ocorre a separação de gases e sólidos do meio líquido. O principal objetivo desse princípio é a criação de uma zona propícia à sedimentação dentro do próprio reator.

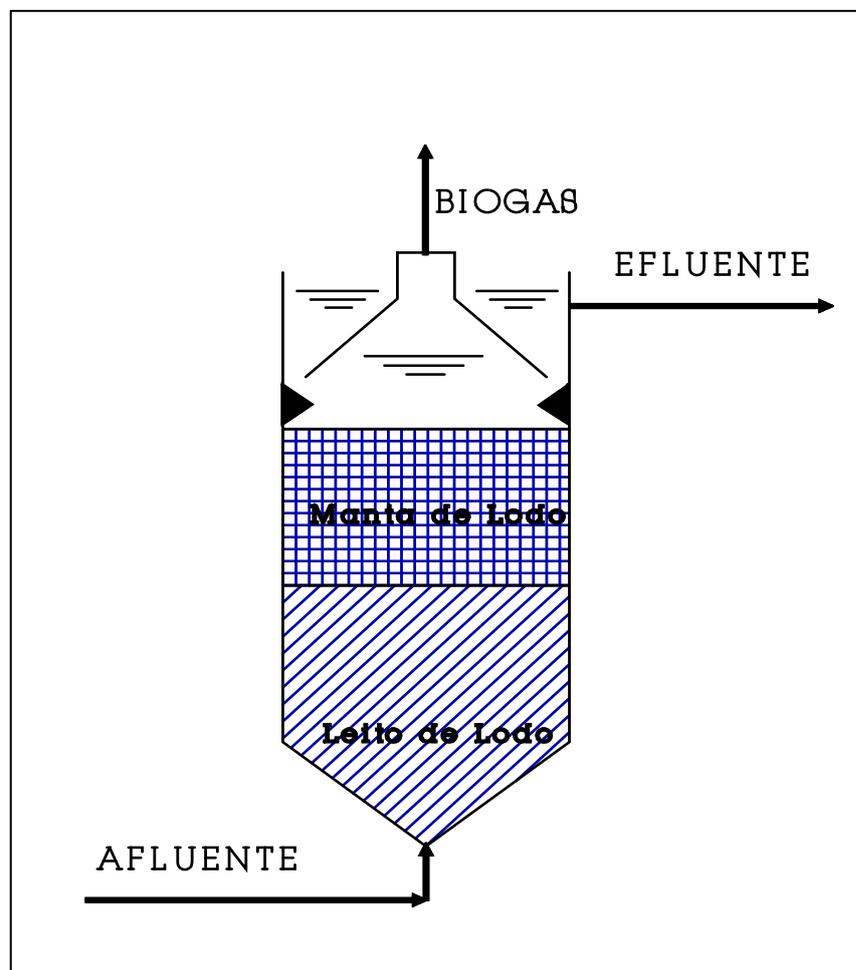


Figura 3.2 - Desenho esquemático do reator UASB

Entre as principais vantagens da utilização do reator UASB pode-se citar:

- Sistema de fácil construção, simples operação e manutenção.
- Sistema compacto, com baixa demanda de área, podendo atender inclusive regiões muito urbanizadas. O reator UASB ocupa uma área até 500 vezes menor que as lagoas de estabilização (VIEIRA, 1984).
- Baixo consumo de energia, que se limita apenas a elevatórias de chegada de esgoto, quando se fazem necessárias.
- A produção de lodo é baixa e o lodo excedente já sai estabilizado (VON SPERLING, 1995).
- O projeto de reatores de manta de lodo é bastante simples e não demanda a implantação de qualquer equipamento sofisticado ou de meios suporte para a retenção da biomassa.

Os reatores de manta de lodo têm sido aplicados também para o tratamento de esgotos de baixa concentração, com resultados bastante promissores (CHERNICHARO & CAMPOS, 1995). As principais desvantagens do processo são:

- Elevado intervalo de tempo para a partida do processo, dependendo da utilização de inóculo e da sua qualidade (CHERNICHARO & CAMPOS, 1992).
- Dificuldade em satisfazer padrões restritivos de lançamento, necessitando de pós-tratamento.
- A remoção de patogênicos, N e P geralmente é insatisfatória.
- É um sistema sensível a variações de carga.

Estrutura microbiana

No reator UASB, a manta de lodo se desenvolve sem a necessidade de material suporte para o crescimento da biomassa. O sistema deve desenvolver um lodo capaz de ser retido pelo sistema, com boas características de sedimentação e com índice volumétrico menor que 40 mg/L, para o lodo floculento, e 20 mg/L para lodo granulado. É ideal que se tenha lodo granulado, que ocorre quando a biomassa, dispersa ou floculenta se agrega e cresce em forma de pequenas esferas com boa qualidade estrutural e características físicas e biológicas que o tornam resistente às forças hidráulicas (CHERNICHARO & CAMPOS, 1992).

O crescimento bacteriano em flocos é essencial para garantir um efluente com baixa concentração de sólidos suspensos.

Os mecanismos que promovem a seleção e a formação de grânulos estão relacionados a fatores físicos, químicos e biológicos incluindo (CHERNICHARO, 1997):

- características do substrato (concentração e composição);
- a compressão gravitacional das partículas de lodo e a taxa superficial de liberação de biogás;
- as condições ideais para o crescimento das bactérias metanogênicas;
- a velocidade ascensional do líquido através do leito de lodo.

3.5.1 Desempenho de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgotos sanitários

O processo de digestão anaeróbia era considerado inadequado para o tratamento de esgotos de baixa concentração e a baixas temperaturas. A necessidade crescente da utilização de processos de tratamento de esgotos que sejam compactos, simples, e que aliem preços atrativos e bom desempenho, principalmente para países em desenvolvimento, motivou a realização de pesquisas que ampliaram o conhecimento na área.

Pesquisas em escala piloto em Bucaramanga, Colômbia e em escala de demonstração realizadas em Cali, Colômbia, e em Kampur (Índia), apresentaram-se de grande importância por serem de características climáticas semelhantes às brasileiras.

A Tabela 3.3 apresenta resultados dessas experiências e de outras experiências brasileiras, em São Paulo, Campina Grande, LIP UFMG em Belo Horizonte (CASSEB, 1996), na remoção de matéria orgânica e de sólidos em suspensão em função do tempo de detenção hidráulica.

Tabela 3.3 - Resultados experimentais do desempenho de reatores UASB

Local	TDH (Horas)	DQO			DBO			SS	
		Aflu *	Eflu.*	Efic.(%)	Aflu *	Eflu.*	Efic. (%)	Aflu *	Efic. (%)
Cali (Colombia) T = 25°C	2.4	397	139	65	77	33	57	131	109
	4	365	135	62	137	36	74	185	102
	6	321	109	65	161	31	81	212	41
	7	254	89	65	115	25	81	141	41
	8	239	79	67	185	102	79	170	39
Campina Grande (Brasil) T= 24 - 26° C	2.1	792	452	43	466	256	45	546	424
	2.6	764	468	39	442	223	50	503	372
	3.0	837	319	62	508	208	59	597	364
	5.7	695	273	61	471	146	69	472	276
	7.2	863	285	67	518	85	84	478	225
	17.0	783	196	75	424	64	85	587	161
São Paulo (Brasil) T= 20 - 22° C	4.4	400	189	53	181	111	39	236	105
	5	393	280	32	201	121	42	207	78
	5.1	307	117	62	198	58	71	149	49
	6.1	188	83	56	104	42	60	67	24
	6.2	258	103	60	157	54	65	113	47
	7	374	152	59	237	73	69	192	45
	7.2	459	206	55	255	101	60	219	74
	7.5	194	89	55	105	40	62	91	34
	8.8	407	142	65	253	72	72	195	49
	11	403	149	63	249	84	66	182	45
14.5	100	142	64	255	77	60	-	-	
Bucaramanga (Colômbia)	5	595	166	72	271	57	-	-	70
	19	426	145	66	195	39	-	-	69
Kampur (India)T =20	6	430	172	60	162	56	65	197	68
	6	471	179	62	161	50	69	215	72
LIP (UFMG) Brasil (1995)	12	437	97	74	150	35	74	169	25
	8	515	115	75	212	39	79	243	39
	6	695	105	81	-	-	-	408	48

* mg/L

Fonte: Adaptado de CASSEB (1996)

Avaliando a influência do tempo de detenção hidráulica sobre os dados, das experiências de Cali, Bucaramanga, Kampur, Campina Grande e São Paulo, apresentados na Tabela 3.1, VAN HAANDEL & LETTINGA (1994) chegaram às seguintes conclusões:

- Houve grandes variações nos valores observados da eficiência de remoção de DQO, DBO e SS, em sistemas sob condições semelhantes, mas tratando esgotos diferentes, o que leva à conclusão de que a origem do esgoto influi sobre o desempenho do reator UASB. Todavia, quando diminui o tempo de permanência diminui a eficiência, em particular, quando estes tempos atingem valores abaixo de 4 a 6 horas.
- Parece não haver influência da temperatura sobre o desempenho dos reatores, operando na faixa entre 20°C e 25°. Todavia alguns estudos indicam que, para temperaturas abaixo de 18° C, notadamente abaixo de 15° C, a eficiência de remoção de material orgânico diminui consideravelmente com a temperatura.
- Os dados mostraram a possibilidade de se ter elevadas eficiências de remoção de DQO, DBO e SS operando com TDH pequenos. Mas os resultados também mostraram a dificuldade de se atingir o padrão de qualidade do COPAM, em Minas Gerais. Portanto, haveria necessidade de se aplicar alguma forma de pós-tratamento após a digestão de esgoto num reator UASB.

3.6 Pós-tratamento

No tratamento de esgotos sanitários, características favoráveis como baixo custo, simplicidade operacional, aliadas às condições ambientais do Brasil, têm colocado os sistemas anaeróbios de tratamento em posição de destaque, particularmente os reatores UASB.

A bibliografia mostrou que a digestão anaeróbia nos reatores UASB é um método eficiente para a remoção de material orgânico e de sólidos suspensos presente nos esgotos sanitários, especialmente em regiões de clima quente.

No que pesem as enormes vantagens, os sistemas anaeróbios têm dificuldade de produzir um efluente que se enquadre nos padrões estabelecidos pela legislação ambiental tornando-se necessária a utilização de um pós-tratamento.

Em nível mundial não há ainda experiências muito consistentes relativas a essa tão importante etapa. O conhecimento existente é grande quando se analisa cada unidade individualmente,

mas não quando se investiga a relação integrada *reatores anaeróbios/pós-tratamento*. No Brasil, o desempenho das unidades de pós-tratamento também não tem sido investigado de forma sistêmica (CHERNICHARO, 1997).

Com relação aos indicadores microbiológicos, tem sido reportadas baixas eficiências de remoção de coliformes nos reatores anaeróbios. Relativamente a outros tipos de microrganismos, tais como vírus, protozoários e ovos de helmintas, praticamente não há quaisquer referências na literatura relativas à sua redução ou eliminação através do tratamento em reatores anaeróbios (CHERNICHARO, 1997).

De acordo com KOOIZMANS et al. (1985) citado em CASSEB (1996), a necessidade de pós-tratamento depende de três fatores:

- A diluição do efluente tratado no corpo receptor.
- A quantidade da água do corpo receptor e suas características dinâmicas como a reaeração e fatores, que favorecem o decaimento bacteriano.
- Uso preponderante do corpo receptor.

Dependendo da legislação, no que concerne à disposição final do efluente, os principais objetivos do pós-tratamento podem ser:

- Remoção complementar de matéria orgânica, removendo resíduos de DQO, DBO e SS.
- Remoção de nutrientes e patogênicos.

Entre as alternativas para o tratamento complementar, incluem-se: lagoas facultativas, lagoas de alta taxa, lagoas aeradas, filtro biológico, filtro lento de areia intermitente, filtro anaeróbio, lagoa de maturação, biofiltros aerados submersos e lodos ativados.

A Tabela.3.4 mostra os resultados alcançados em alguns destes sistemas cujas fontes de consulta foram : Dados de Cali e Colombia (KOOIJMANS, LETTINGA et alii, 1985 apud CASSEB, 1996); ETE Camburi-Vitória (GONÇALVES, 1997); USP- São Carlos (SOUZA e FORESTI, 1997); Itabira (BRITO e outros, 1997).

Tabela 3.4 - Resultados apresentados por sistemas com pós tratamento

Unidade	Referencia/Local	DQO	DBO	SST	DQO	DBO	Col T	COL F.	CT	CF
Decantador (TDH 30 min)		83	17	66	30	42	4,2x10 ⁶	2,97x10 ⁶	0**	22*
Lagoa de Maturação	KOOIJMANS (1985) Cali/CO	64	11	36	nd	58	9,12x10 ⁴	5,49x10 ⁴	98**	99**
Filtro Biológico (10m ³ /m ² .d)		64	16	59	22	5	1,79x10 ⁶	1,79x10 ⁶	58**	40**
Filtro anaeróbio (TDH 30 min)		82	20	52	49	57	1,6x10 ⁶	1,51x10 ⁶	56**	60**
Duckeed Lagoon (TDH 5d)		55	8	12	59	76	nd	nd	nd	nd
Filtro Lento de areia carga (1,18 m ³ /m ² .d)	LETTINGA ET allii (1996)	52	7	26	69	87	4,46x10 ⁴	3,63x10 ⁴	99**	99**
Filtro Lento de areia carga (1,14 m ³ /m ² .d)		54	8	22	68	85	1,50x10 ⁶	1,34x10 ⁵	96**	95**
Biofiltro aerado submerso (TDH Uasb/BF 8/0,23)		49	9,7	10	88	95	nd	nd	nd	nd
Biofiltro aerado submerso (TDH UASB/BF 8/0,17)	GONÇALVES et al, 1997 ETE Cambuí vitoria/ES	37,8	9,4	9,8	92	96	nd	nd	nd	nd
Biofiltro aerado submerso (TDH UASB/BF 4/0,11)		49	9,6	10,3	82	92	nd	nd	nd	nd
Reator Sequencial batelada (TDH UASB 4,7 h)	SOUZA & FORESTI, 1997, USP São Carlos/SP	20	6	9	95	98	nd	nd	nd	nd
Biofiltro aerado submerso (TDH UASB/BF 6/0,5h)	CHERNICHARO & GONÇALVES, 1996 LIP/BH	54	nd	9	91	nd	nd	nd	nd	nd
Lagoa Maturação chicanas (TDH UASB 13 h)	BRITO ET AL, 1997, Itabira/MG	140	6,3	64	78***	78***	nd	nd	nd	nd

Notas: * Dados baseados em diferentes n° de análise ** relativos à qualidade do efluente do reator UASB *** relativo ao esgoto bruto
^a = mg/L ^b = % remoção ^c = NMP/100ml

3.7 Filtros anaeróbios

O filtro anaeróbio é um reator no qual a matéria orgânica é estabilizada através da ação de microrganismos, que ficam retidos nos interstícios ou aderidos ao material suporte (biofilme). Este material suporte constitui o meio através do qual os despejos líquidos escoam. Estes filtros são usualmente operados com fluxo vertical, tanto ascendente quanto descendente, sendo o de fluxo ascendente o mais utilizado.

Os filtros anaeróbios consistem, basicamente, de um leito de pedra ou de outro material inerte, que acumula em sua superfície os microrganismos responsáveis pelo processo de estabilização da matéria orgânica.

Mais recentemente, com o aumento do conhecimento microbiológico e bioquímico do processo anaeróbio, houve uma sensível melhora na otimização e na eficiência dos sistemas, incrementando, assim, sua aplicabilidade. Verifica-se que o tempo médio de residência dos microrganismos nos reatores é muito elevado, devido ao fato destes estarem fixados no meio filtrante, propiciando, então, um bom desempenho do processo de tratamento.

As características mais importantes de um tratamento biológico são o tempo de residência de sólidos e as concentrações de microrganismos presentes no meio. Os elevados tempos médios de residência de sólidos nos reatores, que podem chegar até 100 dias, associados aos tempos de detenção hidráulica reduzidos, conferem ao filtro anaeróbio um grande potencial para a sua aplicabilidade em tratamentos de águas residuárias de baixa concentração.

Algumas vantagens associadas ao uso de filtros anaeróbios são:

- baixo custo operacional, uma vez que não há consumo de energia;
- produção de material combustível (gás metano);
- simplicidade operacional, não exigindo qualquer operação sofisticada;
- baixo custo de manutenção;
- baixo custo de implantação, podendo ser construídos em alvenaria comum ou armada;
- adaptável para despejos com qualquer concentração de DQO;

- baixa produção de sólidos biológicos (lodo);
- possibilidade de ficar sem alimentação por longo período, sem afetar os microrganismos do processo.

3.7.1 Aplicações do filtro anaeróbio

Os filtros anaeróbios têm sido objeto de intensas pesquisas em diversos países. Os primeiros trabalhos acerca dos filtros anaeróbios datam do final da década de sessenta e, desde então, têm tido uma aplicação crescente no tratamento de diferentes tipos de efluentes industriais e domésticos (CAMPOS & DIAS, 1989).

O grande marco nos estudos sobre filtros anaeróbios foi o trabalho realizado por YOUNG & MCCARTY (1967), que operaram filtros anaeróbios em escala de laboratório, verificando que este tipo de reator poderia oferecer boa eficiência na remoção de DBO, para pequenos tempos de detenção hidráulica (PINTO, 1995).

O efluente dos filtros anaeróbios tratando esgoto sanitário bruto geralmente necessitam de tratamento complementar. A utilização de filtros anaeróbios tratando efluente de tanques sépticos tem sido bastante difundida como um sistema de tratamento compacto de baixo custo para esgoto sanitário, sendo inclusive normatizado pela ABNT (NBR-7229/82). Em Minas Gerais, especificamente, vários sistemas foram implantados em áreas rurais e também para tratamento de efluentes de diferentes tipos de indústrias.

DALTRO & POVINELLI (1985) citado em PINTO (1995) desenvolveram estudos com o sistema fossa-filtro no tratamento de esgotos domésticos. Os volumes da fossa e do filtro foram de 5,40 m³ e 0,59 m³ respectivamente, e a altura do filtro de 0,67 m. O material suporte foi a brita de graduação n^o 4 com diâmetro de 3 a 5 cm, porosidade média de 45% e superfície específica de 140 m²/m³. Os resultados alcançados demonstraram que o sistema foi eficiente, conseguindo-se reduções acima de 70% para tempos de detenção hidráulica de 12 horas, tendo o efluente final uma concentração média de 160 mg/L de DQO bruta.

Outra experiência foi feita por VIEIRA & SOBRINHO (1983) com o sistema fossa-filtro tratando esgotos domésticos e com volumes da câmara de decantação de 0,5m³ e do filtro anaeróbio de 2m³, utilizando a brita n^o 4 como material de enchimento. O sistema atingiu

bons resultados de remoção de DBO e DQO de 83% e 80%, respectivamente, para tempos de detenção hidráulica de 4,1 horas na câmara de decantação da fossa, e 19 horas no filtro.

Em levantamento realizado por ANDRADE NETO (1994), embora o sistema fossa-filtro devesse apresentar bons resultados, a experiência da SABESP levou a várias revisões do sistema, com o objetivo de sanar os problemas surgidos. Os problemas deveram-se a um somatório de fatores, mas os principais parecem ter sido: deficiências construtivas dos sistemas, operacionais tais como remoção do excesso de lodo dos filtros, falta de inspeção e operação regular dos sistemas. Problemas semelhantes foram também verificados no Paraná e em Minas Gerais, o que levou a revisões do projeto com utilização de materiais mais duráveis, cálculos estruturais mais rigorosos, exigência de manutenção e operação correta.

Os estudos sobre o tratamento de despejos industriais através de processos anaeróbios são numerosos. O tratamento anaeróbio pode tratar a maioria dos despejos industriais tais como: usinas de álcool e açúcar, matadouros e frigoríficos, laticínios, cítricos, curtumes, indústrias alimentícias, indústrias farmacêuticas, indústria química, chorume, etc.

3.7.2 Configuração dos filtros anaeróbios

a) Forma dos filtros anaeróbios

A maioria dos filtros anaeróbios de médio e grande porte tem forma retangular ou quadrada, e, de acordo com a norma brasileira NBR 7229/82, os filtros anaeróbios devem ter forma circular ou retangular. O diâmetro mínimo previsto na mesma norma é de 0,95 m ou largura mínima de 0,85 m. O diâmetro máximo e a largura não devem exceder a três vezes a profundidade útil. A norma preconiza uma altura útil total igual a 1,80m, devendo ter 0,30 m de fundo falso, 1,20 m de meio suporte e 0,30 m para a lâmina entre o meio suporte e o topo da calha coletora do efluente.

Encontra-se em análise o Projeto de Norma 02:144.07-002 de dezembro de 1995 elaborado pelo Comitê Brasileiro de construção Civil. Este Projeto de Norma complementa a parte referente ao tratamento e disposição final dos efluentes de tanques sépticos da NBR 7229/93. O Projeto preconiza um volume útil de 1,6 NCT (onde N é igual ao número de contribuintes, C é igual a contribuição em L.hab/dia e T o Tempo de detenção hidráulica) e limita volume

útil em no mínimo 1000 litros e altura mínima de 60 cm.

Com relação ao diâmetro e largura do filtro O Projeto de Norma não faz limitações, apenas a altura total interna do filtro que deve ser obtida em função da altura do leito filtrante e altura da calha coletora. Quanto a forma do filtro o referido Projeto apresenta a forma retangular ou circular como opção.

Com relação à influência da altura dos filtros anaeróbios na eficiência de remoção da matéria orgânica, de acordo com CARVALHO (1994), existe certa unanimidade entre os pesquisadores de que grande parte da estabilização ocorre nos níveis mais baixos dos filtros.

Os resultados mostrados podem limitar a altura dos filtros proporcionando uma diminuição nos custos da construção dos mesmos.

De acordo com YOUNG (1990), os filtros anaeróbios em escala real projetados nos Estados Unidos e no Canadá apresentam altura entre 3 e 13 m para a maioria dos materiais suportes plásticos. No entanto, como no Brasil o tipo de material suporte comercial mais viável do ponto de vista econômico são as pedras britadas, a altura recomendada situa-se entre 0,8 e 2,0 m, devido às restrições estruturais e funcionais (CAMPOS, 1990 apud CARVALHO, 1994).

Geralmente, os filtros anaeróbios que possuem volume da camada de material suporte menor ou igual a 50% de seu volume total têm apresentado maior perda de sólidos biológicos e menor eficiência de tratamento. Deste modo, a menos que uma justificativa específica seja encontrada através de testes com unidades piloto ou com unidades tratando despejos similares, a altura da camada de material suporte não deve ser inferior a 2/3 da altura dos reatores. As unidades em escala real geralmente apresentam altura da camada de material suporte em torno de 50 a 70% de sua altura total (YOUNG, 1990). Por outro lado, a altura das unidades não deve ser inferior a 2,0m por causa do risco de lavagem excessiva dos sólidos biológicos (STRONACH et al, 1986 apud CARVALHO, 1994).

Segundo CAMPOS (1990), a concepção dos filtros anaeróbios pode respeitar critérios um tanto diferentes, dependendo de se o material suporte empregado for plástico altamente poroso com reduzida superfície específica ou britas. No primeiro caso, verifica-se a possibilidade de emprego de reatores com altura muito maior e, portanto, uma área de

instalação relativamente menor que no segundo caso.

Em termos de otimização de projeto e flexibilização operacional, os filtros anaeróbios não devem ser excessivamente altos. Por exemplo, em vez de se construir uma unidade de determinado diâmetro e altura igual a 6 metros, é preferível que se construa duas unidades com 3m de altura, operadas em paralelo (YOUNG, 1992 apud CARVALHO, 1994).

A configuração do filtro anaeróbio não parece ser um fator importante no desempenho dos filtros anaeróbios (CHIANG & DAGUE, 1992 apud CARVALHO, 1994). Os autores operaram filtros com volumes idênticos, porém com razão altura/diâmetro equivalente a 1:2, 4:1 e 14:3, tendo sido submetidos a taxa de carregamento orgânico volumétrico entre 1,0 e 12 kgDQO/m³.d. Os resultados indicaram que houve pouca diferença em termos de taxa de remoção de DQO e taxa de produção de metano para valores até 9,0 kgDQO/m³.d. Acima deste valor, o reator mais alto foi um pouco mais eficiente que os demais, porém a diferença foi insignificante. Segundo os autores, os filtros devem ser projetados com a razão altura/diâmetro baixa.

PINTO (1995), em pesquisa desenvolvida com filtro anaeróbio tratando esgoto sanitário, verificou que de 39 a 73% da eficiência de remoção de DQO acontecia nos primeiros 30 cm acima do fundo falso, verificou, também, que a eficiência ao longo da altura cresceu, quando se aumentou a carga orgânica aplicada, a qual disponibilizou um residual de DQO para os compartimentos superiores.

b) Filtro anaeróbio de fluxo ascendente

O sentido do escoamento nos filtros pode ser ascendente ou descendente. Os filtros com fluxo ascendente foram os primeiros a serem pesquisados (final da década de 50), e são os mais difundidos.

c) Filtro anaeróbio de fluxo descendente

O filtro anaeróbio de fluxo descendente foi desenvolvido por VAN DEN BERG & LENTZ (1979). Esse sistema foi projetado na tentativa de minimizar o bloqueio do meio suporte comum em filtros ascendentes, o material suporte utilizado foi tubos verticais dispostos de tal

maneira a permitir um fluxo com perda de carga mínima.

Os filtros descendente são reatores relativamente recentes e foram projetados com o intuito de otimizar o papel da camada de material suporte, evitando o entupimento da mesma, bem como permitir o tratamento de despejos concentrados com elevado teor de sólidos suspensos (CANOVAS-DIAZ & HOWEL, 1988 apud CARVALHO, 1994).

Diversos materiais têm sido utilizados, tais como poliéster, argilas, porcelanas, lâminas de PVC e vidro. Estes materiais são colocados em tubos ou canais com diâmetro variando de 20 a 100 mm e com altura de 500 a 1500 mm, com área de aderência (superfície de contato) em torno de 50 a 250 m²/m³. Neste tipo de reator o excesso de lodo é removido do material suporte através das forças de atrito causadoras de lixiviação, prevenindo-se, assim, o entupimento do meio.

Este tipo de reator demonstrou que tem capacidade de operar de maneira estável, e a nível laboratorial foi capaz de operar com cargas volumétricas de até 20 kg/m³.dia com eficiência na ordem de 85%, (VAN DEN BERG & KENNEDY (1981, 1982), DROSTE & KENNEDY, 1987). Este sistema tem sido aplicado com sucesso em escala plena no Canadá.

d) Diferenças entre filtros ascendente e descendente

As principais diferenças entre o filtro descendente e o ascendente estão apresentadas na Tabela 3.5.

A recirculação pode trazer benefícios como redução da adição de alcalinidade e nutrientes, melhor distribuição do despejo através do reator e redução da concentração de ácidos voláteis.

Nos filtros ascendentes, a concentração de sólidos biológicos retida na forma de biofilmes situa-se entre 25% e 50% da concentração total (STRONACH et al (1986) apud CARVALHO, 1994). A Figura 3.3 mostra um desenho esquemático do filtro anaeróbio descendente e a a Figura 3.3 mostra um desenho esquemático do filtro ascendente.

Tabela 3.5 - Principais diferenças entre filtros ascendentes e descendente

Filtros Ascendentes	Filtros Descendente
<ul style="list-style-type: none">• A maior parte dos sólidos suspensos encontra-se retida nos interstícios da camada suporte (grânulos ou flocos), que é a grande responsável pela remoção da matéria orgânica.• A maior parte da estabilização ocorre na parte inferior do reator (menos de 1/3 da altura do reator).• O biofilme não tem papel tão importante.• Não necessitam de recirculação do efluente.• São mais indicados para o tratamento de despejos com baixa concentração de sólidos suspensos.	<ul style="list-style-type: none">• Permite o tratamento de despejos com elevadas concentrações de matéria orgânica e sólidos suspensos.• Pode tratar tanto despejos solúveis como insolúveis.• A remoção de DQO solúvel é praticamente constante ao longo da coluna do reator.• Ocorre pouco acúmulo de sólidos biológicos no fundo do reator.• A lavagem ou arraste de biomassa é pequena.• Por reter menos sólidos biológicos, não podem ser operados com elevada taxa de carregamento orgânico volumétrica.• O biofilme é responsável pela maior parte da estabilização da matéria orgânica (90%).• Praticamente todos os sólidos são retidos no reator na forma de biofilme.• Geralmente necessitam de recirculação do efluente.

Fonte: Adaptado de CARVALHO,(1994)

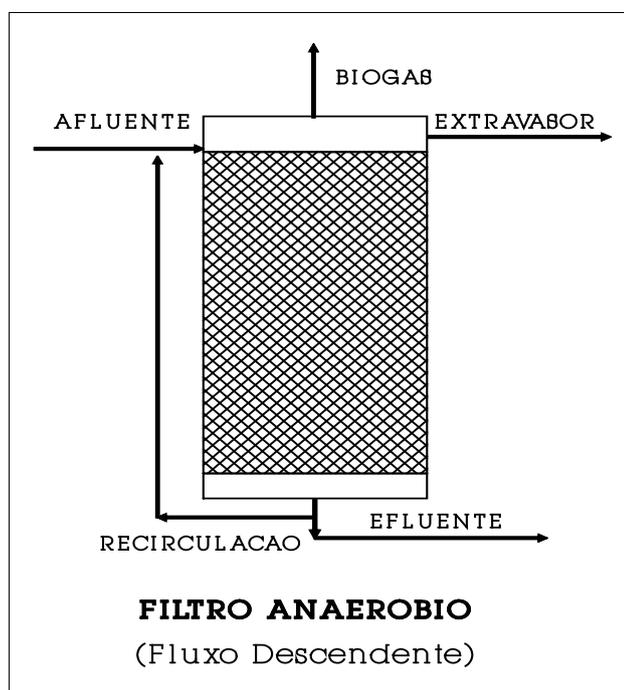


Figura 3.3 - Representação esquemática do FA

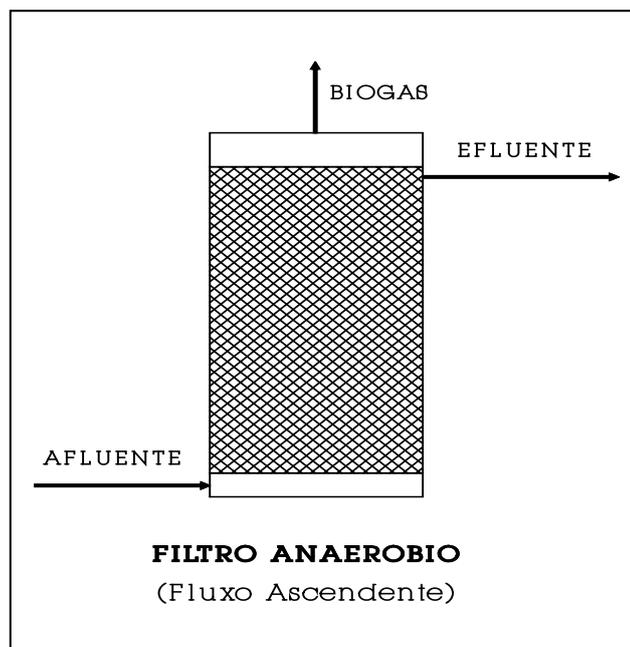


Figura 3.4 - Representação esquemática do FD

3.7.3 Meio suporte

A finalidade principal da camada de material suporte é reter sólidos biológicos no interior do filtro anaeróbio. Esses sólidos encontram-se aderidos à superfície do material suporte na forma de biofilme, ou retidos nos espaços intersticiais dessa camada na forma de agregados, tais como, flocos e grânulos. São as seguintes as principais finalidades da camada de material suporte (YOUNG, 1990 & SOUZA, 1982 b apud CARVALHO, 1994):

- Atua como um dispositivo para separar os sólidos dos gases.
- Ajuda a promover a uniformização do escoamento no reator.
- Melhora o contato entre os constituintes do despejo afluente e os sólidos biológicos contidos no reator.
- Permite o acúmulo de grande quantidade desses sólidos, com o conseqüente aumento do tempo de retenção celular.
- Atua como uma barreira física para evitar que os sólidos biológicos sejam carreados para fora do sistema de tratamento.

Na Tabela 3.6 são apresentadas as principais características desejáveis para o material suporte de filtros anaeróbios.

Tabela 3.6 - Características desejáveis para os materiais suporte de FA

Características	Objetivo
Ser estruturalmente resistente.	Suportar o próprio peso, adicionado ao peso dos sólidos biológicos aderidos à sua superfície.
Ser biológica e quimicamente inerte.	Não haver reação entre o leito e os microrganismos.
Ser suficientemente leve.	Evitar a necessidade de estruturas pesadas e caras, e permitir a construção de filtros relativamente mais altos, o que implica numa redução da área necessária à instalação do sistema.
Possuir grande área específica.	Permitir maior aderência de sólidos biológicos.
Possuir porosidade elevada.	Permitir uma maior área livre disponível para a acumulação de bactérias e para reduzir a possibilidade de colmatção.
Possibilitar a colonização acelerada dos microrganismos.	Diminuir o tempo de partida do reator.
Apresentar formato não achatado ou liso.	Garantir uma porosidade elevada.
Preço reduzido.	Viabilizar o processo, não apenas tecnicamente, mas também economicamente.

Fonte: Carvalho, 1994 apud PINTO,1995.

O tipo de material suporte possui uma grande influência na formação do biofilme. No caso, superfícies porosas favorecem o desenvolvimento de biofilme, além de minimizarem o volume “morto” do reator (HENZE & HARREMOES, 1983 apud CARVALHO, 1994).

Tradicionalmente, tem-se adotado pedra britada com diâmetro entre 5,0 e 10,0 cm, previamente lavada e isenta de outras substâncias estranhas capazes de prejudicar a eficiência do processo. No Brasil, utiliza-se com frequência a brita nº 4. Entretanto, o emprego de britas reduz o volume útil dos reatores em cerca de 50%, além de obrigar a construção de pesadas estruturas para contenção (PESSOA & VILLELA, 1992 apud CARVALHO, 1994).

Na Tabela 3.7 são apresentados os tipos de materiais utilizados em filtros aneróbios.

Tabela 3.7 - Tipos de materiais suporte utilizados em filtros anaeróbios

Material Suporte	Diâmetro* (mm)	Área Superficial específica	Porosidade (%)	Referência
Quartzo	40	n.i.	42	ARORA et al. (1975)
Pedregulhos	25 a 38	n.i.	n.i.	EL-SHAFIE & BLOOD (1973)
Blocos cerâmicos	n.i.	n.i.	n.i.	HALL (1982)
Concha de ostras	60 a 100	n.i.	82	HUDSON et al. (1978)
Britas de granito	25 a 38	n.i.	53	HUDSON et al. (1978)
Calcário	25 a 40	n.i.	n.i.	LOVAN & FOREE (1971)
Anéis plásticos	n.i.	n.i.	90	MOSEY (1978)
Cilindros vazados	90	102	95	YOUNG & DAHAB (1982)
Britas	40 a 50	n.i.	n.i.	WILKIE & NEWELL (1981)
Blocos modulares PVC	n.i.	132	95	YOUNG & DAHAB (1982)
Granito	25 a 75	n.i.	40	RICHTER & MACKIE (1971)
Britas	25 a 38	n.i.	47	DENNIS & JENNETT (1978)
Britas	25 a 40	n.i.	42	BROWN et al (1981)
Concha de mexilhão	n.i.	n.i.	77	COLLERAN et al (1982)
Esferas de polipropileno	90	89	95	YOUNG & DAHAB (1982)
Escória de alto-forno	50 a 76	100	54	PINTO (1995)

*Máximo n.i = não informado

Fonte: adaptado de HENZE & HARREMÕES (1983) apud PINTO,1995.

Pesquisas recentes desenvolvidas no âmbito do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG indicaram a viabilidade de utilização da escória de alto-forno como meio suporte para filtros anaeróbios (PINTO,1995). Uma comparação dos custos da brita n.º 4 em relação à escória de alto-forno é apresentada na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Custos comparativos da escória de alto-forno e brita n.º 4

Procedência/origem	Tipo de material	Preço por tonelada US\$
Açominas	Granulada	11,40
Usiminas	Granulada*	10,40
Mannesmann	Bruta	2,40
Variada	Brita n.º 4	15,40

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos em unidades piloto de tratamento de esgotos implantadas no Laboratório de Instalações Piloto Prof. Ysnard Machado Ennes - LIP, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA da Universidade Federal de Minas Gerais, situado à Rua Guaicurus, nº187 na região central de Belo Horizonte.

4.1 Alimentação dos esgotos

4.1.1 Elevatória de esgotos brutos

A alimentação de esgotos brutos para as instalações piloto foi feita a partir de um bombeamento efetuado diretamente do interceptor de esgotos da margem direita do ribeirão Arrudas, localizado à rua Guaicurus, próximo ao LIP. A Figura 4.1 mostra um desenho esquemático da estação piloto.

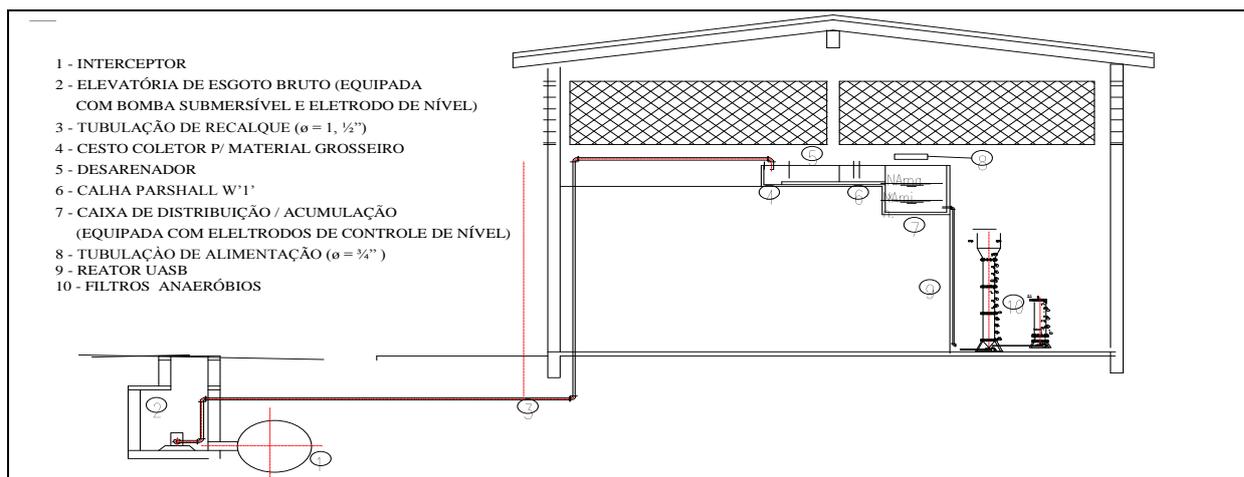


Figura 4.1 - Desenho esquemático da instalação piloto no Laboratório de Instalações Piloto (LIP)

Os esgotos brutos são bombeados diretamente do interceptor de esgotos, através de uma bomba submersível (2) instalada no interior do interceptor (1). A bomba submersível é protegida por uma gaiola de fibra de vidro com furos de 20mm, a qual é equipada com defletores de fluxo, tubo-guia e eletrodos de nível, estes controlando o funcionamento automatizado da bomba. A estação elevatória e linha de recalque apresentam as seguintes características:

- Bomba submersível: modelo ABS 3M, 1/2 c.v..
- Tubulação de recalque: PVC roscável, Ø 1 1/2".
- Extensão da linha de recalque: ~ 20,0 metros.
- Altura geométrica da linha recalque: ~ 8,0 metros.

4.1.2 Tratamento preliminar

O esgoto bruto é submetido a um tratamento preliminar antes de alimentar o reator UASB, de acordo com o esquema de alimentação apresentado na Figura 4.1 e com o fluxograma da linha de tratamento apresentado na Figura 4.2.

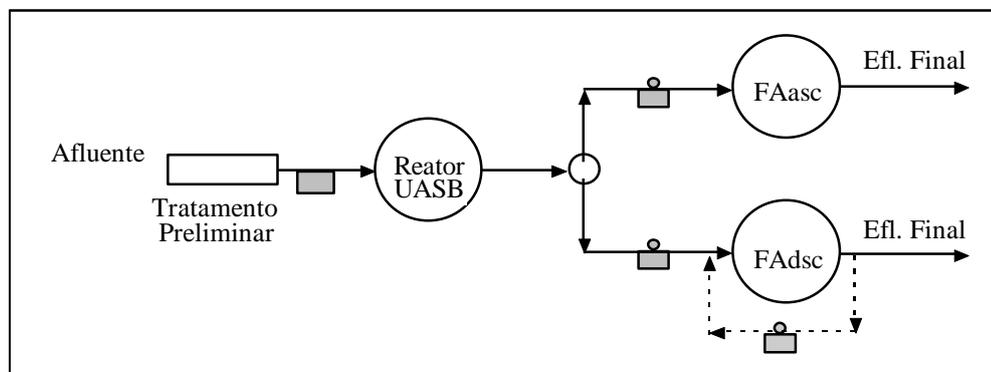


Figura 4.2 - Desenho esquemático da estação piloto

O esgoto bruto bombeado do interceptor passa através de unidades de retenção de sólidos grosseiros (4) e desarenador (5), sendo, a seguir, encaminhado a um tanque de acumulação/distribuição (7) (ver Figura 4.3). As unidades que compõem o tratamento preliminar possuem as seguintes características:

- Cesto coletor de sólidos grosseiros de 2 cm de diâmetro e furos de 5/8".
- Caixa de areia (75 x 10 x 26 cm), equipada com 3 registros de esfera, diâmetro de 1 1/2" para remoção de partículas inorgânicas de maiores dimensões.
- Calha Parshal (w = 1").
- Caixa de acumulação/distribuição com as dimensões (100 x 60 x 60 cm), equipada com eletrodos de controle de nível.



Figura 4.3 - Tratamento preliminar da estação piloto

4.2 Reator UASB

O reator UASB utilizado na pesquisa já se encontrava em operação no LIP há aproximadamente 3 anos, tendo sido descrito detalhadamente no trabalho desenvolvido por CASSEB (1996).

A Figura 4.4 apresenta um desenho esquemático do reator UASB, instalado no LIP, podendo-se destacar as seguintes principais características:

- Material : acrílico e resina de poliéster reforçada com fibra de vidro.
- Diâmetro interno: 300 mm.
- Altura total: 4,5 m.
- Volume total: 416 litros.
- Volume útil: 400 litros.
- Pontos de amostragem de líquido: 14 registros de esfera $\text{Ø } \frac{3}{4}''$, espaçados de 25 cm.

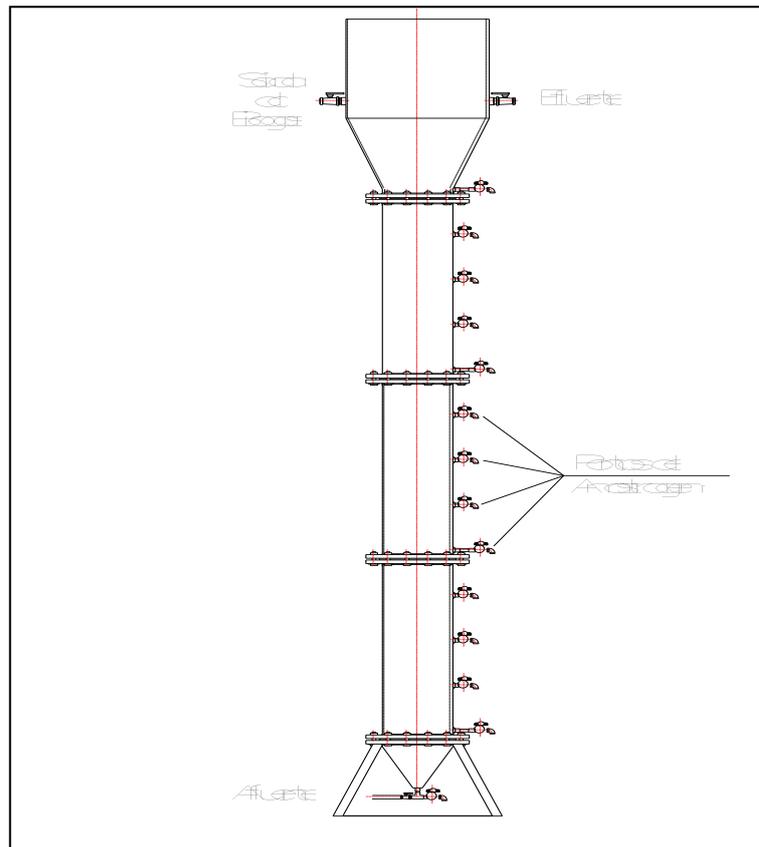


Figura 4.4 - Desenho esquemático do reator UASB instalado no LIP

A alimentação do reator UASB foi realizada inicialmente através da regulagem de um registro de ½” instalado na caixa de acumulação/distribuição, e de uma mangueira cristal de Ø ¾ ”. A partir do dia 82 de operação, foi instalada, para a alimentação do reator, uma bomba peristáltica Masterflex, que trabalhava com duas cabeças, e foi apoiada sobre a caixa de distribuição, de onde o esgoto era succionado e conduzido à entrada do reator. As características da bomba são as seguintes:

- Marca: Masterflex.
- Modelo :7521 – 40.
- velocidade: 6 a 600 rpm.
- Tubulação: mangueira de neoprene n° 25 (Ø 4.8mm).
- Cabeça: easy load modelo 7518-10 (2 unidades funcionando em paralelo).

4.3 Filtros anaeróbios

4.3.1 Configuração dos filtros anaeróbios

Para o pós-tratamento do efluente do reator UASB, foram utilizados filtros anaeróbios de fluxo vertical ascendente e descendente, confeccionados em fibra de vidro e utilizando a escória de Alto-Forno como meio suporte.

As principais características dos filtros anaeróbios são apresentadas na Tabela 4.1. A Figura 4.5 apresenta desenhos esquemáticos dos mesmos.

Tabela 4.1 - Características principais dos filtros anaeróbios

Características	FA- Ascendente	FA- Descendente
Material	fibra de vidro	fibra de vidro
Forma	cilíndrica	cilíndrica
Diâmetro interno	300 mm	300 mm
Altura total	1,5 m	1,5 m
Altura do leito	1,0 m	1,0 m
Volume total	102,4 litros	102,4 litros
Volume útil	62,5 litros	69,5 litros
Área superficial do filtro	0,071 m ²	0,071 m ²
Pontos de amostragem de líquido	4 (registros de esfera Ø ½" espaçados a 30 cm)	4 (registros de esfera Ø ½" espaçados a 30 cm)
Pontos de amostragem de meio suporte	4 portinholas Ø 12,7 cm	4 portinholas Ø 12,7 cm
Distribuição do afluente	37 furos Ø20 mm uniformemente distribuídos	Chuveiro em acrílico Ø 20,0 cm com furos de Ø 3 mm
Meio suporte	afogado com 650 pedras	não afogado com 723 pedras

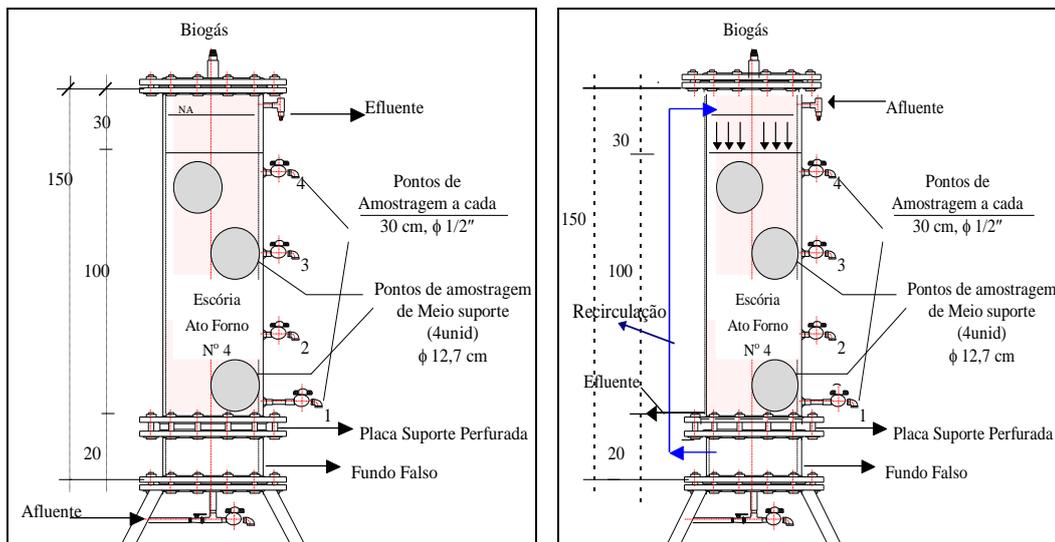


Figura 4.5 - Desenho esquemático dos filtros anaeróbio ascendente e descendente

4.3.2 Alimentação dos filtros anaeróbios

Do reator UASB, o efluente líquido era conduzido aos filtros anaeróbios através da seguinte montagem: uma mangueira de cristal de $\text{Ø } \frac{3}{4}$ " instalada no ponto de saída do efluente líquido (parte superior do reator UASB) foi levada a um recipiente, inicialmente em vidro e posteriormente em acrílico transparente (recipiente de acumulação/distribuição), com um volume de 3 litros. O recipiente era, então, colocado sobre um agitador magnético, de marca HANNA, a fim de manter o líquido homogeneizado e era então utilizado como poço de sucção, para a alimentação dos filtros anaeróbios. A figura 4.6 mostra o aparato experimental.

a) Alimentação do filtro anaeróbio ascendente

A alimentação do FA - Ascendente foi feita através de uma bomba peristáltica com as seguintes características:

- Marca: Masterflex.
- Modelo: 7521-4.
- Velocidade 6 a 600 rpm.
- Tubulação: neoprene n.º 25 ou 18 ($\text{Ø } 4,8 \text{ mm e } 8,0 \text{ mm}$), dependendo da vazão.
- Cabeça: easy load 7518 -10.

b) Alimentação do filtro anaeróbio descendente

Similarmente, a alimentação do FA Descendente foi feita através de uma bomba peristáltica com as seguintes características:

- Marca: Masterflex.
- Modelo: 7521- 4.
- Velocidades: 6 a 600 rpm. Tubulação: neoprene n.º 25 ou 18 (Ø 4,8 mm e Ø 8 mm) dependendo da vazão.
- Cabeça: easy load 7518 -10.

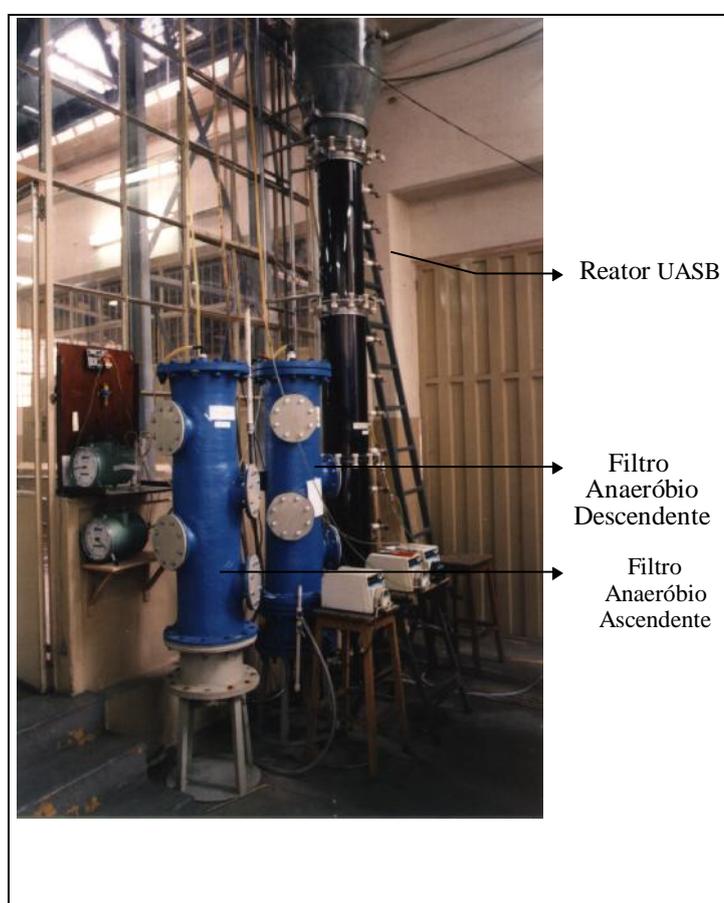


Figura 4.6 - Sistema UASB-FA-FD

Objetivando maior contato entre a matéria orgânica remanescente e a biomassa presente no filtro anaeróbio descendente, e, como neste filtro o meio suporte não era afogado e o tempo de contato poderia não ser suficiente para a estabilização da matéria orgânica, adotou-se a

recirculação do efluente. Buscando maior simplicidade para o aferimento da bomba peristáltica, que promovia a recirculação do efluente, adotou-se a taxa de 100% de recirculação em todas as fases da pesquisa. Para a recirculação do efluente, foi utilizada uma bomba peristáltica com as seguintes características:

- Marca: Masterflex.
- Modelo: 7521- 4.
- Velocidades: 1 a 100 rpm.
- Tubulação: neoprene n.º 25 ou 18 (Ø 4,8 mm e. Ø 8 mm) dependendo da vazão.
- Cabeça: easy load 7518 -10.

4.4 Meio suporte dos filtros anaeróbios

O material utilizado como meio suporte foi a escória de alto-forno do tipo ácida bruta, da siderúrgica ACESITA - Aços Especiais Itabira. A escória apresentou estrutura cristalina, coloração cinza e textura superficial porosa. Os principais componentes da escória são: sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3), provenientes da ganga, e cal (CaO) proveniente do calcário, que foi utilizado como fundente. A escória foi obtida em grandes blocos, posteriormente britados, de forma a obter a granulometria utilizada (graduação de brita n.º 4), de Ø 50 a 76 mm, conforme determina a NBR 7229/93 (PINTO, 1995).

O leito de escória de alto-forno utilizado nos filtros anaeróbios ascendente e descendente apresentou as seguintes características:

- Altura do leito: 1,0 m.
- Volume ocupado pela escória: FA Asc. (32,9 litros), FA Desc. (39,9 litros).
- Graduação da escória: Ø 50 a 76 mm (brita n.º 4).
- Porosidade: 54%.
- Área superficial: $\sim 100\text{m}^2/\text{m}^3$.
- n.º estimado de pedras por filtro: ~ 650 unidades no filtro ascendente e 723 no filtro descendente.

O objetivo da utilização da escória de alto-forno como meio suporte foi o de contribuir com a nova utilização desse resíduo siderúrgico, abundante no Estado de Minas Gerais, minimizando, assim, os impactos ambientais provocados por sua destinação inadequada, além da redução do custo global de implantação do sistema. A Figura 4.7 apresenta uma foto da escória de alto forno utilizada nos filtros.



Figura 4.7 - Escória de Alto-Forno

4.5 Rotina operacional

O reator piloto UASB utilizado na pesquisa foi o reator já existente e em operação há 3 anos no LIP, não requerendo portanto nenhum cuidado especial na partida do sistema, uma vez que a biomassa estava totalmente adaptada. Durante o período da pesquisa processou-se, somente, um descarte de lodo do reator UASB.

Para a partida dos filtros anaeróbios ascendente e descendente não se utilizou nenhum lodo de sementeira, o processo de partida utilizado foi baseado apenas no tempo de detenção hidráulica de 24h durante um período de 16 dias para que ocorresse a adaptação da biomassa.

A rotina operacional da pesquisa consistiu do aumento gradual da carga orgânica aplicada, conseguida através da redução do tempo de detenção hidráulica, que foi variado de 24h a 1h nos filtros anaeróbios ascendente e descendente, constituindo oito fases distintas. No reator UASB operou-se apenas com dois tempos de de detenção hidráulica 6 e 4h. Em cada fase da

pesquisa manteve-se a vazão constante tanto no reator UASB como nos filtros anaeróbios. Os períodos de operação para cada tempo de detenção hidráulica (fases), bem como as características operacionais, estão mostrados no Tabela 4.2 a seguir.

Tabela 4.2 - Características operacionais do sistema UASB-FA-FD

Fase	TDH (horas)			Data Início	Período (dias)	Nº dias	Vasc. (m/h)			Carga Hid.(m ³ /m ³ .dia)	
	UASB	FA	FD				UASB	FA	FD	UASB	FA/FD
I	6	24	24	21/07/96	1 a 16	16	0,93	0,04	0,04	4,08	1,0
II	6	12	12	05/08/96	16 a 133	117	0,93	0,07	0,08	4,08	2,0
III	6	6	6	30/11/96	133 a 181	48	0,93	0,15	0,16	4,08	4,1
IV	4	5	5	17/01/97	181 a 219	38	1,43	0,18	0,20	6,00	4,8
V	4	3	3	24/02/97	219 a 244	25	1,43	0,29	0,33	6,00	8,0
VI	4	2	2	21/03/97	244 a 278	34	1,43	0,43	0,49	6,00	12,0
VII	4	1,5	1,5	24/04/97	278 A 309	31	1,43	0,59	0,65	6,00	16,1
VII	4	1	.	25/05/97	309 a 337	30	1,43	0,90		6,00	24,0

Através da Tabela 4.2 observa-se que o filtro anaeróbio descendente não operou durante a Fase VIII. Os filtros anaeróbios (operando em paralelo) requeriam nesta Fase uma vazão de 132 L/h, e a vazão efluente do reator UASB disponível era de 100L/h. Diante da limitação de vazão e do desempenho dos filtros apresentados até então, optou-se pela paralisação do filtro descendente.

4.5.1 Amostragem

O monitoramento do processo estendeu-se por 339 dias e dividiu-se em 8 fases distintas. Durante os primeiros 81 dias de operação do sistema, foram coletadas amostras simples, no período da manhã, entre 8:00 e 10:00 horas dentro da seguinte rotina:

a) Esgoto bruto

Coletava-se uma amostra de 1000 ml diretamente da caixa de acumulação/distribuição, e então, media-se o pH e a temperatura. Posteriormente, a amostra era acondicionada em frasco

de vidro devidamente etiquetado.

b) Efluente do reator UASB

Coletava-se 10 litros do efluente diretamente da mangueira de saída do reator, e, então, media-se o pH e a temperatura. Após homogeneização, uma alíquota de 500 ml era retirada e armazenada em um frasco de plástico, devidamente etiquetado. A coleta dos 10 litros era cronometrada para aferição da vazão

c) Efluentes dos filtros anaeróbios ascendente e descendente

Coletava-se um volume de 5 litros do efluente dos filtro ascendente e do filtro descendente e media-se o pH e a temperatura. Após homogeneização retirava-se alíquotas de 500 ml que eram acondicionada em frascos de plástico, devidamente etiquetados. Procedimento idêntico ao adotado com o efluente do reator UASB foi utilizado para a aferição de vazão.

A partir do dia 82 de operação (11/10/96), as amostragens passaram a ser compostas em 24 horas e obedeceram às seguintes rotinas:

a) Esgoto bruto

Uma bomba peristáltica foi instalada junto com a bomba de alimentação do reator UASB sobre a caixa de acumulação de esgoto. Essa bomba foi regulada para bombear uma vazão de 5 l/dia de esgoto. O esgoto era bombeado diretamente da caixa de acumulação para um recipiente de armazenamento, que era mantido a uma temperatura capaz de preservar a integridade da amostra, durante as 24 horas da coleta. Às 8:00h da manhã, o recipiente era recolhido, o esgoto homogeneizado, e uma alíquota de 500 ml era retirada para a realização das análises físico-químicas.

b) Efluente do reator UASB

A amostragem do efluente do reator UASB também foi realizada utilizando-se uma bomba peristáltica, que bombeava uma vazão de 10 l/dia, diretamente do recipiente de acumulação/distribuição, para um recipiente de armazenamento, que era mantido a uma temperatura capaz de preservar a integridade da amostra, durante as 24 horas da coleta. Às 8:00h da manhã, este recipiente era recolhido, o esgoto homogeneizado, e uma alíquota de

500 ml era retirada para a realização das análises físico-químicas.

c) Efluente dos filtros anaeróbios ascendente e descendente

A amostragem dos efluentes dos filtros anaeróbios ascendente e descendente, também foram compostas em 24 horas, e para esta coleta foram utilizados amostradores automáticos. O amostrador coletava as amostras diretamente de um recipiente de plástico de 3 litros de volume que, colocado sobre um agitador magnético, mantinha o líquido em constante movimento, para não ocorrer decantação dos sólidos. O recipiente tinha apenas a função de armazenar o líquido para amostragem automática, sendo que o excesso era descartado para a rede de esgoto.

Cada amostrador foi programado para coletar de hora em hora uma amostra de 200 ml dos filtros ascendente e descendente. As amostras horárias de cada filtro eram acumuladas e preservadas com gelo em um recipiente nos próprios amostradores. Do volume total coletado (durante 24 horas) em cada amostrador, após homogeneização, retirava-se uma alíquota de 500 ml para a realização das análises físico-químicas.

Os amostradores programáveis utilizados para as coletas foram da marca ISCO, modelo: 3700 e 2900.

Durante todo o período operacional, procurou-se processar as análises físico-químicas imediatamente após concluída a coleta, e o restante da amostra era preservada de acordo com recomendações segundo CHERNICHARO & LEÃO Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 18^a edição, contidas na Tabela 4.3 a seguir.

Tabela 4.3 - Metodologias utilizadas para preservação das amostras

Parâmetro	Método de Preservação	Tempo Máximo
DBO	Refrigeração a 4°C	6 horas
DQO	Acidificar a amostra para pH menor que 2 e manter em refrigeração a 4°C.	1 a 7 dias
Alcalinidade	Refrigeração a 4°C	24 horas
Sólidos Suspensos	Refrigeração a 4°C	7 dias
Sólidos Totais	Refrigeração a 4°C	7 dias

4.5.2 Monitoramento do processo

O monitoramento do processo foi realizado através de análises físico-químicas dos esgotos afluente e efluente do reator UASB, e efluente dos filtros anaeróbios ascendente e descendente. Também foram analisadas amostras de lodo retiradas dos pontos de amostragem do reator UASB, amostras do meio suporte e também do lodo descartado de cada filtro ao final das fases. Os parâmetros avaliados foram DQO Total e Solúvel, DBO Total e Solúvel, Sólidos Suspensos (SS), Sólidos Totais (ST), Alcalinidade, Ácidos Voláteis, pH, Temperatura, Vazão e Gases.

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Análises físico-químicas do DESA/UFMG e no LIP, segundo o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18^a edição, exceto as análises de ácidos voláteis, que foram realizadas segundo o método simplificado descrito por VIEIRA & SOUZA (1981).

A Frequência das análises variou de 1 a 5 vezes por semana, exceto as análises de ST do lodo de descarte, realizadas ao término de cada fase para os filtros anaeróbios e do reator UASB, cujo descarte foi processado quando se fazia necessário ou quando alterava-se o TDH. A Tabela 4.4 apresenta os parâmetros avaliados, a Frequência das análises, os métodos e os equipamentos utilizados

Com relação à análise de composição do biogás, não foi possível a sua realização, devido aos problemas apresentados no aparelho Analisador de gases ORSAT utilizado e devido à não operacionalização da cromatografia gasosa.

Tabela 4.4 - Frequência e métodos de análises

Parâmetro	Afl.	Frequência UASB	FA/FD	Método	Análise/Equipamento
DBO		1 x semana		Titulométrico	-
DQO		3 x semana		Refluxo fechado	Reator de digestão HACH
SS		Variável		Gravimétrico	Estufa e mufla
ST (lodo)	-	4 vezes	Após fase	Gravimétrico	Estufa e mufla
ST (meio suporte)		Variável		Gravimétrico	Estufa e mufla
Alcalinidade		2 x semana		Potenciométrico	pHmetro HACH ONE
Ácidos voláteis		2 x semana		Potenciométrico	pHmetro HACH ONE
pH		Diária		Potenciométrico	pHmetro HACH ONE
Temperatura		Diária		Leitura direta	Termômetro de mercúrio
Gases	-	constante		Leitura direta	Medidor de gases Ritter Tipo TG 05 Modelo 1 -4

4.5.3 Processamento dos resultados

A partir dos resultados obtidos através do monitoramento dos reatores piloto, alguns parâmetros foram determinados como a seguir:

a) Tempo de Detenção Hidráulica (TDH)

$$TDH = \frac{V}{Q} \text{ (h)}$$

(4.1)

Onde,

V = Volume do reator considerado, m³.

Q = vazão afluyente ao reator considerado, m³.h⁻¹

b) Eficiência de Remoção de DQO

$$E = \frac{(DQO_{efl} - DQO_{afl})}{DQO_{afl}} \times 100 \text{ (\%)}$$

(4.2)

onde,

DQO_{afl} = DQO afluente, mg/L

DQO_{efl} = DQO efluente, mg/L

c) Eficiência de Remoção de DBO

$$E = \frac{(DBO_{efl} - DBO_{afl})}{DBO_{afl}} \times 100 \quad (\%) \quad (4.3)$$

onde,

DBO_{afl} = DBO adluente, mg/L

DBO_{efl} = DBO efluente, mg/L

d) Taxa de Produção de Biogás e Metano

$$L_{biogás} = \frac{(L_1 - L_2)}{(T_1 - T_2)} \quad (L_{gás} \cdot h^{-1}) \quad (4.4)$$

onde,

L₁ = leitura no medidor de gás no instante T₁

L₂ = leitura no medidor de gás no instante T₂

L_{metano} = 0,75 . L_{biogás}

e) Taxa Específica de Produção de Biogás

$$L_{biogás} / kgDQOremovida \quad (4.5)$$

onde,

$DQO_t \text{ removida} = DQO_t \text{ afluyente} - DQO_t \text{ efluente}$

$DQO \text{ convertida} = DQO_t \text{ afluyente} - DQO_f \text{ efluente}$

$DQO_f \text{ removida} = DQO_f \text{ afluyente} - DQO_f \text{ efluente}$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante 339 dias de operação, o desempenho dos sistemas reator UASB/Filtro Anaeróbio ascendente e reator UASB/Filtro Anaeróbio descendente foi avaliado sob diferentes condições de carga hidráulica e orgânica. Parâmetros físico-químicos variados foram utilizados para verificar a potencialidade dos filtros anaeróbios ascendente e descendente como unidades de polimento do efluente de um reator UASB. Nesse período operacional foram obtidos os resultados que, a seguir, são apresentados e discutidos.

A fim de facilitar a discussão, optou-se pela análise individual de cada parâmetro monitorado. A íntegra dos resultados obtidos encontra-se na Tabela 8.1 do Anexo 1 e nas Figuras 9.1 a 9.16 do Anexo 2. Para alguns parâmetros são apresentadas tabelas com números de dados, valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação, todos por fase operacional. Foram, ainda, elaborados gráficos que auxiliam a análise dos dados. Foram, também, elaborados gráficos, de distribuição de Frequência acumulada dos dados. Essas tabelas e gráficos foram inseridos nesta seção.

As diferentes fases operacionais do sistema são caracterizadas pelos diferentes tempos de detenção hidráulica e os filtros anaeróbios ascendente e descendentes são caracterizados por FA e FD, conforme são apresentados na Tabela 5.1 a seguir:

Tabela 5.1 - Fases de operação dos sistemas UASB-FA-FD

Fase	TDH (h)		Período Operacional (dias)	Duração do Período (dias)
	UASB	FA/FD		
I	6	24	1 a 16	16
II	6	12	16 a 133	117
III	6	6	133 a 181	48
IV	4	5	181 a 219	38
V	4	3	219 a 244	25
VI	4	2	244 a 278	34
VII	4	1.5	278 a 309	31
VIII	4	1	309 a 337	30

5.1 Demanda química de oxigênio - DQO

Os resultados de DQO total e filtrada obtidos durante o período experimental são apresentados na Tabela 8.1 (Anexo I). e nas Figuras de 9.1 a 9.4 (Anexo 2). Um resumo dos resultados médios de DQO total e filtrada, para as diversas fases operacionais, é apresentado na Tabela 5.2. Foram elaborados gráficos Box & Whisker nos quais se tem uma visão global dos resultados e a variabilidade de dados que propiciam uma análise comparativa entre as diversas fases da pesquisa. Foram, ainda, incluídos gráficos de distribuição de Frequência acumulada dos dados. Esses gráficos foram inseridos nesta seção.

5.1.1 Resultados de DQO total (DQOt)

a) Esgoto Bruto - afluente do reator UASB

A DQOt afluente ao reator UASB apresentou uma grande variação ao longo do período de monitoramento. Essa variação ocorreu de um mínimo de 96 mg/L a um máximo de 2418 mg/L, como pode ser observado na Figura 5.1. O valor máximo aconteceu na fase II, em um período de clima seco, quando a coleta não era composta, não tendo este valor, portando, muito significado

O valor mínimo ocorreu na fase V no dia 228 (05/03/97) de operação. De acordo com os dados da estação pluviográfica da Usina de gás da CEMIG, ocorreram totais diários de precipitações consideráveis neste dia e nos três dias antecedentes. Este fato justifica o baixo valor de DQOt. No dia 167 de operação (03/01/97) ocorreu, também, um valor muito baixo (98 mg/L), e, segundo os dados medidos na mesma estação pluviográfica este foi o dia em que ocorreu o maior índice pluviométrico do último ano hidrológico. Este fato reafirma a hipótese de que os esgotos sofrem diluições devido às infiltrações e ligações clandestinas de águas pluviais.

Verifica-se a partir da Tabela 5.2, ter ocorrido uma grande variabilidade de resultados em todas as fases (o coeficiente de variação esteve acima de 24%). De acordo com as Figuras. 5.1 e 5.2 mais de 80% dos valores encontram-se na faixa de 150 mg/L a 1000 mg/L. Observa-se na tabela 5.2 que as fases I, II e VIII apresentaram valores médios elevados em relação às demais fases. As três fases são de períodos de intensa seca, e apresentaram um esgoto mais concentrado. Vale ainda lembrar que durante as fases I e II as amostras não eram compostas e

foram coletadas sempre entre 8:00 e 10:00 horas, horário em que o esgoto apresenta-se mais concentrado.

Quanto à fase VIII, as elevadas concentrações também estão relacionadas a períodos de seca e a interrupções do bombeamento de esgoto do interceptor, devido a obras nas instalações do LIP. Essas interrupções propiciaram a formação de uma camada de sólidos decantados no fundo da caixa de acumulação/distribuição de esgoto, que era bombeada para o reator UASB. Esse fato aumentou instantaneamente a concentração de DQO e de sólidos afluentes.

As demais Fases tiveram as respectivas médias variando entre 413 mg/L e 675 mg/L, sendo que as Fases IV e VII tiveram as médias mais elevadas e para as quais não se teve uma explicação operacional. Supõe-se ter havido alguma descarga com elevada concentração de matéria orgânica na rede de esgoto nos dias de maior concentração de DQO.

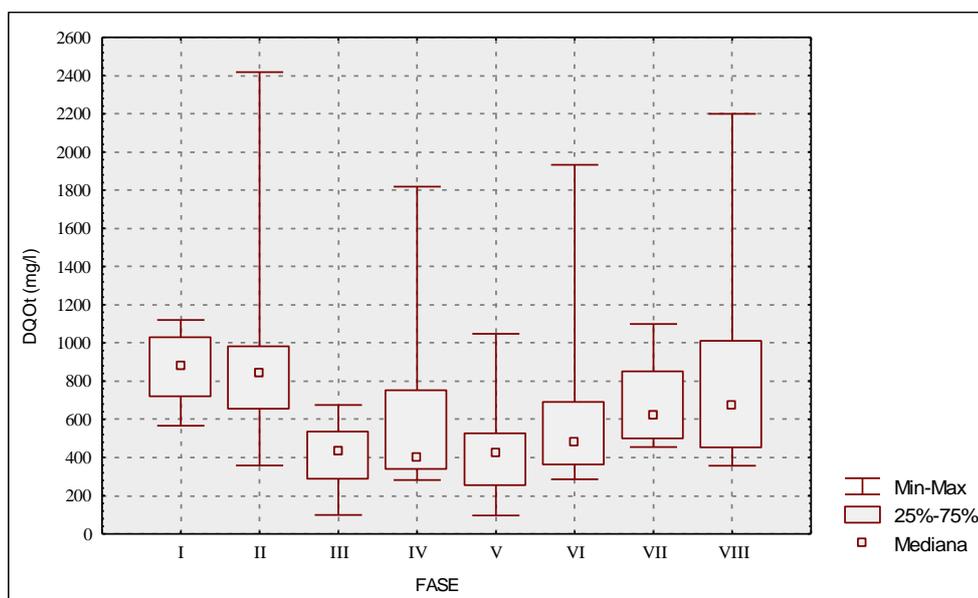


Figura 5.1 - Distribuição de DQOt afluyente do reator UASB

Tabela 5.2 - Estatísticas básicas do monitoramento dos sistemas

Fase	Amostra	DQO total				DQO filtrada			
		N.º Dados	Média (mg/L)	Desvio P.	Coef. Var. (%)	N.º Dados	Média (mg/L)	Desvio P.	Coef. Var.
I	Afluente UASB	6	864	210	24	6	342	59	17
	Efluente UASB	6	116	57	49	6	58	39	69
	Efluente FA	6	79	42	53	6	41	31	77
	Efluente FD	6	73	31	42	6	46	39	85
II	Afluente UASB	30	884	394	45	30	281	92	33
	Efluente UASB	30	114	40	35	30	72	34	47
	Efluente FA	30	87	26	30	30	61	25	41
	Efluente FD	30	101	73	72	30	55	22	40
III	Afluente UASB	14	413	182	44	14	182	105	58
	Efluente UASB	14	90	46	51	14	54	34	63
	Efluente FA	14	61	35	57	14	37	30	79
	Efluente FD	14	77	38	49	14	44	32	72
IV	Afluente UASB	15	602	424	70	15	224	116	52
	Efluente UASB	14	88	41	46	14	57	26	46
	Efluente FA	15	63	40	63	15	38	22	57
	Efluente FD	15	81	38	47	15	46	27	59
V	Afluente UASB	8	442	296	67	8	178	83	46
	Efluente UASB	8	97	50	51	8	55	25	46
	Efluente FA	8	71	48	68	8	29	21	74
	Efluente FD	8	72	38	53	8	39	26	68
VI	Afluente UASB	15	584	400	68	15	183	76	41
	Efluente UASB	15	119	60	51	15	56	22	39
	Efluente FA	15	78	41	52	15	44	25	58
	Efluente FD	15	93	57	61	15	38	27	71
VII	Afluente UASB	9	675	220	33	9	281	88	31
	Efluente UASB	9	141	28	20	9	64	20	31
	Efluente FA	9	118	52	44	9	76	14	18
	Efluente FD	9	123	21	17	9	72	28	38
VIII	Afluente UASB	11	812	543	67	11	290	128	44
	Efluente UASB	11	231	136	59	11	60	35	58
	Efluente FA	11	114	40	35	11	57	39	68
	Efluente FD	-	-	-	-	-	-	-	-

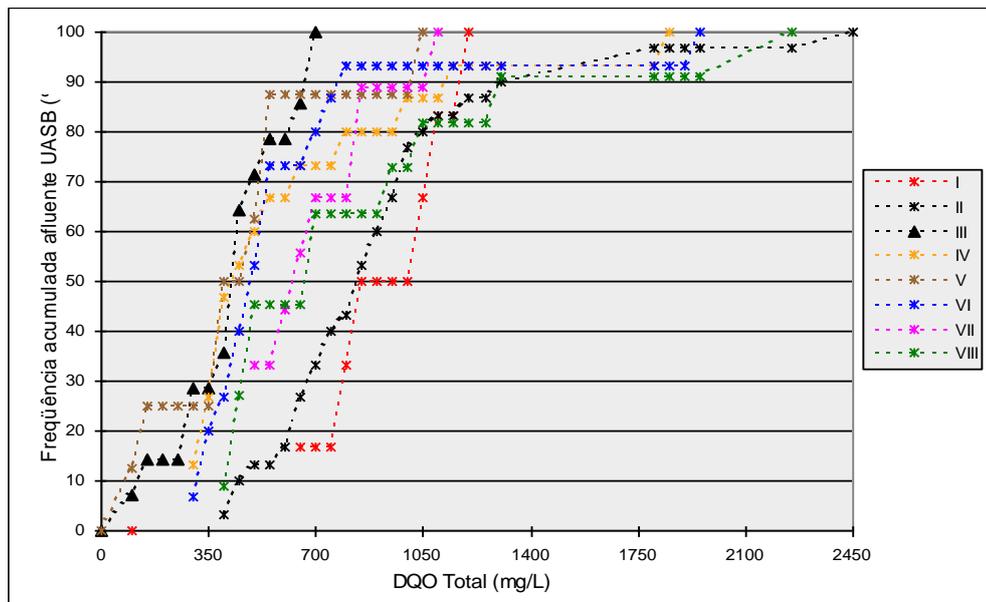


Figura 5.2 - Distribuição de frequência acumulada - DQOt afluente do reator UASB

b) Efluente do reator UASB

Atavés da Tabela 5.2, pode-se notar que o reator UASB, embora tenha apresentado bom desempenho em termos de remoção de DQO total, tem dificuldade de produzir um efluente que atenda o padrão de 90 mg/L, padrão este estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM (DN n.º 010/86 art. 15), “Lançamento de Efluentes nas Coleções de Água.” Excetuando-se as fases III e IV o efluente do reator UASB apresentou DQOt média superior ao limite preconizado pela Legislação. Vale acrescentar, que o padrão de lançamento da concentração de DQO da legislação em Minas Gerais é bastante rígido, particularmente se comparado ao padrão estabelecido para a DBO (60 mg/L).

Através das Figuras.5.3 e 5.4, observa-se que as Fases I e II tiveram concentrações elevadas de DQOt e menos de 40% dos resultados estão abaixo de 90 mg/L. Em termos de eficiência de remoção de DQOt (Figura. 5.5) estas Fases apresentaram resultados excelentes, com todos os valores acima de 80% de eficiência na Fase I e 90% dos resultados na Fase II acima de 80% de eficiência de remoção DQOt.

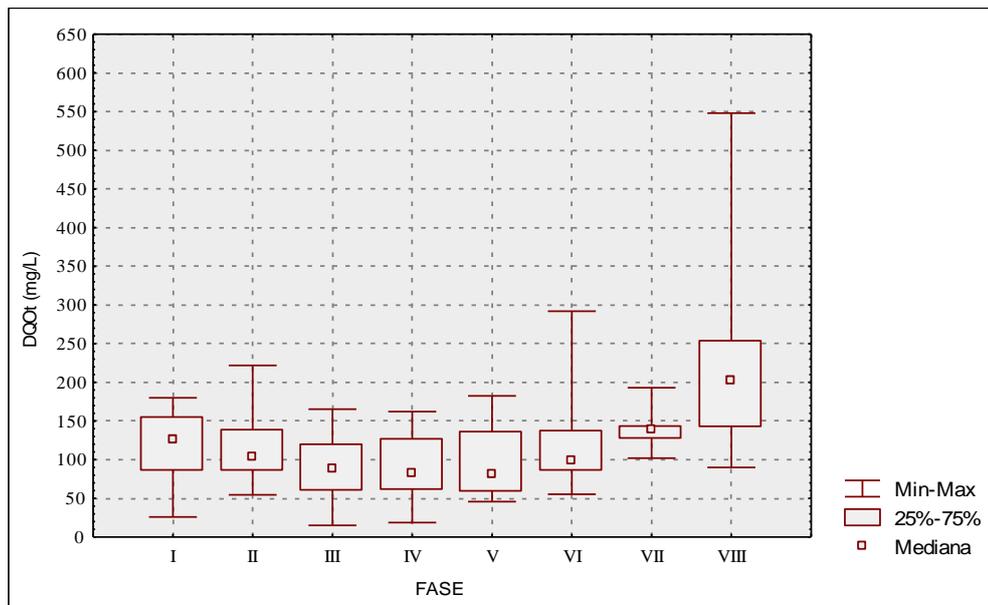


Figura 5.3 - Distribuição de DQOt efluente do reator UASB

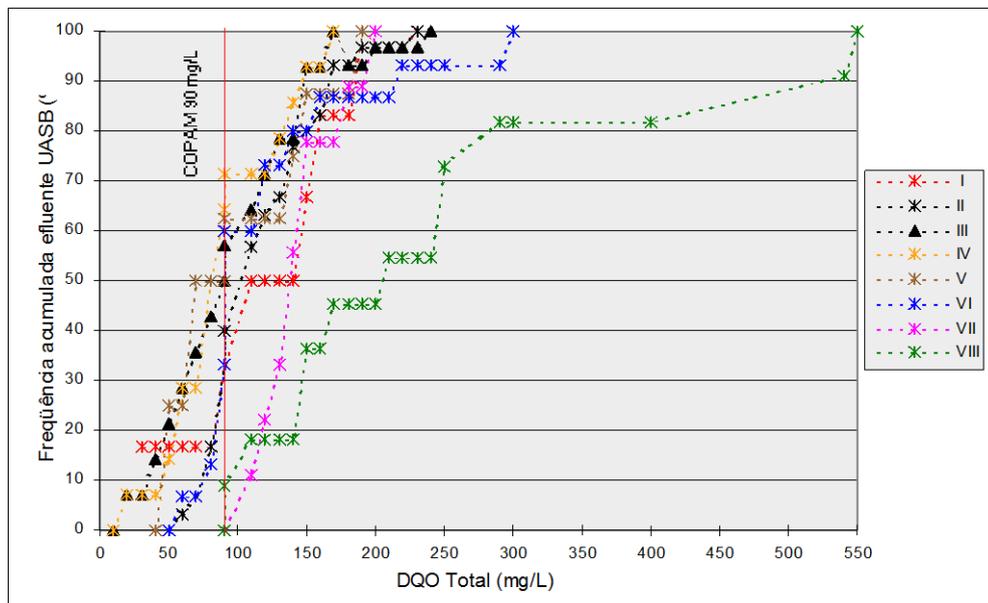


Figura 5.4 - Distribuição de frequência acumulada – DQOt efluente do UASB

Para iniciar a Fase III, processou-se um descarte de 267 litros da manta de lodo (67% do volume total do reator). Nesta Fase, de acordo com as Figura 5.3 e 5.4, as concentrações foram elevadas e apenas 55% dos resultados estiveram abaixo de 90 mg de DQO/l. As eficiências de remoção de DQOt (Figura 5.5 e 5.6) estiveram entre 58% e 88%, sendo que 75% destes valores estão acima de 70% de eficiência.

Nas Fases subsequentes (IV, V e VI), embora o TDH nestas Fases tenha sido reduzido para 4

horas, as concentrações de DQOt decresceram e mais de 50% dos resultados estiveram abaixo de 90 mg/L (Figura 5.3 e 5.4) As Fases IV, V e VI apresentaram, respectivamente, 85%, 50% e 80% dos resultados acima de 70% de eficiência de remoção de DQOt no reator UASB (Figura 5.5 e 5.6). Na Fase V o reator teve uma queda inexplicável de eficiência, pois na fase seguinte foi verificada a recuperação do bom desempenho.

Na Fase VII, o efluente do reator UASB apresentou valores mais elevados da concentração de DQOt, mas em termos de eficiência não houve queda significativa do desempenho, cerca de 75% dos resultados estiveram acima de 75% de eficiência de remoção de DQOt.

Durante a Fase VIII observou-se a maior concentração de DQOt de todo o período experimental. Essa maior concentração deveu-se à elevada presença de sólidos no efluente do reator UASB (média de 64 mg/L) representando uma maior parcela de DQO particulada. Nas demais Fases a média de ST não ultrapassou 30 mg/L.

A análise global dos resultados indica que o reator UASB teve um desempenho muito bom durante todo o período experimental, com eficiências de remoção de DQOt variando entre 78% e 87% para o TDH de 6 horas, e entre 72% a 85% para o TDH de 4 horas. Comparando-se estes resultados com outros reportados na bibliografia especializada (vide capítulo 4), verifica-se que as eficiências de reatores UASB, operando em escala plena usualmente variam entre 50% e 70%, para diferentes tempos de detenção hidráulica. ANDRADE NETO1(994) também reporta eficiências de reatores UASB na faixa de 60 a 70%, em termos de DQO t.

Os melhores resultados obtidos na presente pesquisa devem-se à escala e às condições operacionais e de controle dos experimentos.

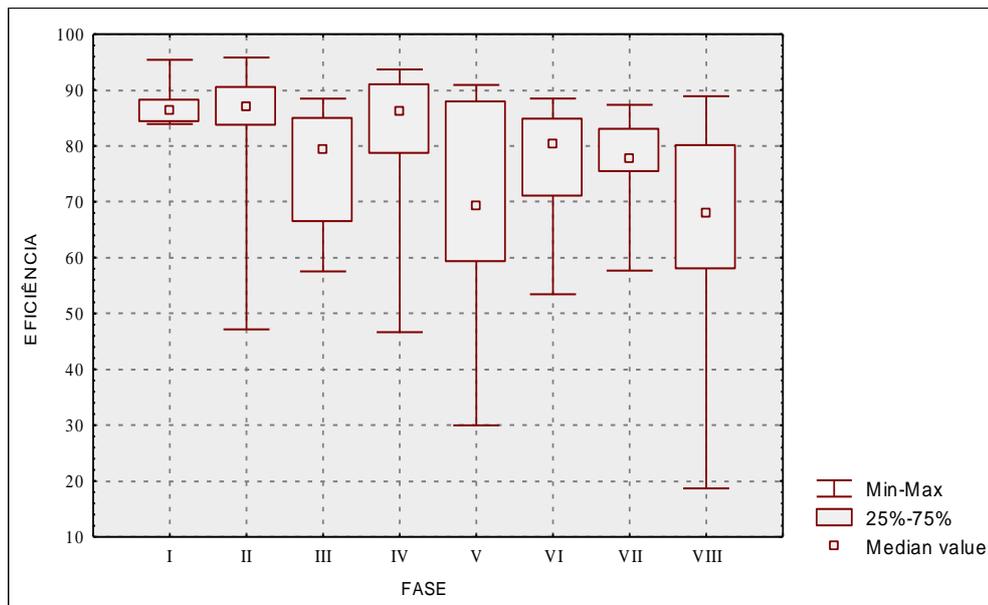


Figura 5.5 - Distribuição de eficiência de remoção DQOt do reator UASB

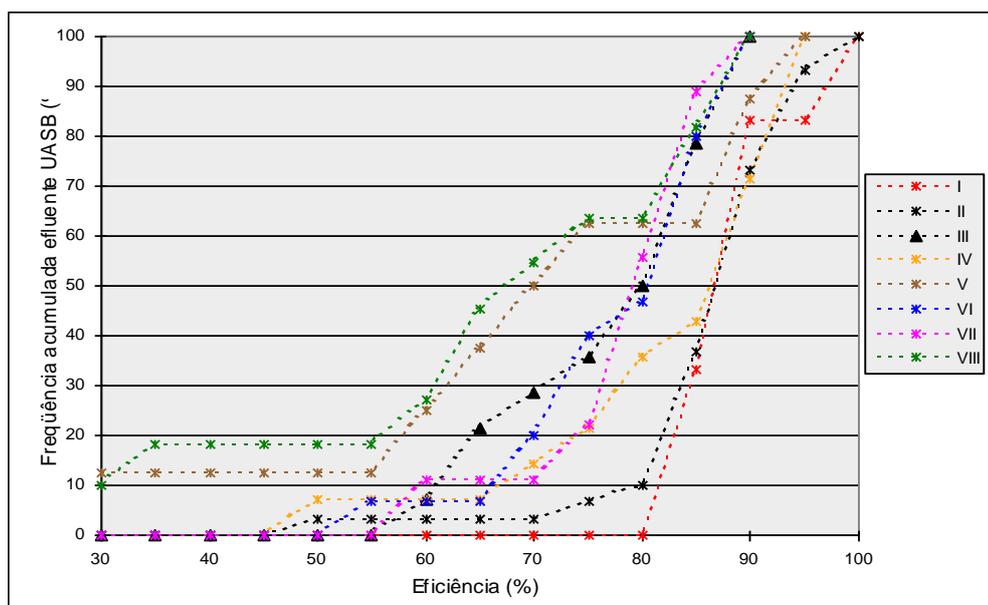


Figura 5.6 - Frequência acumulada eficiência de remoção DQOt reator UASB

c) Efluente do Filtro Anaeróbico Ascendente - FA

Embora o reator UASB tenha apresentado elevadas eficiências de remoção de DQOt, em todas as Fases do experimento o sistema UASB/ FA apresentou uma remoção complementar de DQOt. Essa remoção complementar pode ser verificada nos resultados apresentados na

Tabela 5.2, em que as médias de DQO do efluente do sistema UASB/FA, em cada uma das fases do experimento são inferiores às do efluente do reator UASB.

Nas Figuras 5.7 e 5.8, pode-se verificar, que houve, nas Fases I à VI, uma grande concentração de resultados na faixa de 40 a 110 mgDQO/L, mas também uma grande variabilidade dos dados (coeficiente de variação de 30% a 68%), conforme mostrado na Tabela 5.2. Nessas seis Fases, 70% dos resultados foram inferiores a 90 mg/L (padrão da Legislação ambiental).

Em termos de eficiência, o sistema UASB/FA apresentou desempenho satisfatório. Nas Fases I e II, que foram fases de aclimação, o FA apresentou uma remoção complementar de DQOt significativa, e praticamente 100% dos resultados de eficiência do sistema UASB/FA nestas fases atingiram mais de 75% de eficiência de remoção, não mostrando queda de desempenho devido à alteração doTDH de 24 para 12 horas (Figura 5.9 e 5.10).

Nas Fases III, IV, V e VI, conforme esperado devido à alteração dos TDHs, houve uma pequena queda de eficiência do sistema UASB/FA. Nas Fases III e IV, mais de 75% dos resultados atingiram acima de 80% de eficiência de remoção

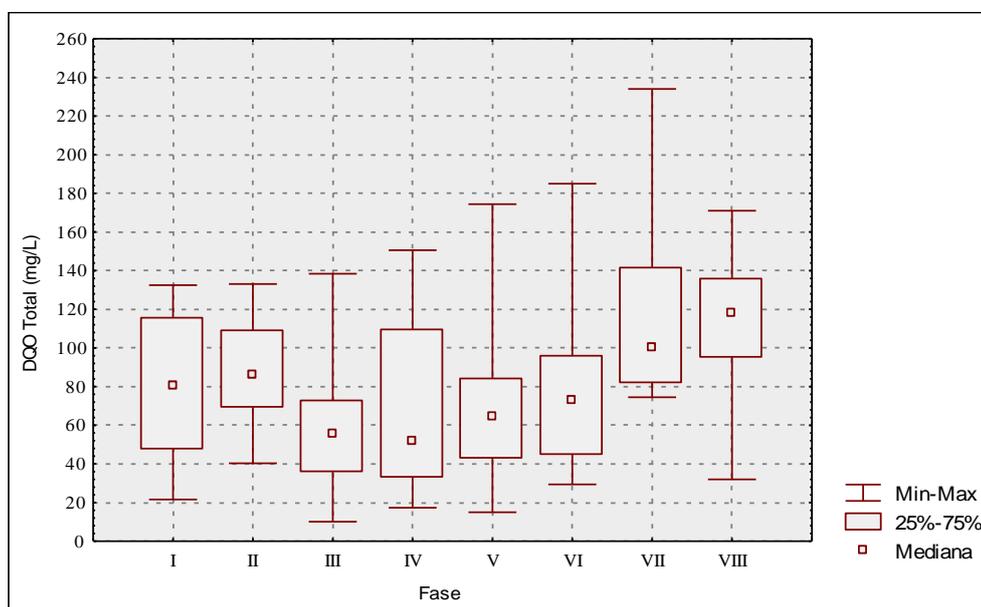


Figura 5.7 - Distribuição de DQOt efluente do sistema UASB/FA

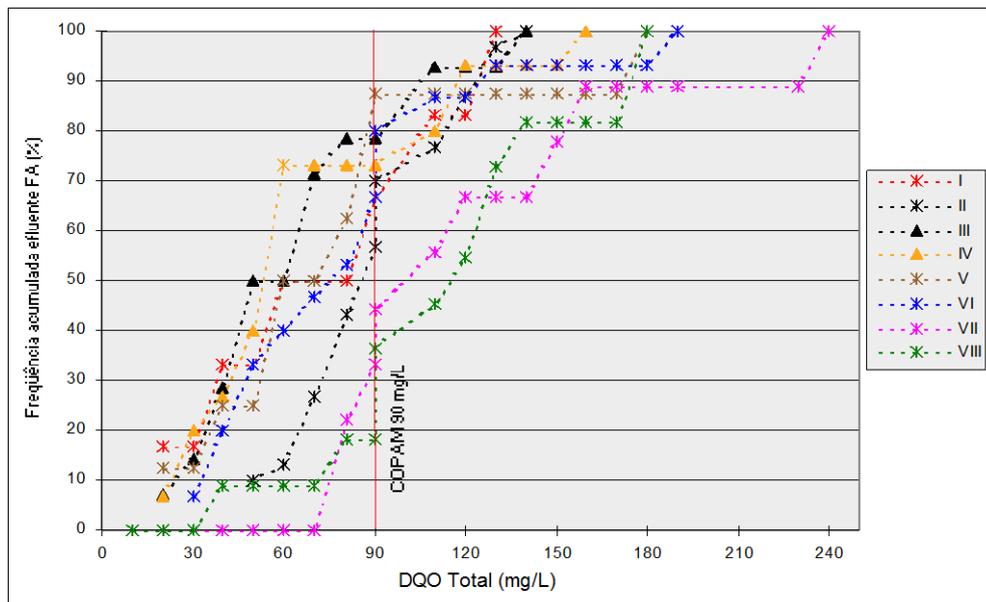


Figura 5.8 - Distribuição de frequência acumulada - DQOt efluente do sistema UASB/FA

Na Fase V, a média de eficiência caiu e a faixa de variação dos valores de eficiência de remoção do sistema variou de 54 a 92% (Figura 5.9 e 5.10). Nessa Fase, o número de dados foi de apenas 8, e em um único dia a DQOt apresentou-se muito elevada implicando em uma redução significativa da eficiência do sistema, com apenas 50% dos resultados apresentando-se acima de 80%.

De acordo com as Figuras 5.9 e 5.10, na Fase VI o sistema UASB/FA apresentou bons resultados de eficiência de remoção de DQOt, e 85% dos resultados foram superiores a 80%.

Ao observar a Tabela 5.2 e as Figuras 5.7 e 5.8 verifica-se que nas Fases VII e VIII, embora tenha havido uma remoção complementar pelo FA, apenas 30% dos resultados respectivamente, estiveram abaixo do limite padrão da Legislação Ambiental. Em termos de eficiência, apenas 50% dos resultados da Fase VII estiveram acima de 80% de eficiência. Na Fase VIII, 70% dos resultados ficaram acima de 80% eficiência (Figuras 5.9 e 5.10).

Na Fase VI, houve uma redução complementar média de 16% de DQOt em relação ao UASB, na Fase VIII essa redução complementar média foi de 51%, e em todas as Fases da pesquisa essa redução média variou de 24% a 34%. Na Fase VIII, os afluentes UASB e FA apresentaram concentrações muito elevadas, mas mesmo assim houve uma remoção complementar, considerando-se principalmente, que o TDH foi muito baixo e o FA

apresentou muitos entupimentos, ocasionado paralisações constantes e perdas de sólidos (a média de ST nesta Fase foi de 45 mg/L e nas demais fases não chegou a 20 mg/L).

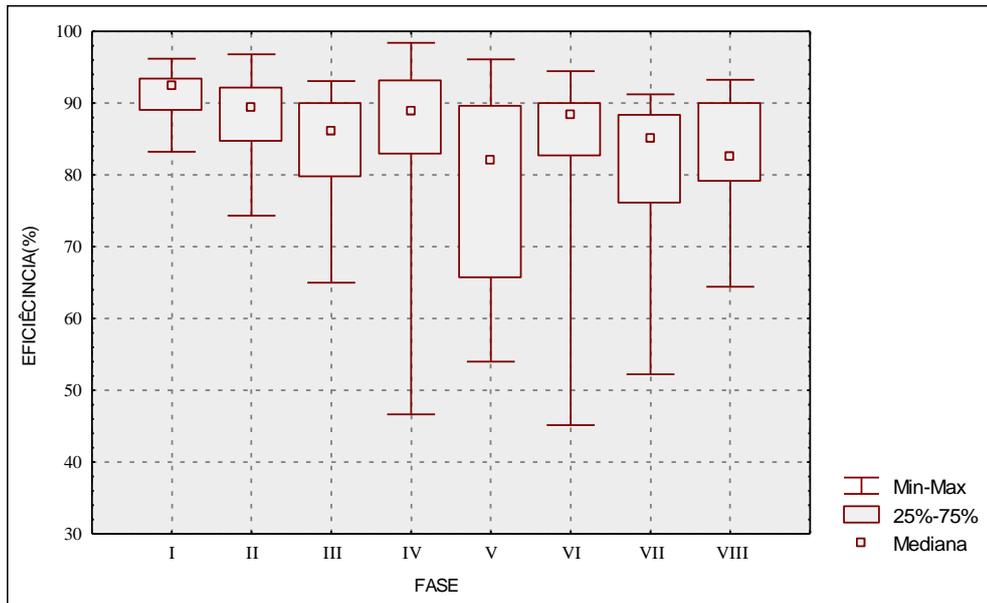


Figura 5.9 - Distribuição de eficiência de remoção DQOt sistema UASB/FA

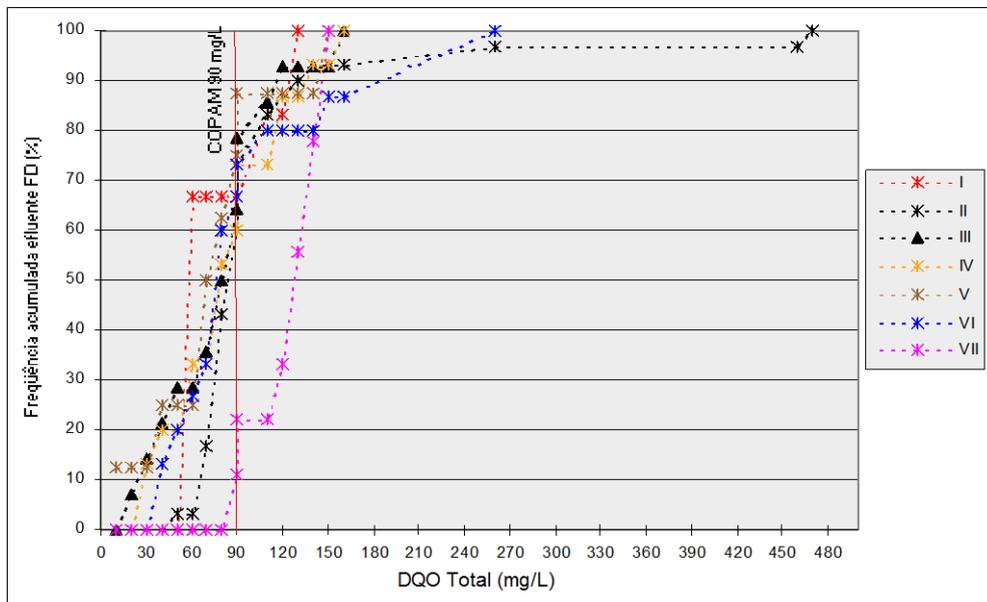


Figura 5.10 - Frequência acumulada eficiência de remoção DQOt sistema UASB/FA

d) Efluente Filtro Anaeróbio Descendente - FD

Os resultados apresentados na tabela 5.2 mostram que houve uma grande variabilidade nos dados do efluente do Filtro Anaeróbio Descendente (FD), embora o sistema UASB/FD também tenha obtido bons resultados de eficiência de remoção de DQO. Em todas as Fases do experimento, as médias de DQOt do efluente do FD são inferiores às do efluente do reator UASB.

Os resultados de DQOt apresentados na Figura 5.11 mostram que houve uma certa semelhança entre as fases, mas houve uma grande variabilidade dos dados de cada fase (coeficiente de variação variando entre 17% e 72%). Em todas as Fases, exceto a VII, houve uma grande concentração de resultados na faixa de 50 mg/L a 100 mg/L de DQOt. Nessas Fases, entre 60 e 70% dos resultados encontram-se abaixo de 90 mg/L, conforme pode-se verificar a partir da Figura 5.12.

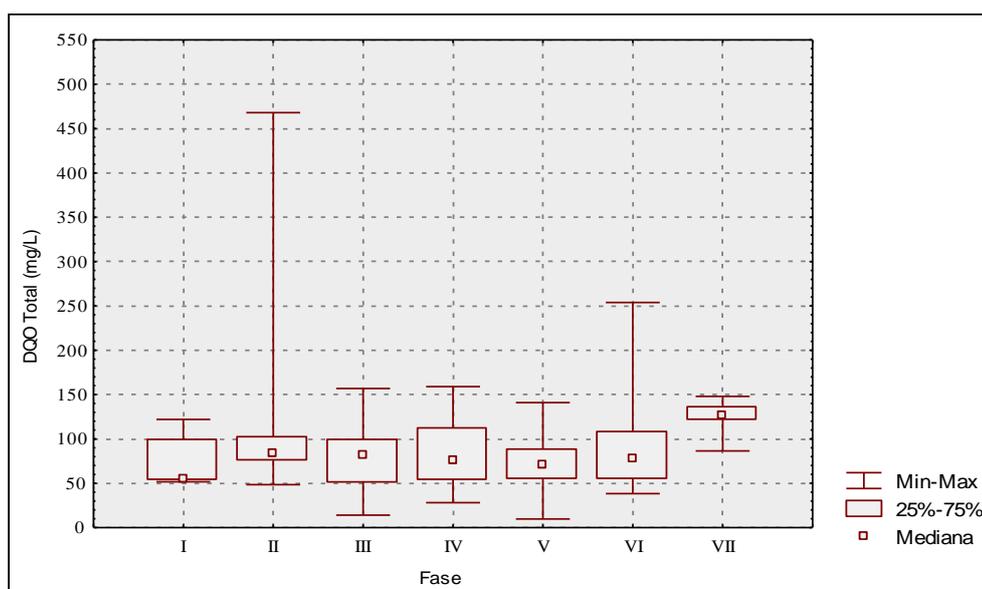


Figura 5.11 - Distribuição de DQOt efluente do sistema UASB/FD

Em termos de eficiência de remoção de DQOt, pode-se observar, através das Figuras 5.13 e 5.14, que houve uma grande variação no comportamento do FD. Na Fase I, período de aclimação, o FD apresentou excelentes resultados, com eficiências de remoção de DQOt no sistema UASB/FD variando entre 85 e 95%. Na Fase II, 95% dos resultados foram superiores a 80% de eficiência.

A maior faixa de variação dos resultados foi na Fase III, cujas eficiências de remoção de remoção de DQOt variaram de 25% a 95%, mas, ainda assim, 75% destes resultados ficaram acima de 75% de eficiência.

Em termos de eficiência de remoção de DQOt, observa-se através da Figuras 5.13 e 5.14, que a Fase IV apresentou 75% dos resultados com eficiência acima de 70%, e na Fase V as eficiências de remoção de DQOt melhoraram e apenas 15% dos resultados apresentaram-se inferiores a 75%.

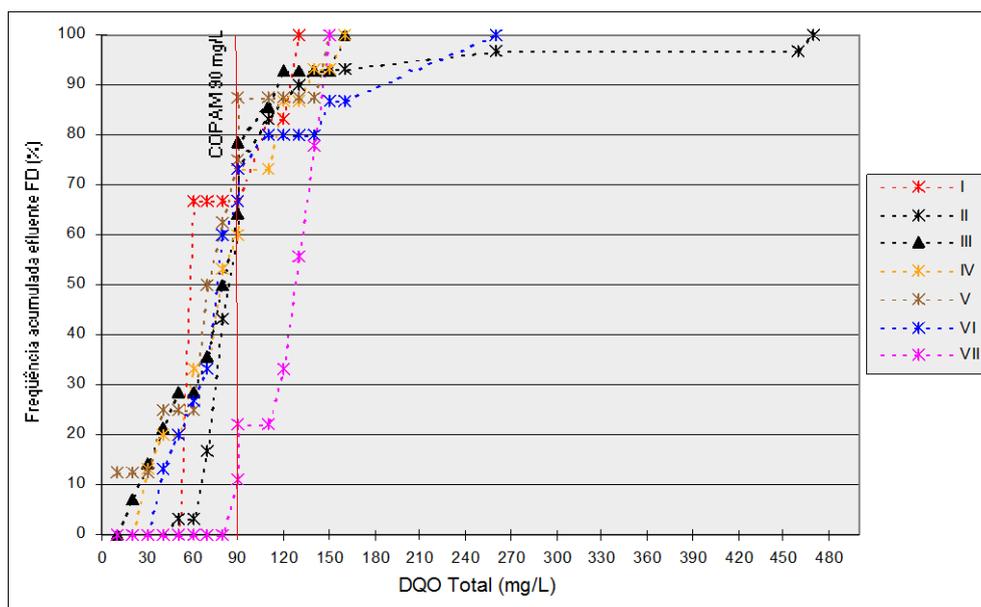


Figura 5.12 - Distribuição de frequência acumulada - DQO UASB/FD

As Figuras 5.13 e 5.14 mostram que embora as médias de concentrações de DQOt das Fases VI e VII, apresentadas na Tabela 5.2, tenham sido as mais elevadas de todo o período experimental, o sistema apresentou 75% dos resultados de eficiência acima de 80% na Fase VI e, na Fase VII apresentou 100% dos resultados de eficiência de remoção de DQOt acima de 70%.

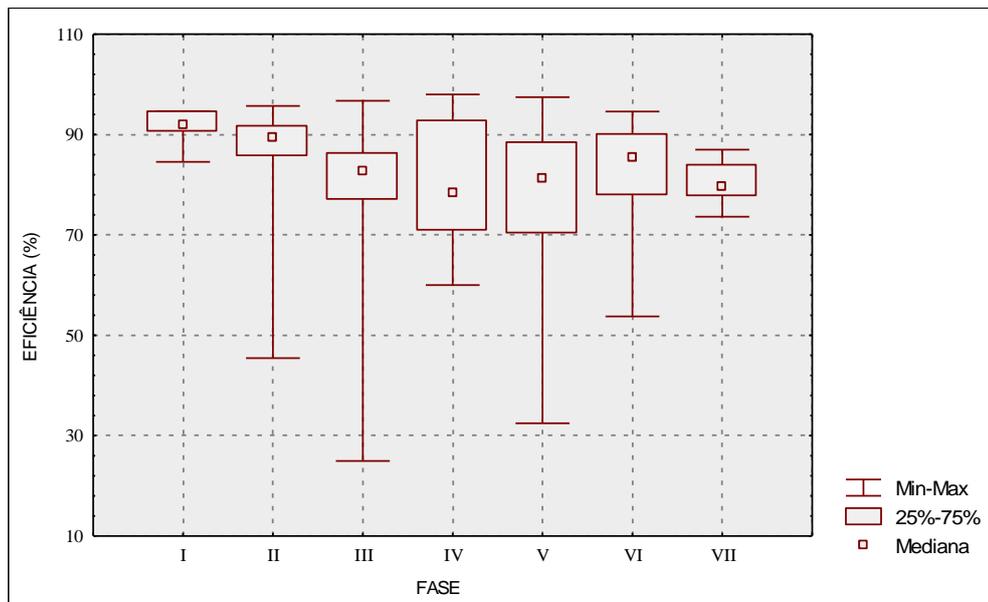


Figura 5.13 - Distribuição de eficiência de remoção DQOt sistema UASB/FD

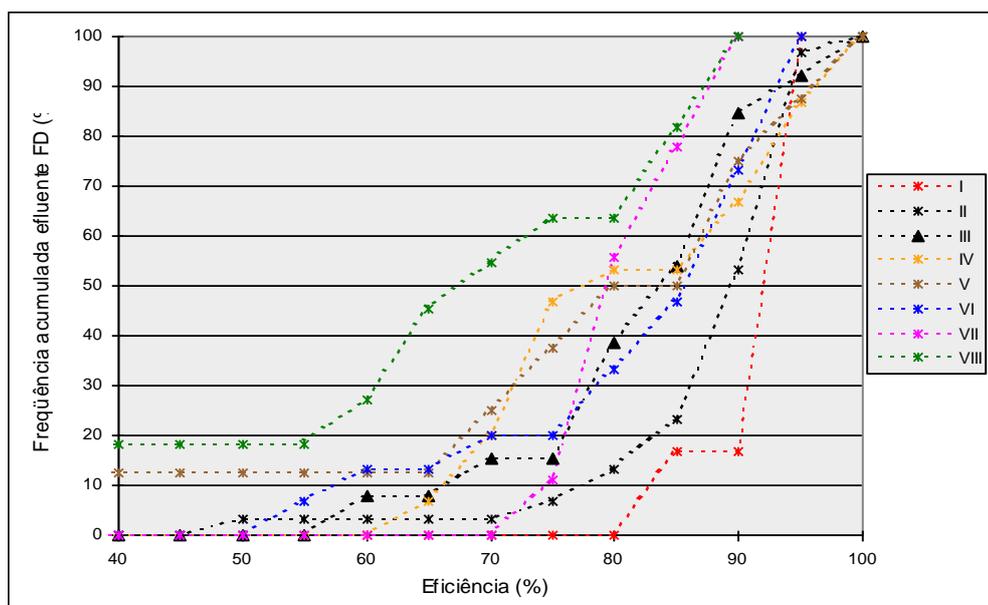


Figura 5.14 - Frequência acumulada da eficiência de remoção DQOt sistema UASB/FD

A Tabela 5.3, a seguir, apresenta o resumo das eficiências de remoção de DQOt de cada reator, individualmente, e, também, dos sistemas UASB/FA e UASB/FD.

Tabela 5.3 - Eficiências médias de remoção de DQOt reatores UASB, FA, FD e Sistemas UASB/FA e UASB/FD

Fase	Eficiência de Remoção de DQOt				
	UASB	FA	FD	UASB/FA	UASB/FD
I	87	31	37	91	91
II	86	24	12	89	87
III	77	32	14	84	77
IV	82	28	9	85	81
V	69	27	26	78	76
VI	77	35	22	84	81
VII	77	16	13	80	81
VIII	65	51	-	83	-

Através da Tabela 5.3 e das Figuras 5.15 e 5.16, pode-se observar que em todas as fases do experimento houve uma redução complementar de DQOt, tanto no FA como no FD. Na Fase VIII, quando o desempenho do reator UASB caiu, o FA conseguiu manter a eficiência do sistema no mesmo nível das demais fases. O acréscimo na eficiência global do sistema devido à atuação do FA variou entre 3% e 18% e devido ao FD variou entre 1% e 8%. O desempenho do sistema UASB/FA foi ligeiramente superior ao sistema UASB/FD. Em termos de eficiência de remoção de DQOt as médias apresentadas em cada Fase do sistema UASB/ FD foram ligeiramente inferiores às do sistema UASB/FA.

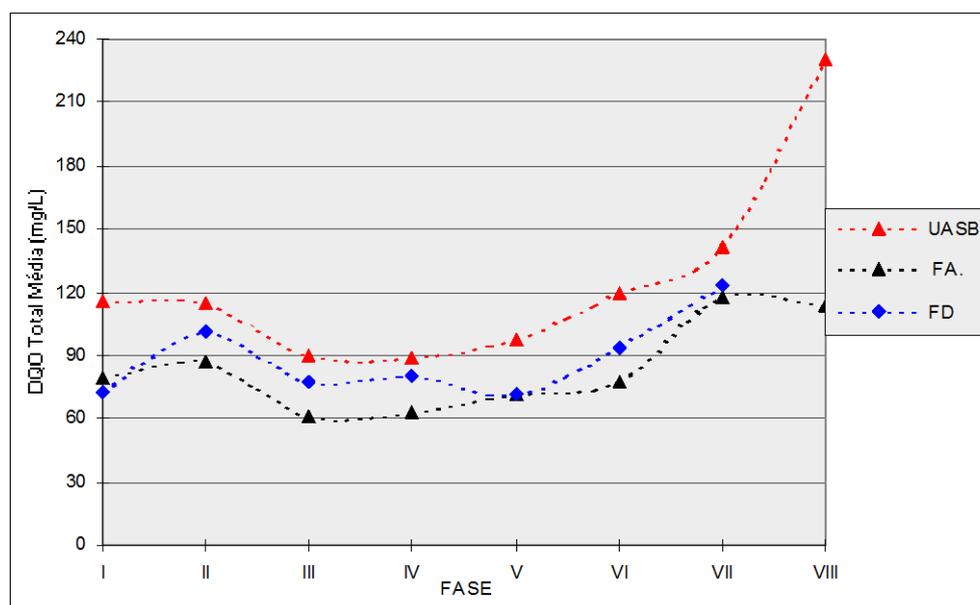


Figura 5.15 - Médias de DQOt efluente dos reatores UASB, FA e FD

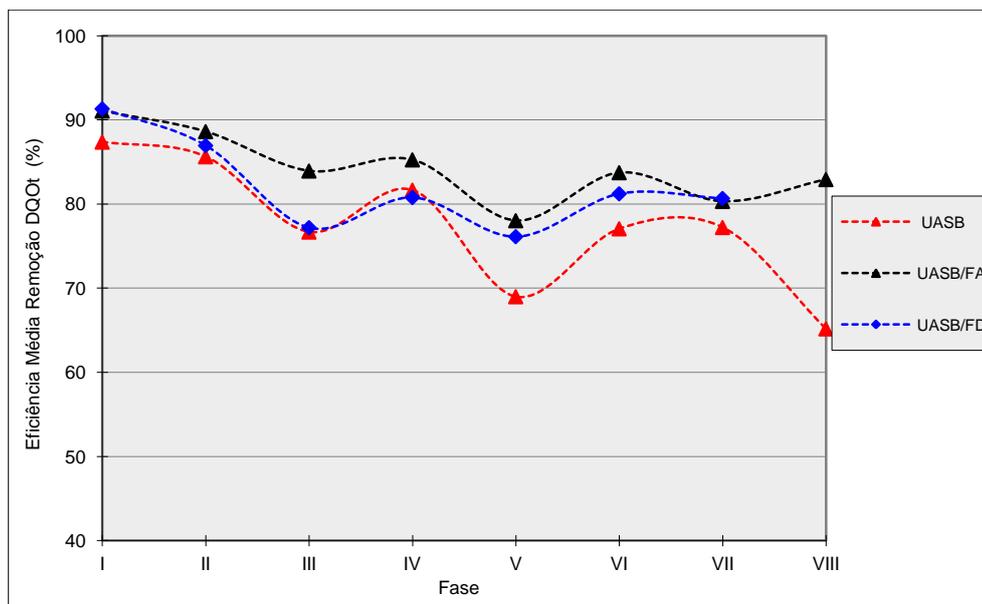


Figura 5.16 - Eficiências médias de remoção de DQOt do reator UASB e dos sistemas UASB/FA e UASB/FD

5.1.2 Resultados de DQO filtrada (DQOf)

a) Esgoto bruto - afluente do reator UASB

As concentrações de DQO filtrada do esgoto afluente comportaram-se de maneira análoga às concentrações da DQO total, com grandes variações de concentração durante todo o período experimental, com valores compreendidos na faixa de 43 e 578 mg/L. Houve uma grande variabilidade de dados em todas as Fases (coeficiente de variabilidade acima de 27%), exceção da Fase I, cujo coeficiente de variabilidade foi 17% (Tabela 5.2). A relação DQOf/DQOt variou de 31 a 42% em todo o período experimental, indicando que menos de 42% da matéria orgânica presente no esgoto está sob a forma dissolvida e o restante na forma particulada

Valem aqui as mesmas considerações feitas para a DQO total (Item 5.1.1), relativas à uma maior ocorrência de concentrações mais elevadas, e também de DQOf durante as fases I e II. Tal ocorrência deve-se aos períodos de estiagem observados, e aos procedimentos de amostragem simples durante o horário de 8:00 às 10:00 horas, ocasião em que os esgotos geralmente se apresentam mais concentrados.

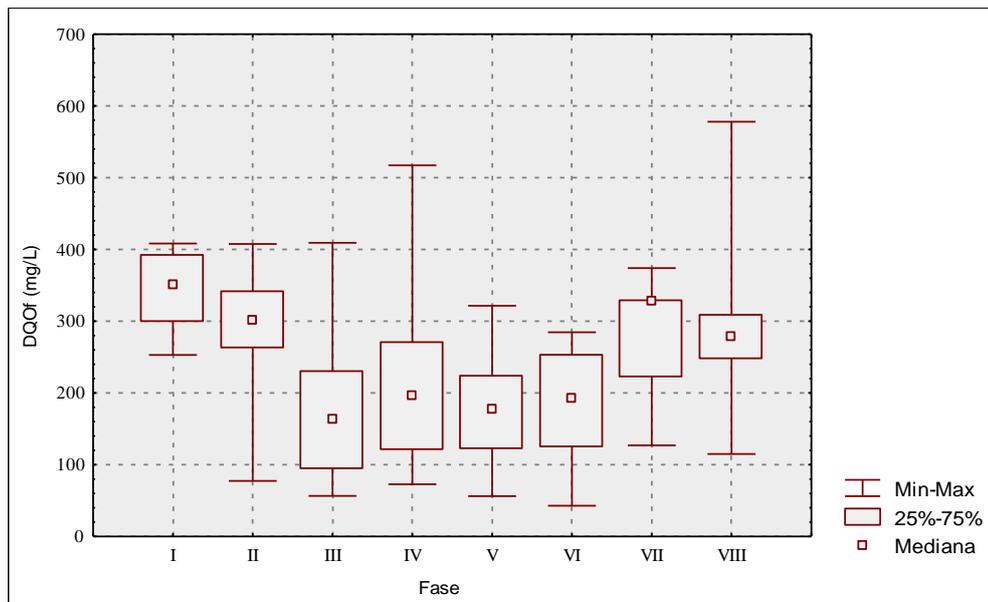


Figura 5.17 - Distribuição de DQOf afluente do reator UASB

Durante as fases III a VI, os resultados médios de DQO filtrada mostraram-se mais baixos, também de acordo com a discussão apresentada para a DQO total (item 5.1.1). Cerca de 90% dos resultados mantiveram-se abaixo de 300 mg/L.

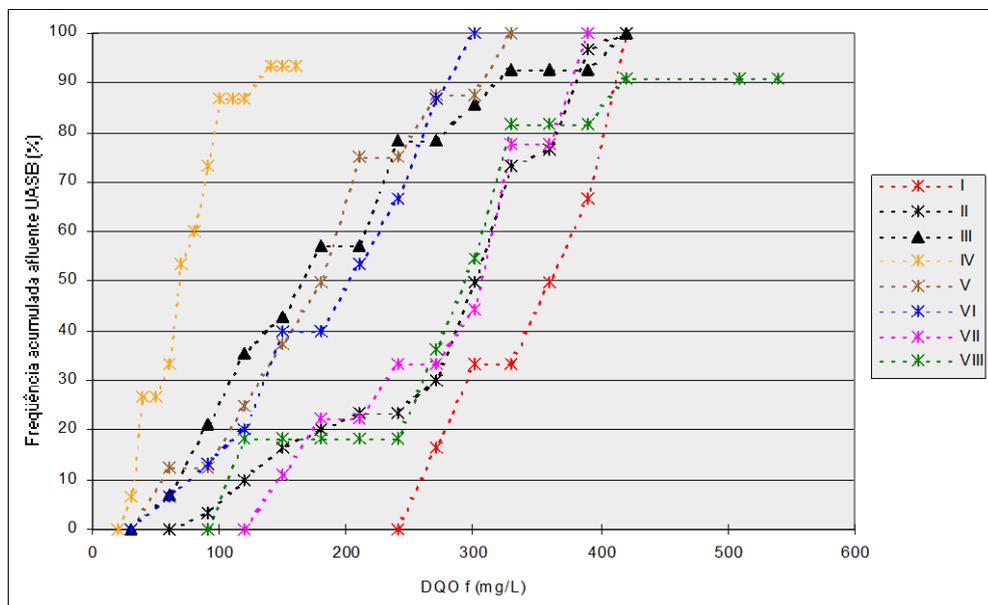


Figura 5.18 - Distribuição de frequência acumulada – DQOf afluente do reator UASB

b) Efluente do reator UASB

As concentrações de DQOf no efluente do reator UASB também apresentaram elevados coeficientes de variabilidade superiores a 30% em todo o período experimental (tabela 5.2). Todavia, o reator UASB foi capaz de produzir um efluente com concentrações de DQOf abaixo de 100mg/L durante todas as fases (aproximadamente 80% a 90% dos resultados).

O reator UASB apresentou, consistentemente elevadas eficiências de remoção de DQOf, demonstrando a importância dos mecanismos biológicos na remoção da matéria orgânica solúvel. Em todas as fases do experimento, mais de 70% dos resultados indicam eficiências superiores a 60%, com grande parte dos resultados apontando eficiências na faixa de 70% a 90% (Figura 5.21 e 5.22). Aparentemente, a redução do TDH na Fase IV, de 6 para 4 horas, não teve uma influência significativa na eficiência do reator. Durante as Fases I e III (TDH = 6 horas) as eficiências variaram de 70% a 83%, enquanto que nas Fases IV a VIII estas variaram de 69% a 79%.

Observou-se um aumento da relação DQOf/DQOt (exceto a Fase VIII) em relação ao esgoto afluente (0,45 a 0,63), demonstrando a ocorrência de uma maior parcela de matéria orgânica na forma dissolvida, como decorrência de uma menor presença de sólidos suspensos no efluente.

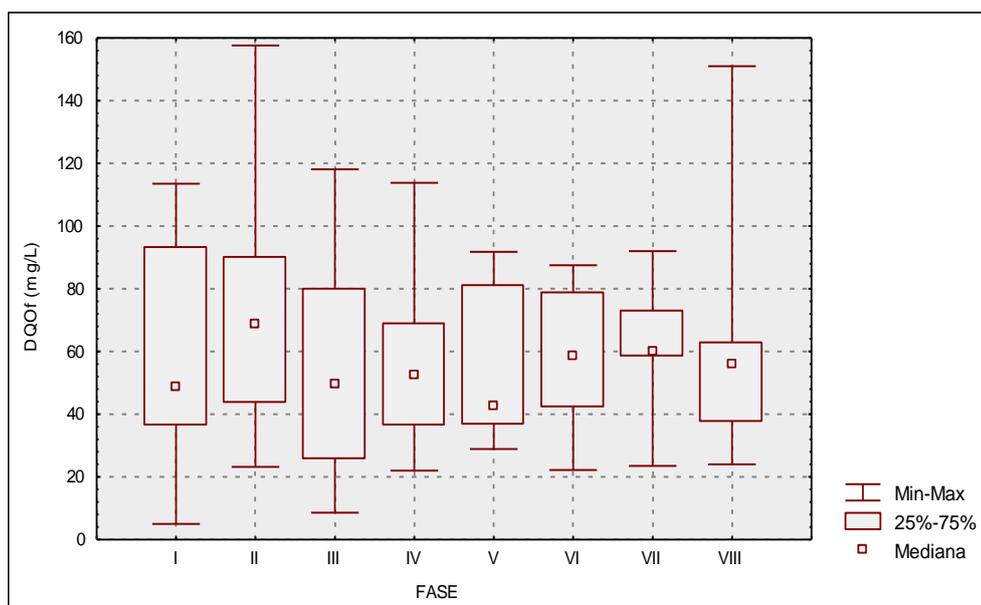


Figura 5.19 - Distribuição de DQOf efluente do reator UASB

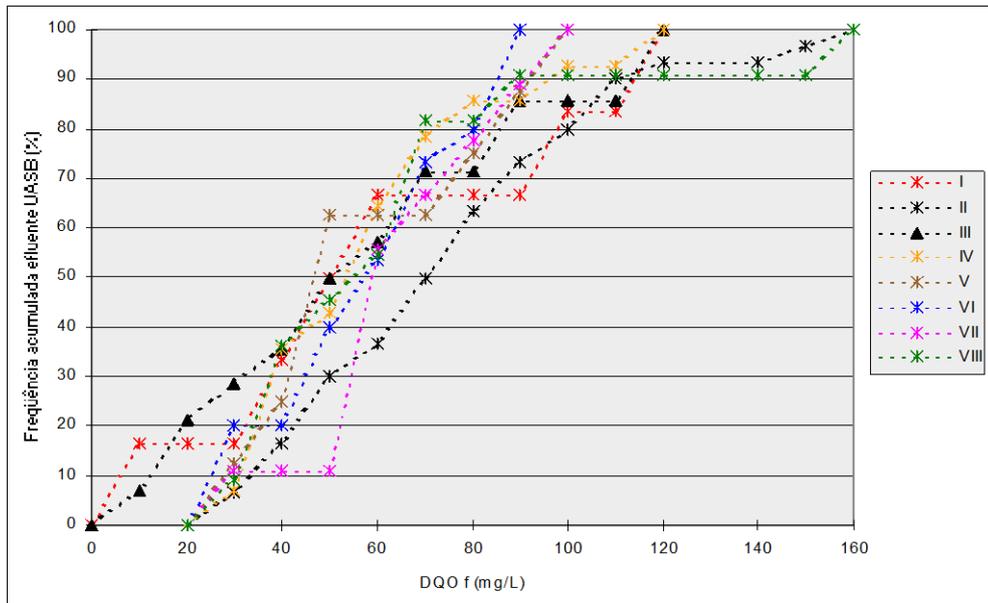


Figura 5.20 - Distribuição de frequência acumulada – DQOf efluente do reator UASB

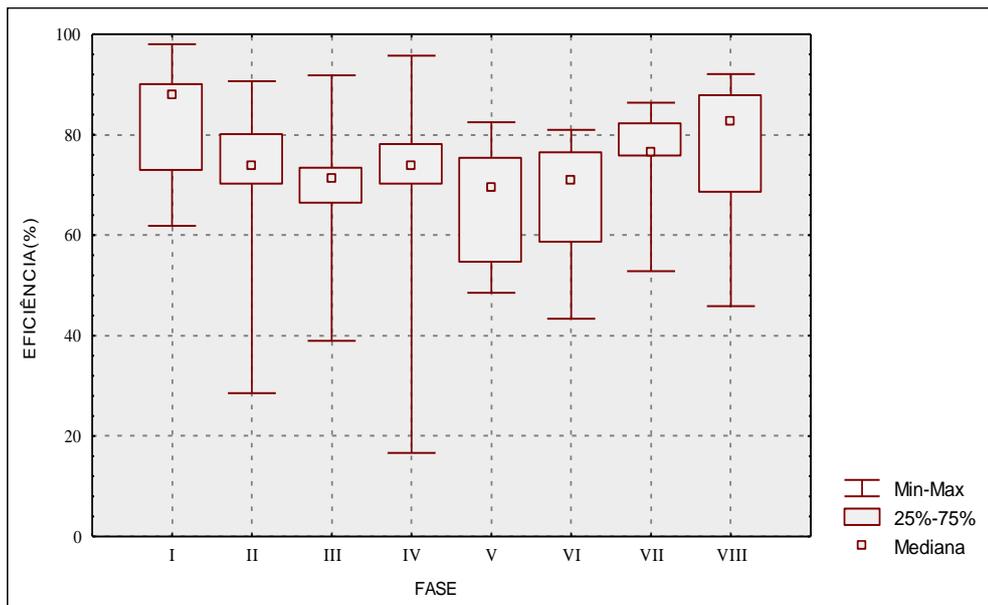


Figura 5.21 - Distribuição de eficiência de remoção DQOf reator UASB

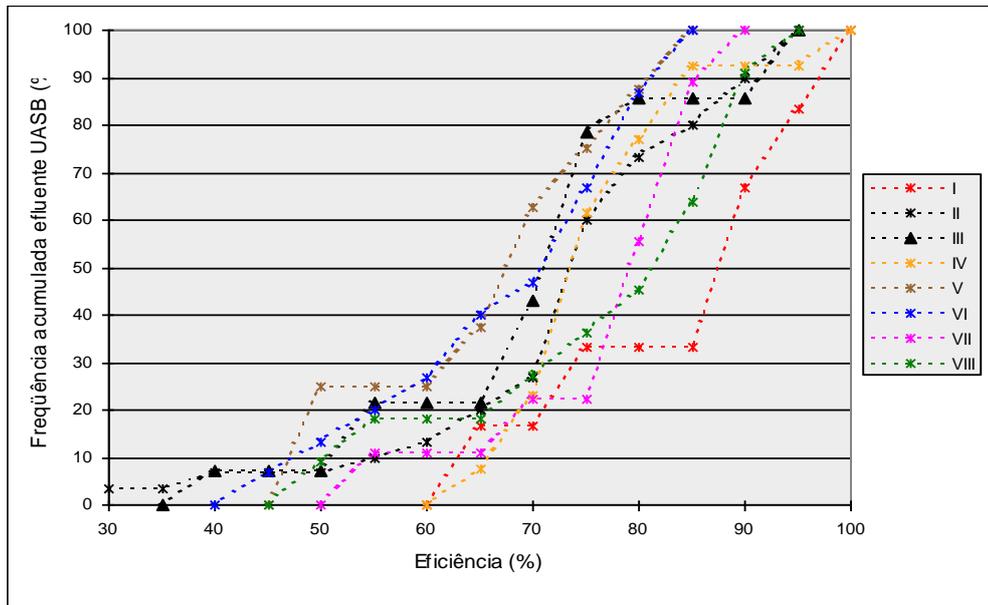


Figura 5.22 - Frequência acumulada eficiência de remoção DQOf do UASB

c) Efluente do sistema UASB/FA

Em termos de remoção de DQO Filtrada, apesar da grande variabilidade dos dados, o coeficiente de variação foi superior a 20% em todas as fases (exceto na fase VII), foram obtidos resultados bastante expressivos com o pós-tratamento através do Filtro Anaeróbio Ascendente.

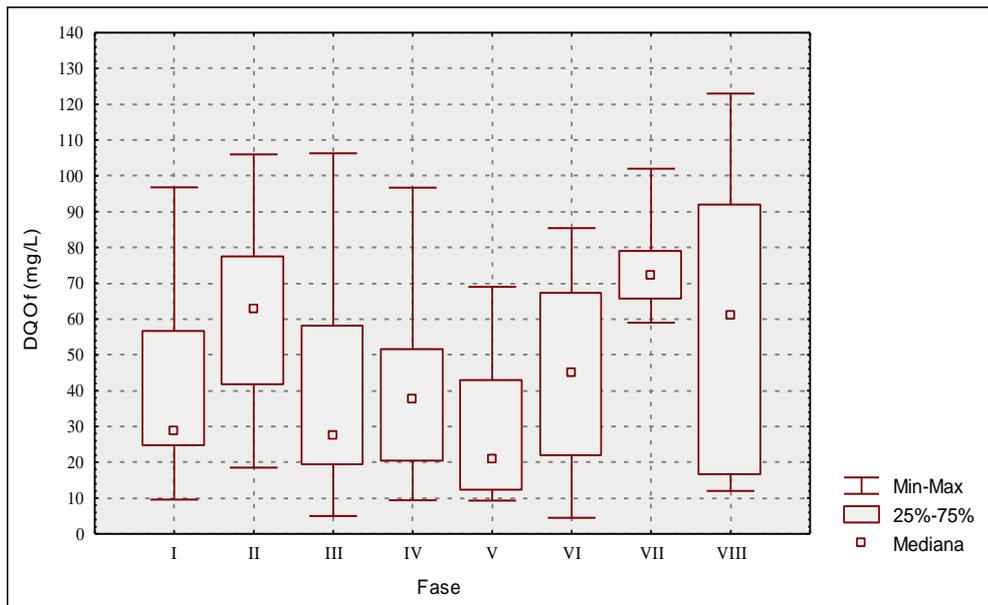


Figura 5.23 - Distribuição de DQOf efluente do sistema UASB/FA nas fases

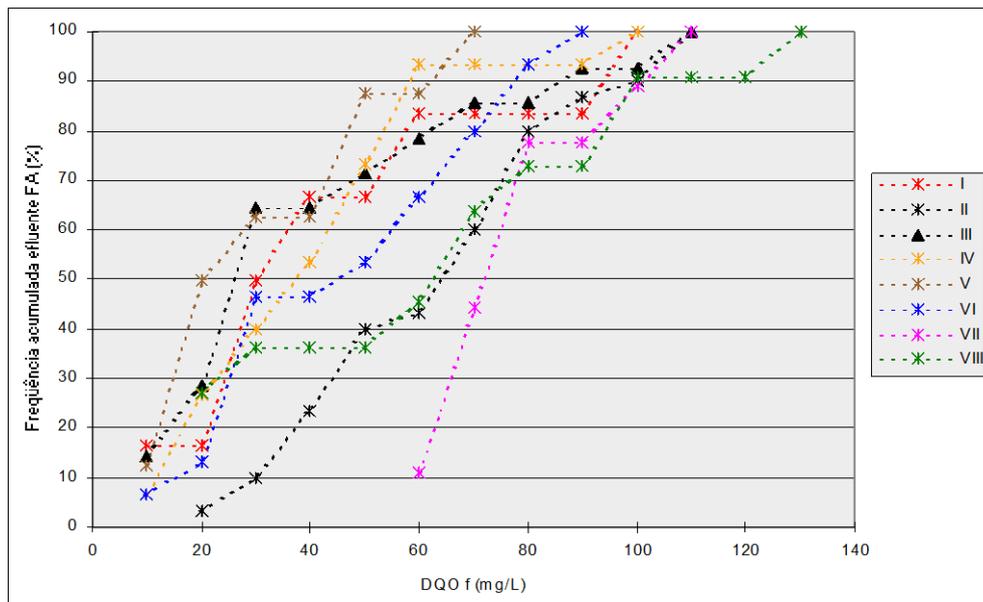


Figura 5.24 - Distribuição de Frequência acumulada – DQOf efluente do sistema UASB/FA

Excetuando-se as Fases VII e VIII, em que o FA foi operado com TDHs de 1,5 e 1,0 hora, respectivamente, observa-se a partir das Figuras 5.23 e 5.24 que quase 80% dos resultados obtidos apresentaram-se abaixo de 80 mgDQOf/l. Da mesma forma, para as Fases I a VI, as eficiências do conjunto UASB/FA estiveram consistentemente, acima de 70% (em torno de 80% dos resultados), conforme pode-se depreender a partir da análise das Figuras 5.25 e 5.26. Observa-se, ainda, uma grande densidade de resultados de eficiência na faixa de 80% a 90%.

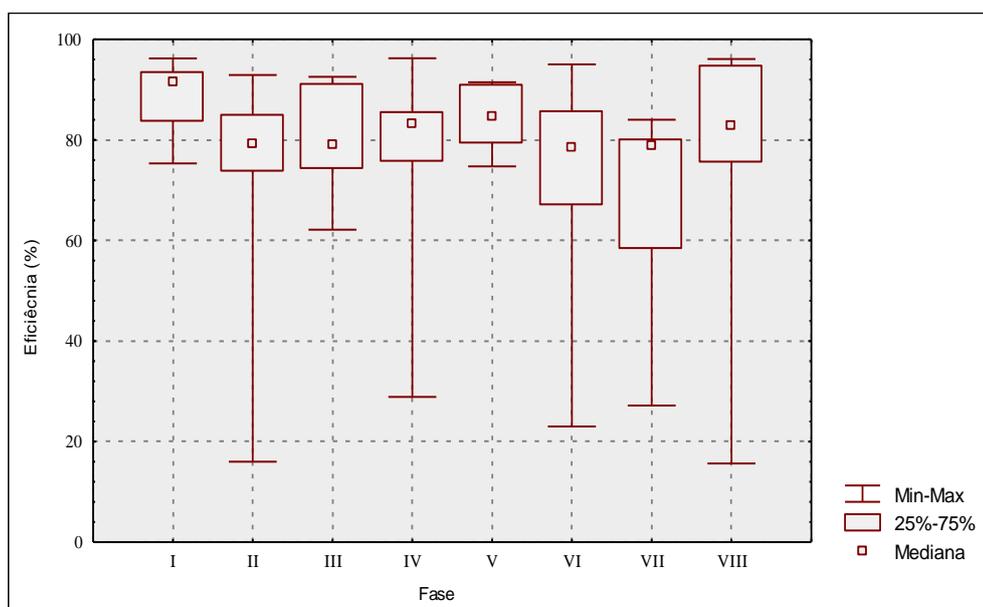


Figura 5.25 - Distribuição de eficiência de remoção DQOf do sistema UASB/FA

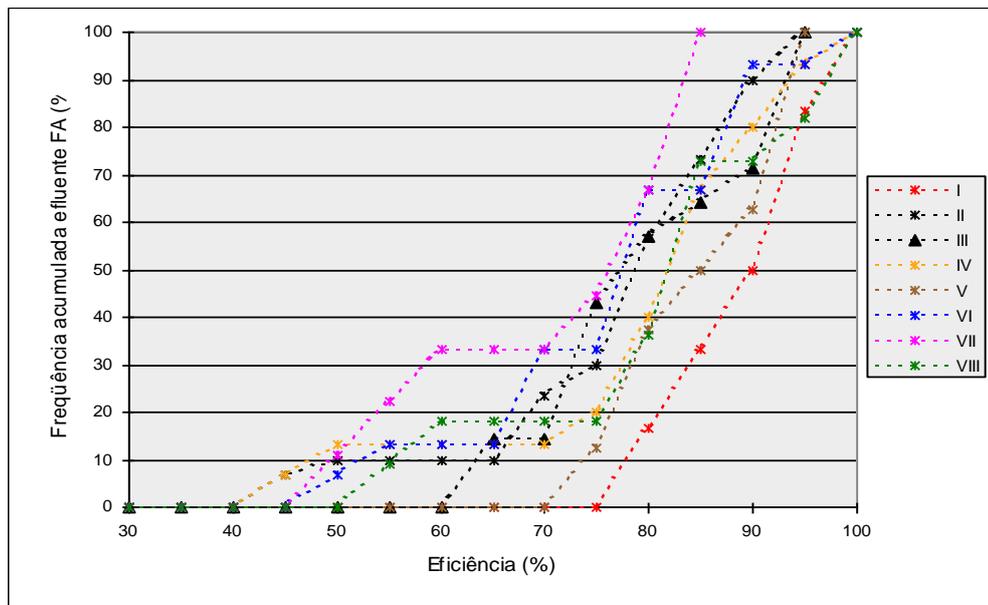


Figura 5.26 - Distribuição de Frequência acumulada - eficiência de remoção DQOf sistema UASB/FA

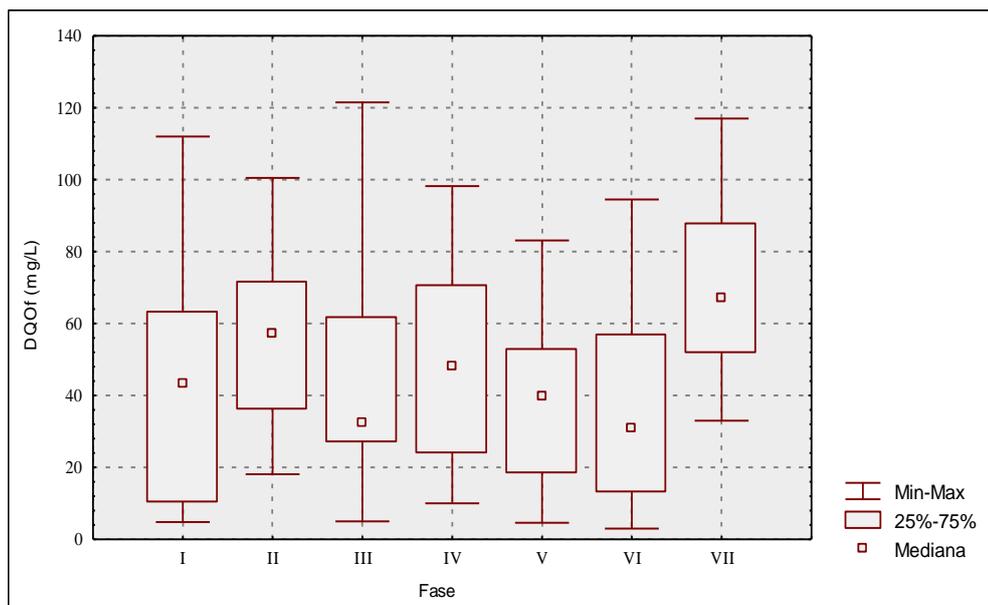


Figura 5.27 - Distribuição de DQOf efluente do sistema UASB/FD

O filtro Anaeróbico Ascendente como pós-tratamento do reator UASB conseguiu uma remoção complementar média de DQOf em todas as Fases da pesquisa melhorando a eficiência do tratamento que variou entre 73% e 88%. As Figuras 5.28 e 5.29 mostram um gráfico com as médias por Fases de operação. Observa-se que em todas as Fases, exceto a Fase VII, houve uma remoção complementar de DQOf, mostrando, que a remoção de DQO, ocorrida não foi apenas por mecanismos físicos de decantação e filtração ao longo da coluna, atuando sobre a

matéria orgânica particulada remanescente, mas também por via bioquímica, atuando sobre a parcela de matéria orgânica solúvel.

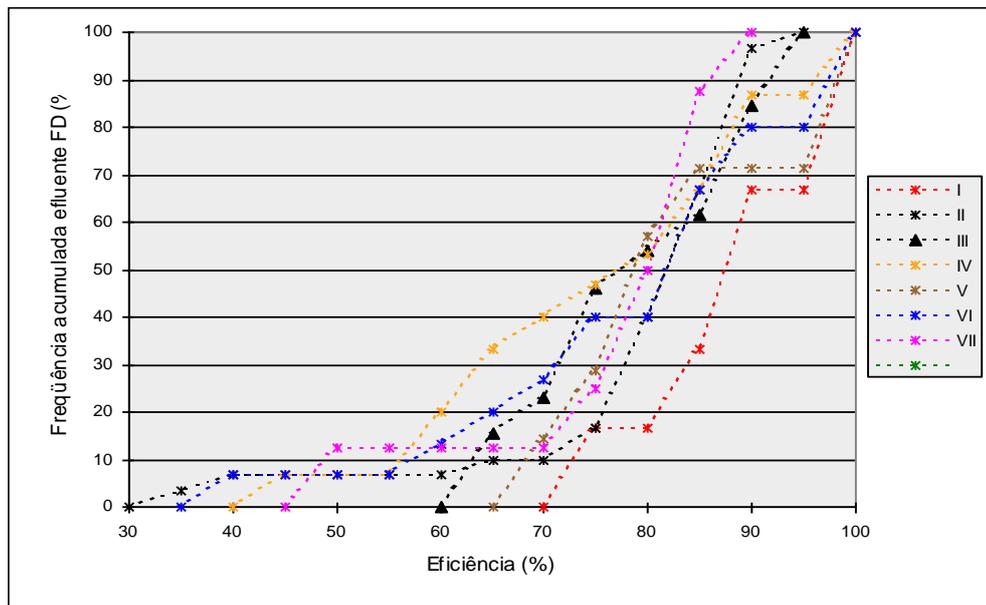


Figura 5.28 - Distribuição de frequência acumulada - DQOf efluente do sistema UASB/FD

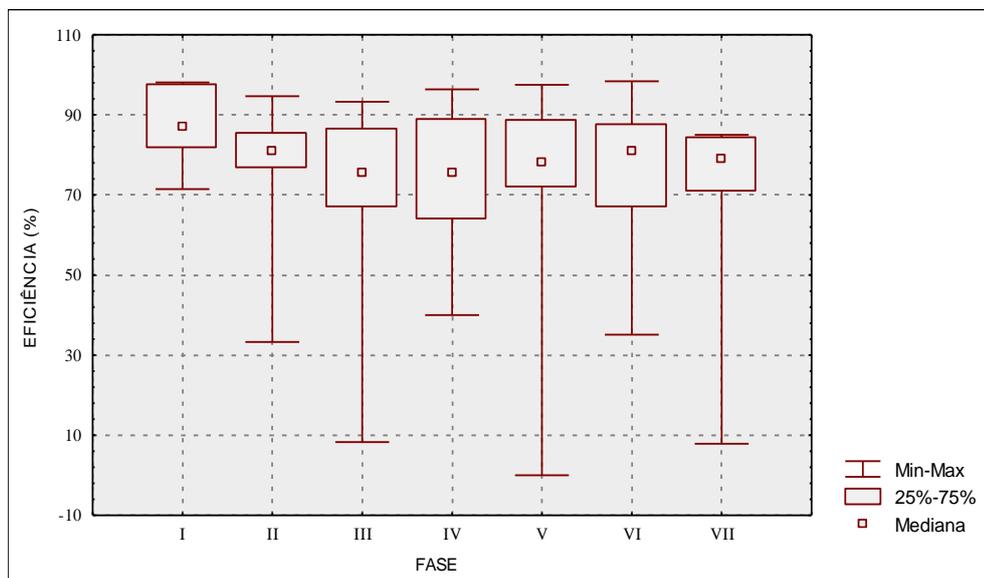


Figura 5.29 - Distribuição de Eficiência de remoção DQOf no sistema UASB/FD

Em termos de eficiência média, por Fase operacional, o sistema UASB Filtro Anaeróbio Ascendente, obteve também um ganho, em relação ao efluente do reator UASB. Em todas as Fases, exceto as Fases VII e VIII a qualidade do efluente do sistema UASB/FA foi superior a do reator UASB (Figura 5.29). Houve um aumento da relação DQOf/DQOt em relação ao

efluente do reator UASB, de 0,40 a 0,71, indicando que a biomassa presente no FA promoveu a decomposição da matéria orgânica remanescente e a transformação de parte da matéria orgânica particulada em dissolvida.

d) Efluente do sistema UASB/FD

Em relação ao comportamento do sistema UASB/FD na remoção de DQOf, observou-se uma maior variabilidade dos resultados em relação ao sistema UASB/FA (coeficiente de variação superior a 40% em todas as fases). Apesar da grande dispersão dos resultados, o sistema apresentou uma remoção complementar de DQO filtrada semelhante à configuração com o FA. Mais de 80% dos resultados obtidos nas Fases I a VI indicam uma DQOf efluente abaixo de 80 mg/L (Figura 5.27 e 5.28). Estes resultados correspondem aproximadamente a 70% dos valores de eficiência de remoção superiores a 70%, com uma grande densidade de resultados na faixa de 80 a 90% de eficiência (Figura 5.29 e 5.30).

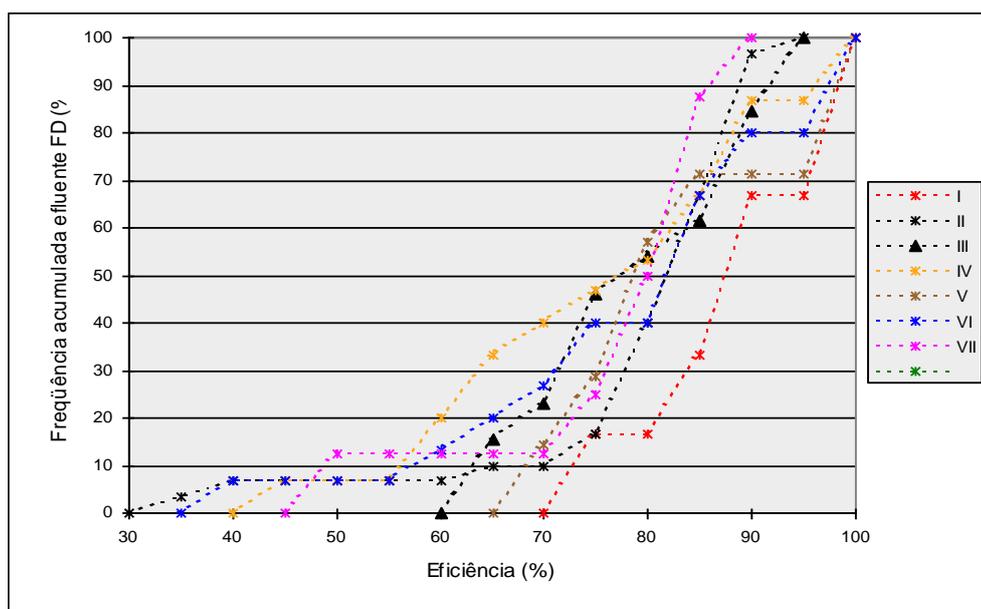


Figura 5.30 - Distribuição de frequência acumulada eficiência de remoção DQOf efluente sistema UASB/FD

Através da Tabela 5.4 e das Figuras 5.31 e 5.32, pode-se observar que em todas as fases do experimento (exceto as Fases VII e VIII) houve uma redução complementar de DQOf, tanto no FA quanto no FD. O acréscimo na eficiência global do sistema devido à atuação do FA variou entre 6% e 18% e devido ao FD variou entre 4% e 10%.

Tabela 5.4 - Eficiências médias de remoção de DQOF dos reatores UASB, FA, FD e dos sistemas UASB/FA e UASB/FD

Fase	Eficiências de Remoção de DQOf				
	UASB	FA	FD	UASB/FA	UASB/FD
I	83	29	20	89	87
II	72	15	23	75	78
III	69	31	19	80	73
IV	71	33	19	78	75
V	66	48	30	84	72
VI	67	21	32	74	77
VII	76	-18	-13	68	69
VIII	76	4	-	76	-

O desempenho do sistema UASB/FA foi ligeiramente superior ao sistema UASB/FD. Em termos de eficiência de remoção de DQOf, as médias apresentadas em algumas Fases do sistema UASB/FD foram ligeiramente inferiores às do sistema UASB/FA.

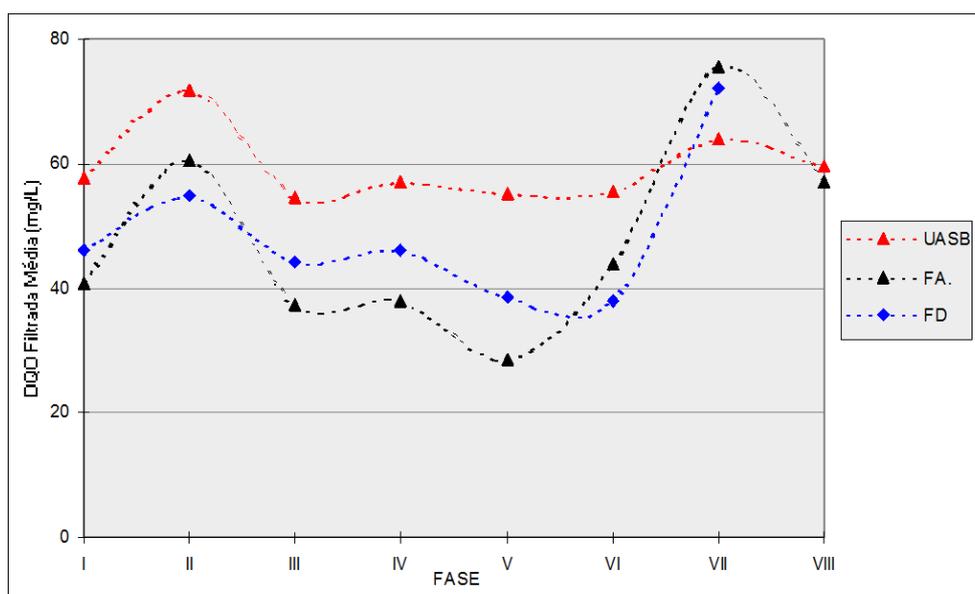


Figura 5.31 - Média DQOf por fase dos efluentes UASB- FA- FD

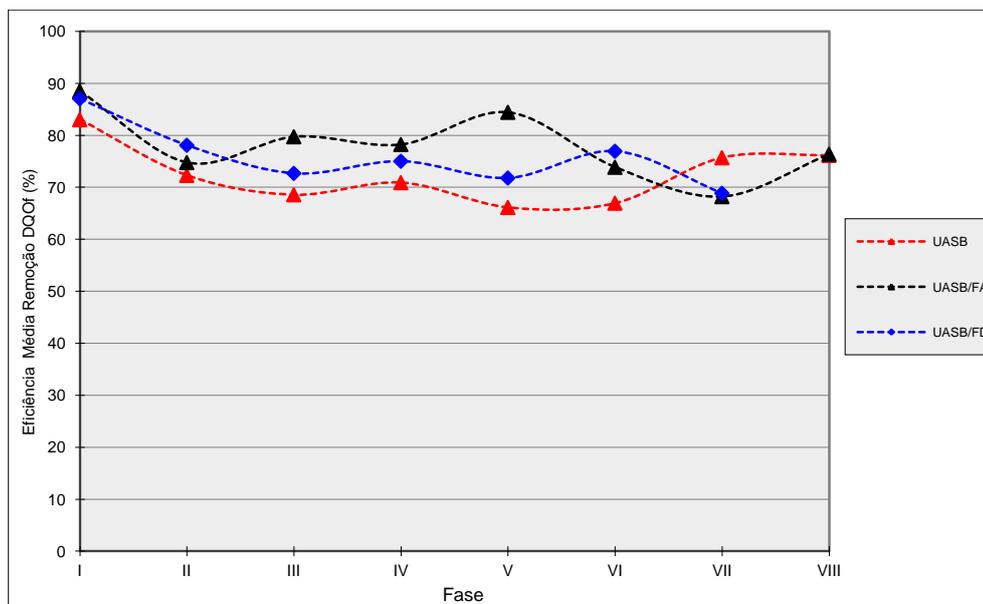


Figura 5.32 - Eficiência média de remoção de DQOf por fase UASB- FA - FD

5.2 - Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

5.2.1 Resultados de DBO Total (DBOt)

Os resultados de DBO total e filtrada obtidos durante o período experimental são apresentados na Tabela 8.1 (Anexo I) e nas Figuras 9.1 a 9.16 (Anexo 2). Um resumo dos resultados médios de DQO total e filtrada, para as diversas fases operacionais, é apresentado na Tabela 5.5. Foram elaborados gráficos tipo Box e Whisker e de distribuição de Frequência acumulada dos dados. Esses gráficos foram inseridos nesta seção.

As análises de DBO foram realizadas durante todo o período de monitoramento, exceto na Fase I. As análises de DBO total tiveram início no dia 33 de operação e as análises de DBO filtrada no dia 48 de operação.

Tabela 5.5 - Estatísticas básicas do monitoramento dos reatores e dos sistemas

Fase	Amostra	DBO total			DBO filtrada		
		N.º Dados	Média	Desvio P	N.º Dados	Média	Desvio P
II	Aflu. UASB	9	452	119	8	160	44
	Eflu. UASB	9	57	27	8	22	14
	Eflu. FA	9	33	13	8	16	10
	Eflu. FD	9	34	9	8	15	9
III	Aflu. UASB	3	176	29	3	116	32
	Eflu. UASB	3	34	6	3	27	12
	Eflu. FA	3	29	4	3	22	10
	Eflu. FD	3	31	17	3	26	12
IV	Aflu. UASB	4	372	261	4	105	33
	Eflu. UASB	4	23	14	4	12	8
	Eflu. FA	4	18	11	4	12	12
	Eflu. FD	4	14	8	4	10	7
V	Aflu. UASB	3	206	27	3	91	21
	Eflu. UASB	3	24	16	3	10	7
	Eflu. FA	3	21	23	3	8	6
	Eflu. FD	3	30	23	3	9	5
VI	Aflu. UASB	5	187	42	5	99	21
	Eflu. UASB	5	45	10	5	16	5
	Eflu. FA	5	22	6	5	11	5
	Eflu. FD	5	41	16	5	18	12
VII	Aflu. UASB	3	236	81	3	94	17
	Eflu. UASB	3	48	8	3	19	14
	Eflu. FA	3	27	21	3	10	10
	Eflu. FD	3	28	24	3	15	12
VIII	Aflu. UASB	4	233	31	4	104	63
	Eflu. UASB	4	97	28	4	13	10
	Eflu. FA	4	59	25	4	15	10
	Eflu. FD	-	-	-	-	-	-

A relação de DQOt/DBOt atingiu os seguintes valores médios no presente trabalho:

- Para esgoto bruto: 2,52
- Para esgoto efluente do reator UASB: 2,95
- Para esgoto efluente do sistema UASB/FA: 3.04

- Para esgoto efluente do sistema UASB/FD: 3,32

Constata-se uma relação DQO/DBO 2,52 elevada para o esgoto bruto, acima dos valores reportados na bibliografia especializada, usualmente da ordem de 1,7 a 2,4 (VON SPERLING,1995). Tal relação indica uma menor fração de matéria orgânica biodegradável. Observa-se que houve um aumento da relação DQO/DBO no efluente do reator UASB e dos Filtros Anaeróbios, devido à remoção do material biodegradável.

a) Esgoto Bruto - Afluente do reator UASB

A DBO total afluente do reator UASB apresentou resultados bastante variáveis durante o período experimental, variando entre 145 mg/L e 638 mg/L com valores médios para as diferentes Fases, variando entre 176 e 452mg/L, conforme pode-se verificar através da Figura 5.33.

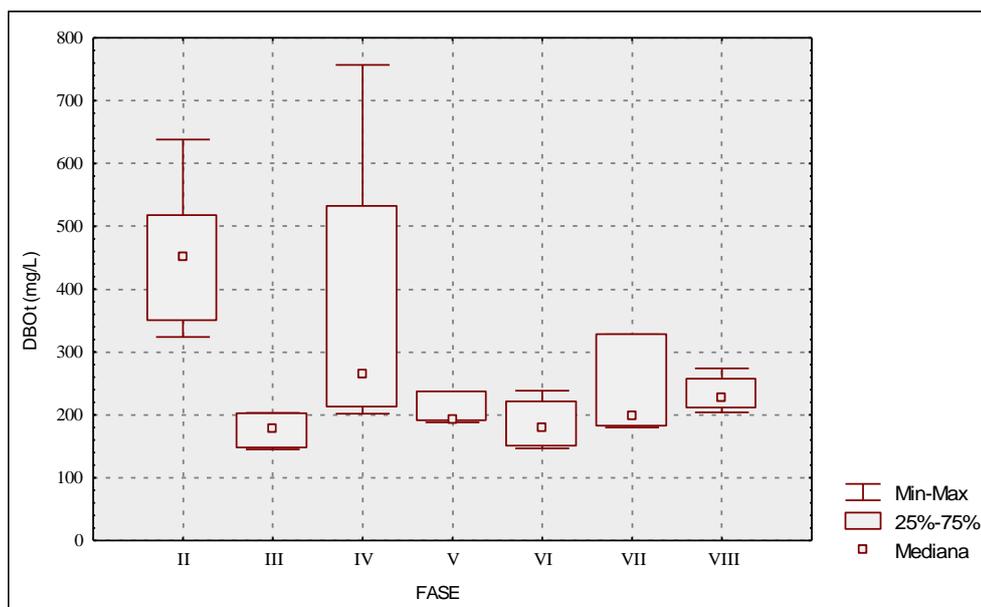


Figura 5.33 - Distribuição DBO total afluente do reator UASB

As grandes variações ocorridas durante a Fase II podem ter sido devidas ao procedimento de amostragem simples adotado durante as Fases I e II da pesquisa. Todavia, não se têm explicações para as grandes variações de concentrações verificadas na Fase IV. Possivelmente, podem ter ocorrido descargas de efluentes industriais no interceptor, provocando elevações de concentrações em alguns dias de coleta. Quanto às demais Fases (III, V, VI, VII e VIII), as variações de resultados foram menores e as concentrações médias

estiveram na faixa de 180 a 240 mg/L (Figura 5.33 e Tabela 5.5).

b) Efluente do reator UASB

De acordo com os resultados apresentados na Figura 5.34 as concentrações DBOt do efluente do reator UASB nas Fases III a VII foram todas menores que 60 mg/L, atendendo, portanto, o padrão de lançamento de efluentes estabelecido pela Deliberação Normativa N°. 10/86 do COPAM. Em termos de eficiência de remoção nestas fases, estas estiveram compreendidas entre 65% e 98%. Todavia, boa parcela dos resultados das fases II e VIII apresentaram concentrações de DBOt efluente acima do limite máximo estabelecido pela legislação Ambiental (60 mg/L), muito embora a concentração média da DBOt na fase II tenha sido igual a 57 mg/L (Tabela 5.5).

Os resultados mostram, em geral, um excelente desempenho do reator UASB, que foi capaz de produzir um efluente com concentrações muito baixas de DBOt durante quase todo o período experimental.

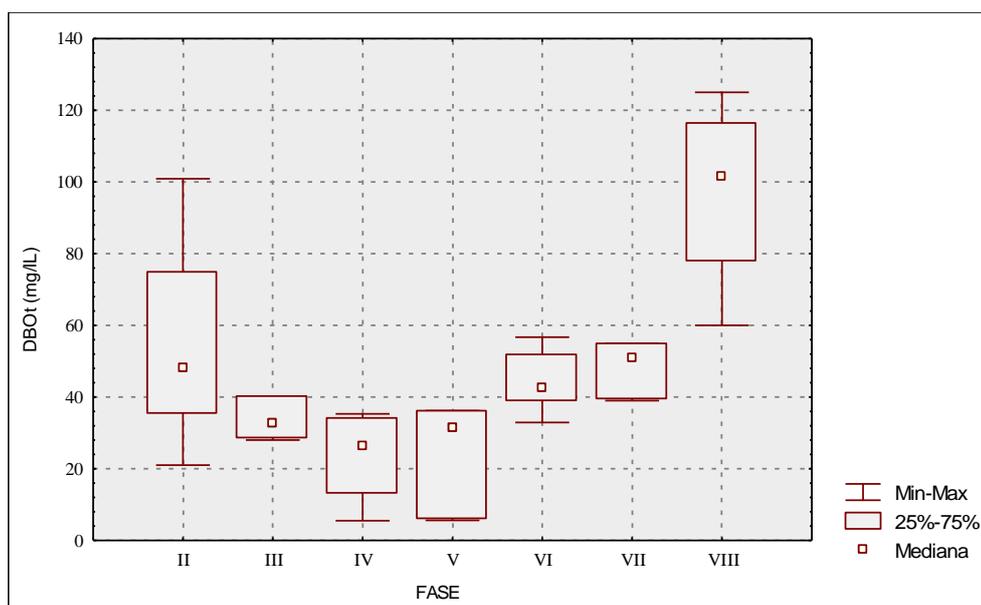


Figura 5.34 - Distribuição de DBO total efluente do reator UASB

Os dados apresentados na bibliografia especializada (Tabela 3.3 - Capítulo 3) mostram, que apenas os reatores de Cali conseguiram eficiências próximas às obtidas durante esta pesquisa, além de trabalhos anteriores com o mesmo reator do LIP (CASSEB, 1996).

Para situações como a da atual pesquisa, poder-se-ia questionar a necessidade de um pós tratamento, haja visto que o reator UASB, como unidade isolada, foi capaz de atender, em grande parte, o padrão de lançamento de DBOt do COPAM. No entanto há de se ressaltar que durante determinadas fases operacionais, particularmente a VIII, quando o reator apresentou uma maior perda de sólidos no efluente (vide discussão no item 5.3), a associação em série do reator UASB com uma unidade de polimento final se faz necessária. Resultados relevantes, que demonstram a importância das unidade de pós-tratamento, foram apresentados por CASSEB & CHERNICHARO (1997), que submeteram o reator UASB à operação em regime hidráulico transiente . Tal fato provocou uma maior expansão da manta de lodo e a perda de sólidos no efluente, determinando a importância de uma unidade de polimento após o reator UASB.

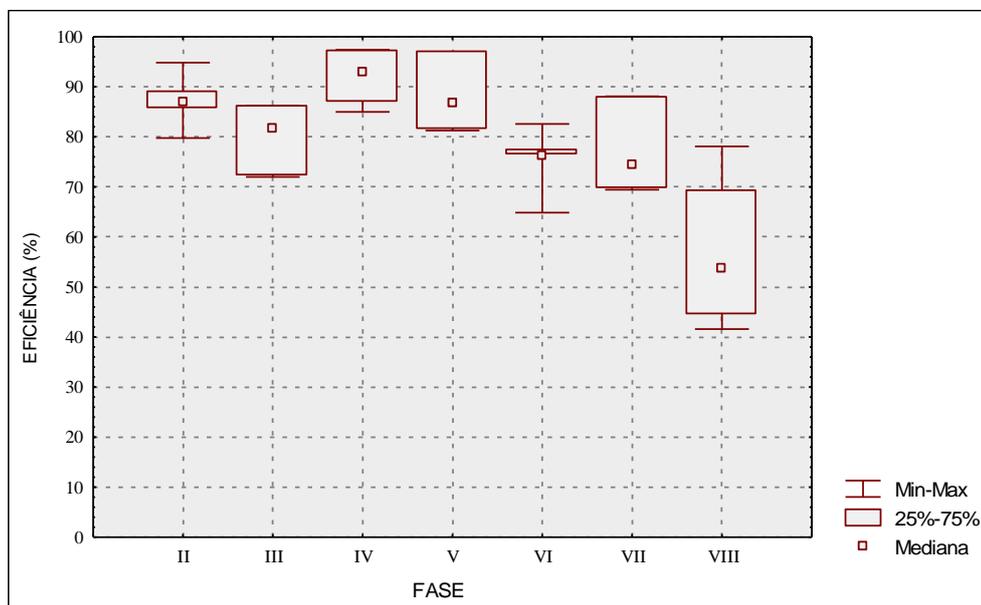


Figura 5.35 - Distribuição da eficiência de remoção de DBOt reator UASB

c) Efluente do sistema UASB/FA

Na Fase II o efluente sistema UASB/FA apresentou concentrações de DBOt abaixo de 50 mg/L (Figura 5.36). Houve, portanto, uma remoção complementar de DBOt, visto que o efluente do reator UASB apresentou concentrações entre 20 mg/L e 100 mg/L. A eficiência obtida nesta Fase foi superior a 90% (Figura 5.37).

Durante as Fases III, IV e VI foram obtidos resultados excelentes de DBOt no efluente final, sempre abaixo de 30 mg/L (Figura 5.36 e Tabela 5.5) e médias muito próximas aos padrões

internacionais da ordem de 25 mg/L.

Até mesmo na Fase VIII, quando o FA foi operado com um TDH de 1,0 hora, foi possível observar uma remoção complementar de DBOt em relação ao reator UASB. As médias obtidas em todo o período foram de 97 mg/L para o reator UASB e de 59 mg/L para o FA (Tabela 5.5).

A eficiência global do sistema UASB/FA variou de 75% a 96%, podendo ser considerados resultados excelentes, mostrando ter havido uma remoção complementar de DBOt, visto que o reator UASB apresentou eficiências entre 58% e 94%.

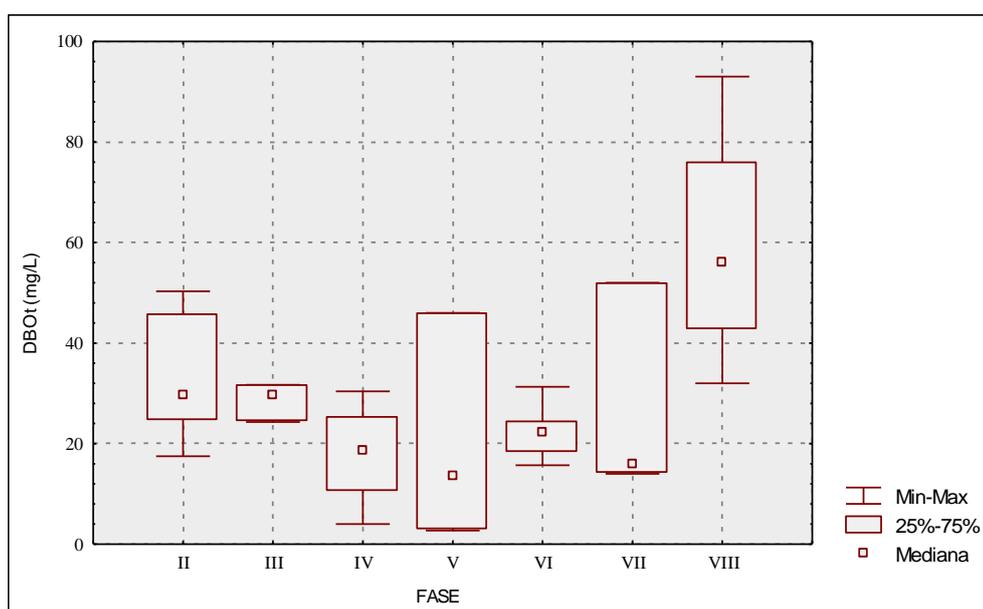


Figura 5.36 - Distribuição DBOt efluente do sistema UASB/FA

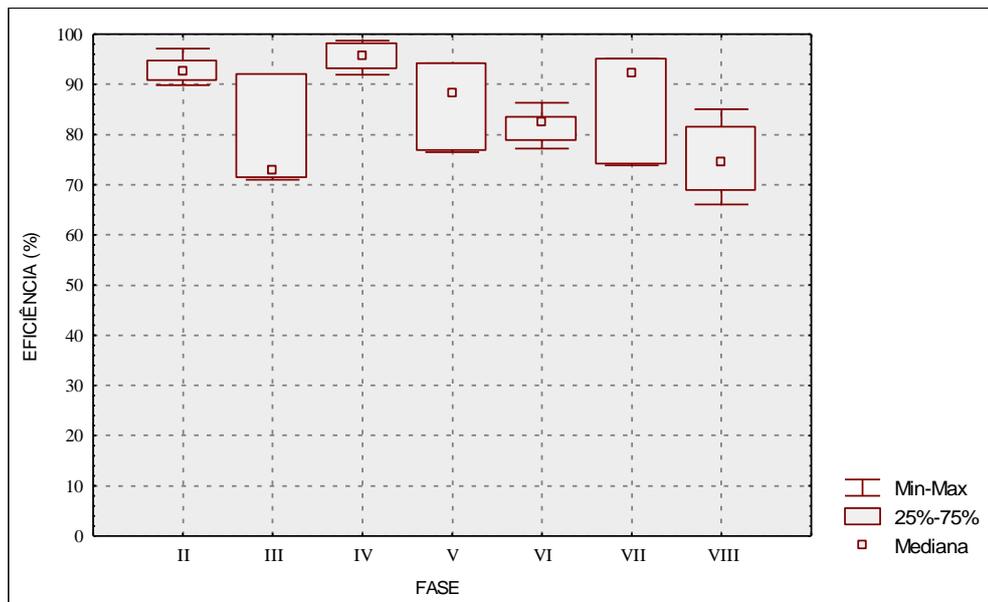


Figura 5.37 - Distribuição eficiência remoção sistema DBOt FA

d) Efluente do sistema UASB/FD

Apesar de ter havido uma maior dispersão dos valores de DBOt efluente do sistema UASB/FD (Figura 5.38), nota-se que os resultados são ainda mais expressivos que os do sistema UASB/FA, uma vez que quase a totalidade deles se encontra abaixo do padrão de lançamento de 60 mg/L. Tal fato confirma-se, ainda, pelas eficiências de remoção que variaram entre 78% e 96% (Figura 5.39)

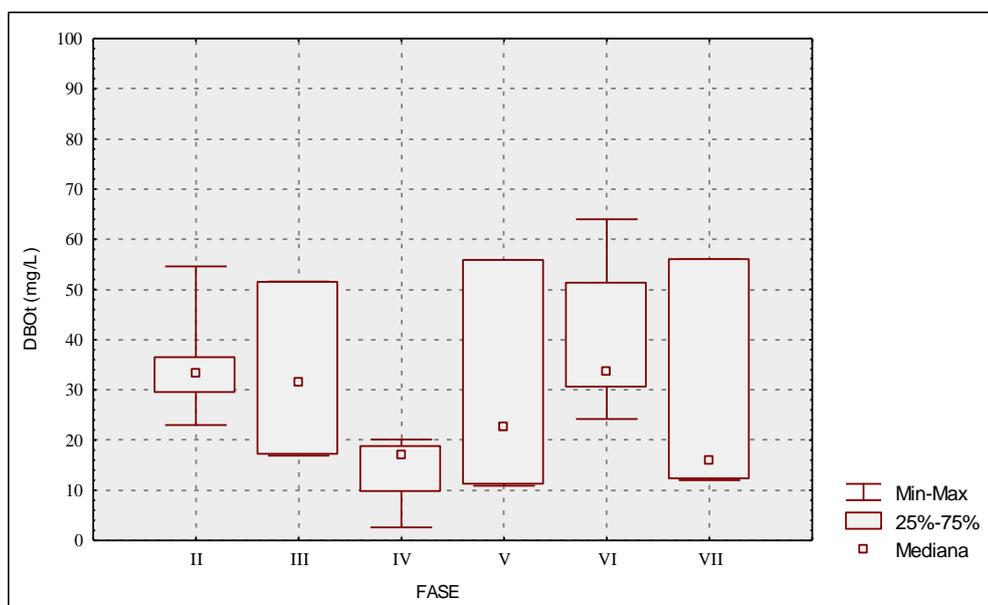


Figura 5.38 - Distribuição DBOt efluente do sistema UASB/FD

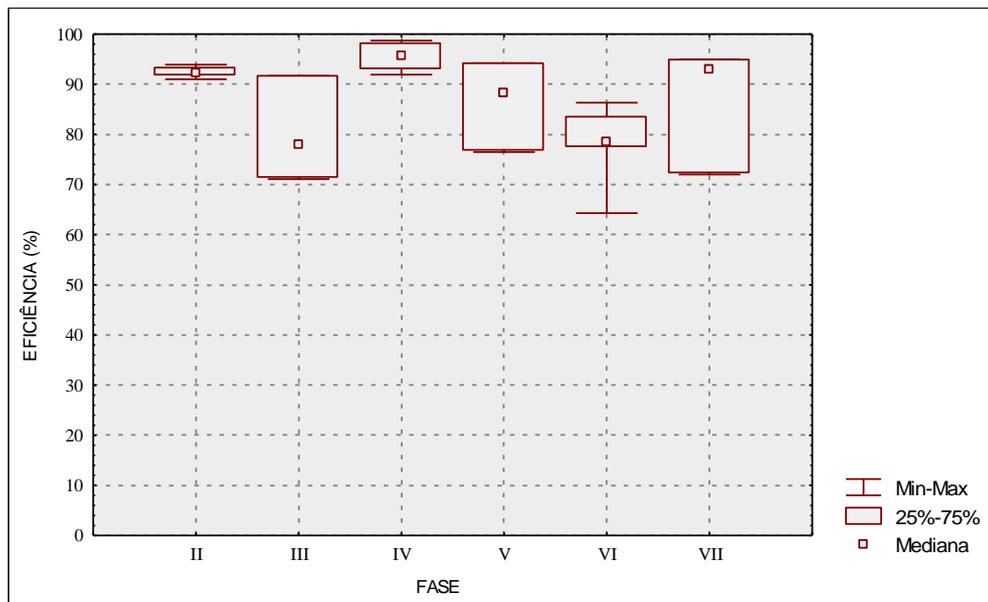


Figura 5.39 - Distribuição eficiência remoção DBOt sistema UASB/FD

Através das Figuras 5.40 e 5.41, observa-se que quase a totalidade da carga orgânica aplicada ao sistema é absorvida pelo reator UASB restando uma parcela muito pequena para os filtros anaeróbios. Ainda assim, nota-se que estes conseguiram desempenhar bem o papel de unidade de polimento, elevando a eficiência global do sistema a níveis bastante satisfatórios. O acréscimo na eficiência global do sistema devido à atuação do FA variou entre 2% e 18% e devido ao FD variou entre 3% e 10% (Tabela 5.6).

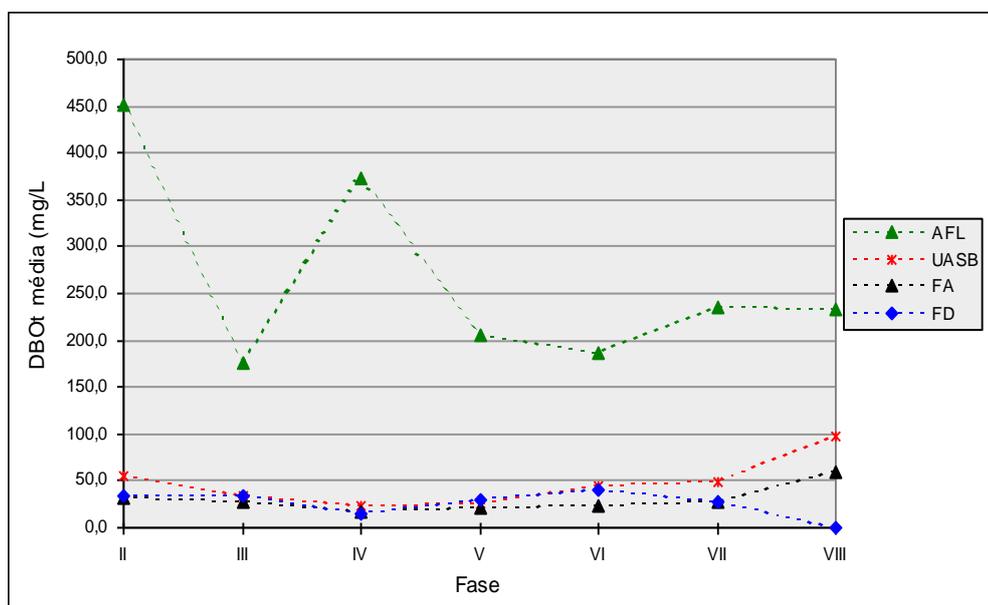


Figura 5.40 - Médias de DBOt do reator UASB, sistemas UASB/FA e UASB/FD

Houve uma alternância de melhores desempenhos em relação aos sistemas UASB/FA e em termos de remoção de DBOt (Figura 5.40), não sendo possível, em princípio, definir a superioridade de um em relação ao outro.

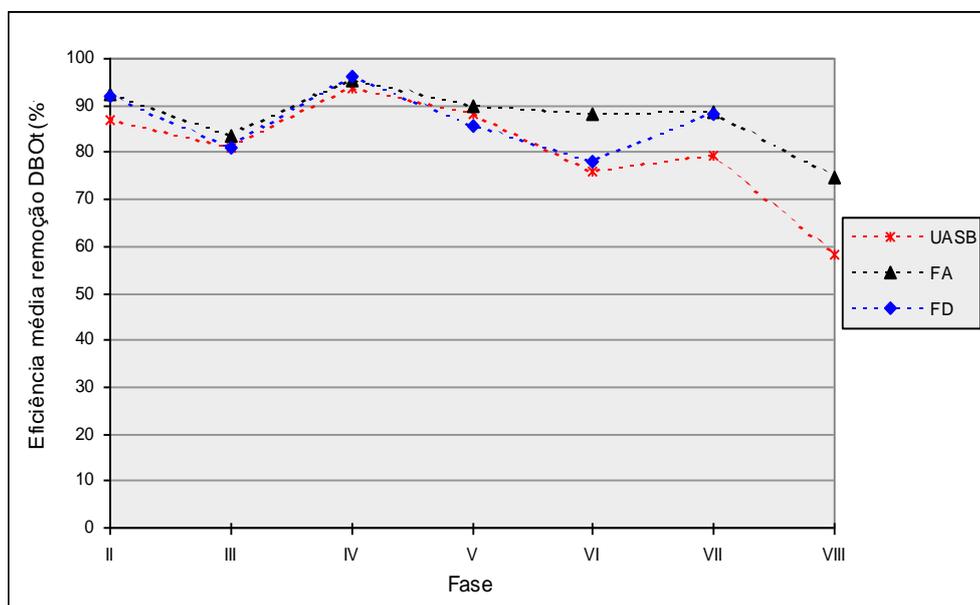


Figura 5.41 - Eficiência média de remoção DBOt do reator UASB e UASB/FA e sistemas UASB/FA e UASB/FD

Parece haver uma deterioração da qualidade do efluente na fase VIII (TDH = 1,0 hora), indicando, possivelmente, que o FA deve ser operado com TDHs superiores a 1,5 - 2,0 horas.

Tabela 5.6 - Eficiências médias de remoção de DBOt dos reatores UASB, FA, FD e dos sistemas UASB/FA e UASB/FD

Fase	Eficiência de Remoção de DBOt				
	UASB	FA	FD	Sistema UASB/FA	Sistema UASB/FD
II	87	43	40	93	92
III	80	15	1	80	80
IV	92	23	39	96	96
V	88	15	-22	86	86
VI	75	50	9	82	78
VII	77	43	42	87	87
VIII	57	39	-	75	-

5.2.2 Resultados de DBO filtrada (DBO f)

a) Esgoto bruto - afluente do reator UASB

A Figura 5.42 mostra que não houve muita variação na concentração DBO filtrada afluente ao reator UASB. As concentrações de DBO_f nas Fases III a VIII variaram entre 60 e 150 mg/L. Na Fase II a variação foi mais pronunciada entre, entre 100 e 230 mg/L, provavelmente devido à sistemática de amostragem simples realizada até o dia 81. A relação DBO_f/DBO_t variou entre 0,35 e 0,66 em todas as Fases exceto na Fase IV, em que a relação foi de 0,28. Isso significa que durante essa Fase mais de 70% da matéria orgânica afluente estava sob a forma particulada, indicando uma significativa participação dos SS na DBO nesta Fase.

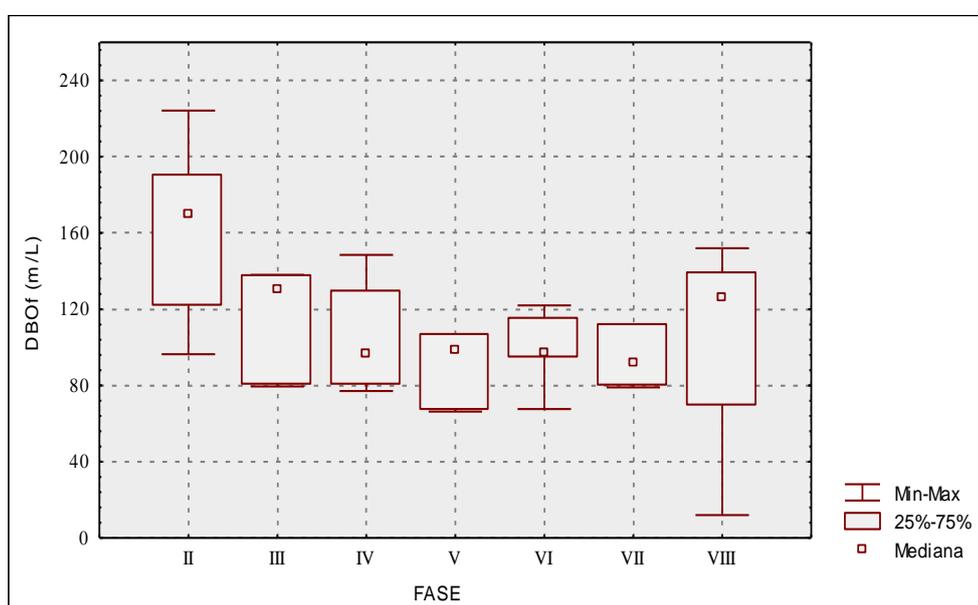


Figura 5.42 - Distribuição DBO_f afluente do reator UASB

b) Efluente do reator UASB

A DBO_f no efluente do reator UASB variou de 5 a 40 mg/L nas Fases III à VIII e a eficiência de remoção esteve compreendida entre 68% e 95%. Na Fase II a variação foi maior (entre 8 e 52%), possivelmente devido ao tipo de amostragem utilizado. Ainda assim, a eficiência de remoção manteve-se bastante elevada, entre 77% e 95%, demonstrando a importância dos mecanismos biológicos na conversão da matéria orgânica solúvel (Figuras 5.43 e 5.44).

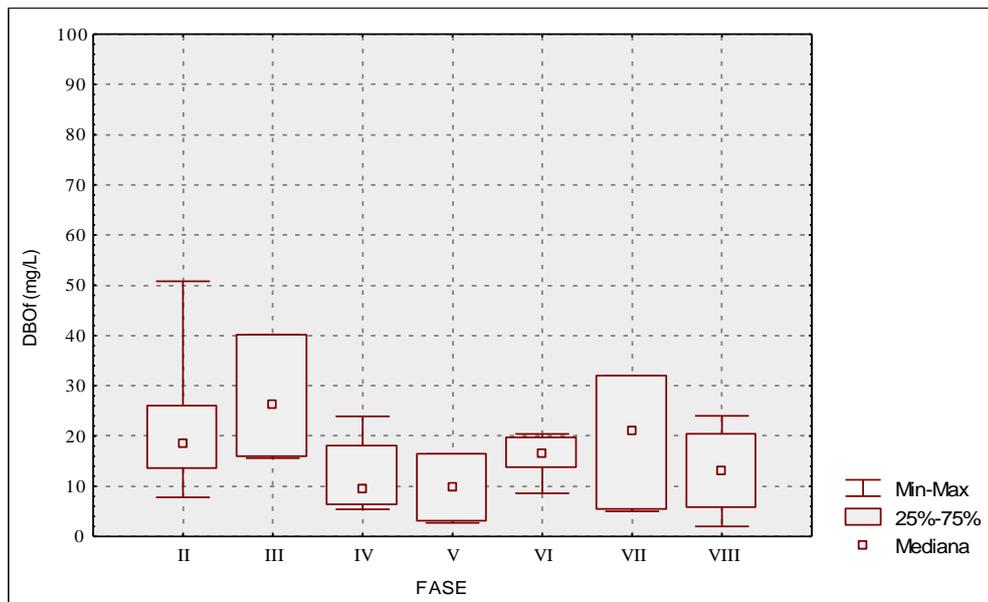


Figura 5.43 - Distribuição DBO filtrada efluente do reator UASB

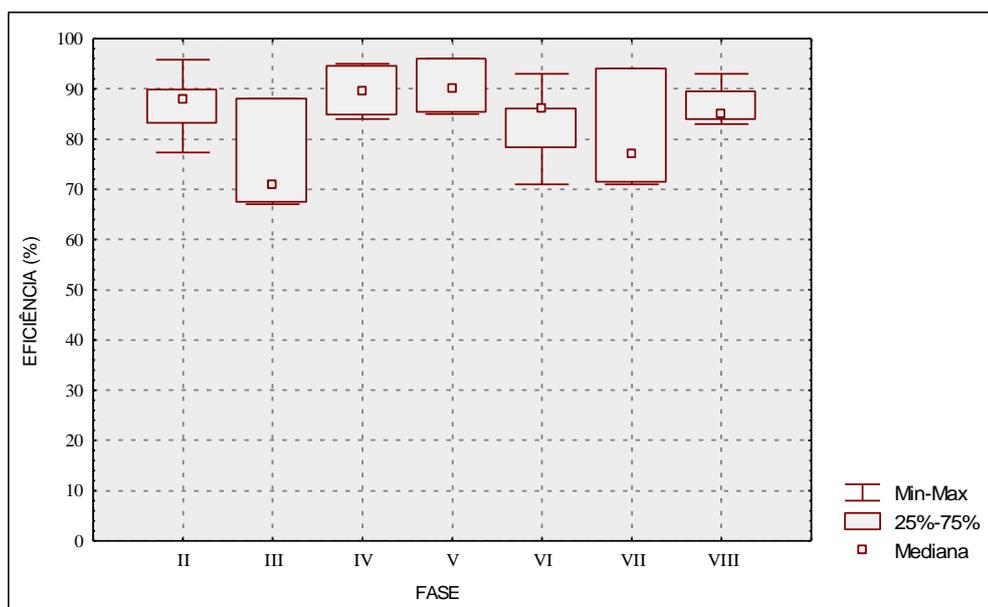


Figura 5.44 - Distribuição eficiência remoção DBO do reator UASB

c) Efluente do sistema UASB/FA

O efluente do sistema UASB/FA apresentou, sistematicamente, baixíssimas concentrações de DBO_f, com a quase totalidade dos resultados situados abaixo de 28 mg/L, demonstrando o elevado grau de mineralização do efluente. Apenas na Fase II foram obtidos, alguns resultados de DBO_f ligeiramente superiores aos das demais fases, mas, ainda assim inferiores a 40 mg/L. Novamente foi comprovada a capacidade do FA na remoção complementar de

matéria orgânica solúvel, apesar das baixas concentrações efluentes do reator UASB (FIG 5.45). A eficiência global esteve compreendida entre 77% e 99% (exceto na Fase III, que variou entre 64% e 92) (Figura 5.46).

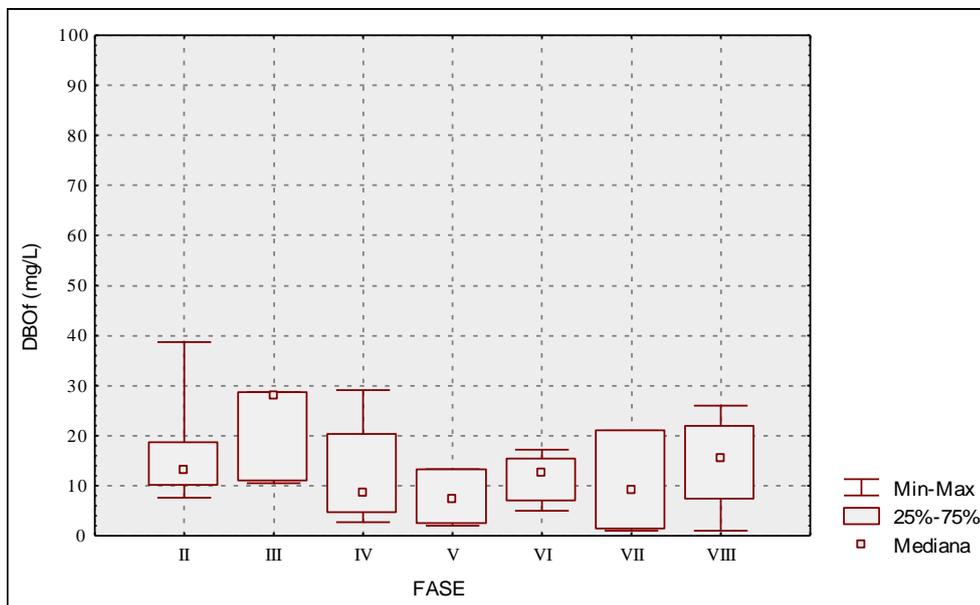


Figura 5.45 - Distribuição DBOf efluente do sistema UASB/FA

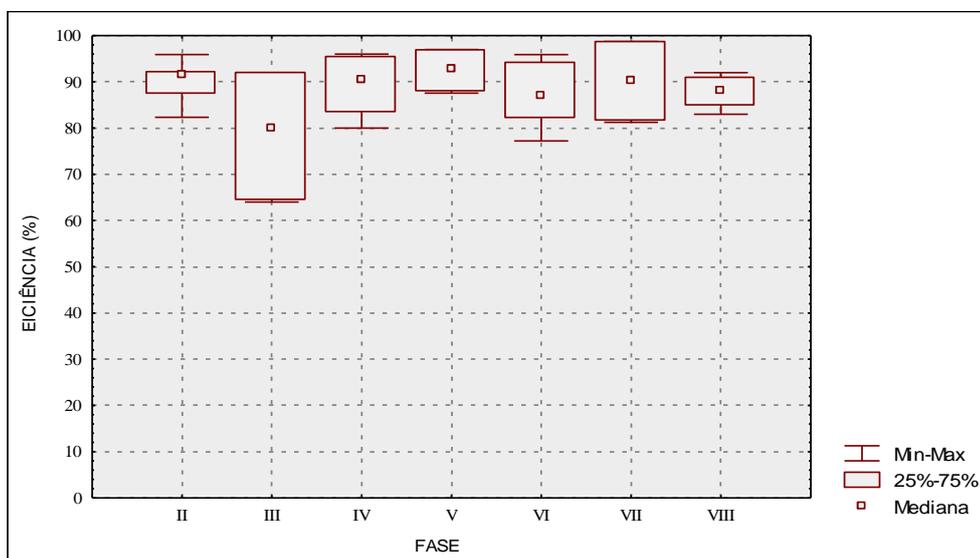


Figura 5.46 - Distribuição eficiência remoção DBOf do sistema UASB/FA

d) Efluente do sistema UASB/FD

Similarmente ao sistema UASB/FA, o efluente do sistema UASB/FD também apresentou concentrações muito baixas de DBO_f, com a totalidade dos resultados abaixo de 40 mg/L, sendo que, apenas nas fases III e IV alguns valores mostraram-se acima de 30 mg/L (Figuras 5.47 e 5.48).

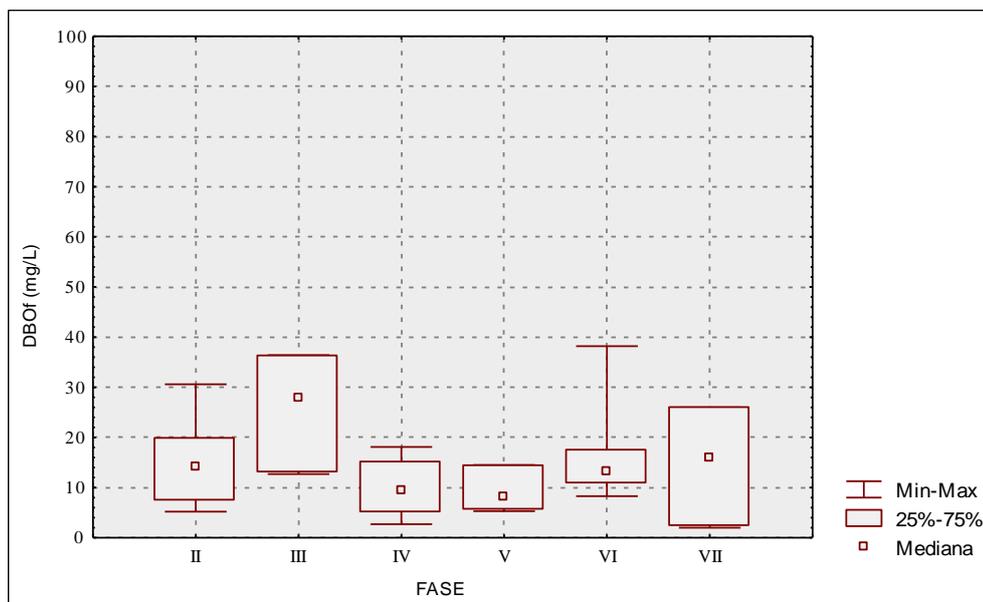


Figura 5.47 - Distribuição DBO_f efluente do sistema UASB/FD

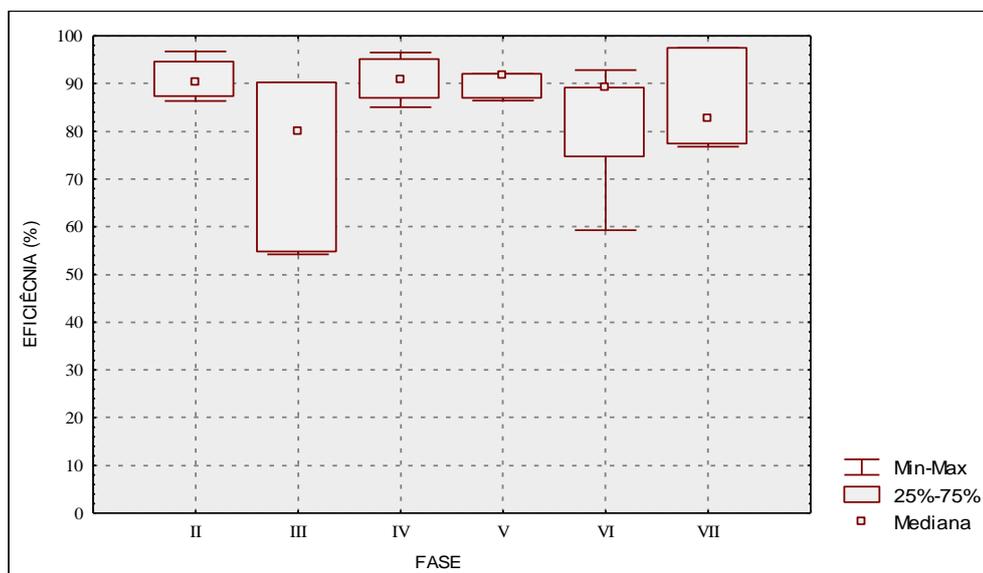


Figura 5.48 - Distribuição eficiência remoção DBO_f do sistema UASB/FD

Confirmou-se, mais uma vez, o elevado grau de mineralização do efluente final e a

capacidade do FD na remoção complementar de DQO solúvel. Nota-se que na configuração do filtro descendente atuam quase que exclusivamente os mecanismos biológicos de remoção de matéria orgânica, através da ocorrência de biomassa predominantemente na forma de biofilme (veja discussão item 5.7).

Observa-se através das Figuras 5.49 e 5.50 que a maior parte da carga orgânica é removida no reator UASB. Todavia apesar do baixo residual de matéria orgânica afluyente às unidades de polimento final, verifica-se que tanto o FA quanto o FD promoveram uma remoção adicional de DBO_f. Os valores médios obtidos em cada fase são bastante reduzidos, confirmando o elevado grau de mineralização do efluente final e a excelência dos resultados obtidos. Comparativamente, os resultados obtidos com o sistema UASB/FA são ligeiramente melhores que os do sistema UASB/FD. Similarmente ao observado para a DBO total, parece que os filtros anaeróbios não comportam reduções adicionais do TDH, tendo como limite valores da ordem de 2,0 - 1,5 horas (Fases VI e VII), respectivamente.

Embora tenha havido uma pequena remoção complementar em todas as Fases (Figura 5.53), podemos verificar, de acordo com a Figura 5.52, que o desempenho do FD foi ligeiramente inferior ao do FA.

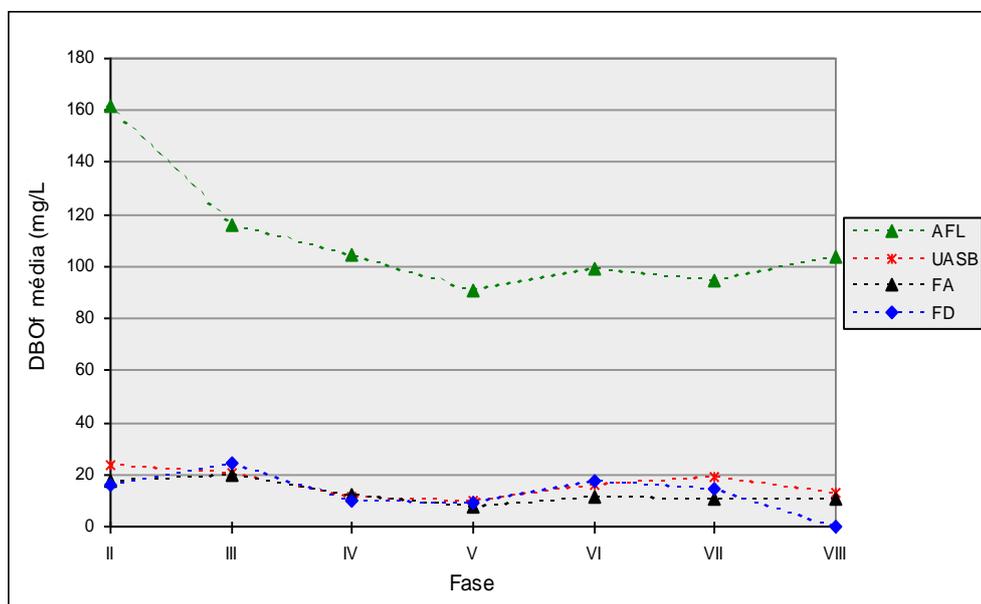


Figura 5.49 - Médias de DBO_f afluyente e efluente do reator UASB - FA - FD

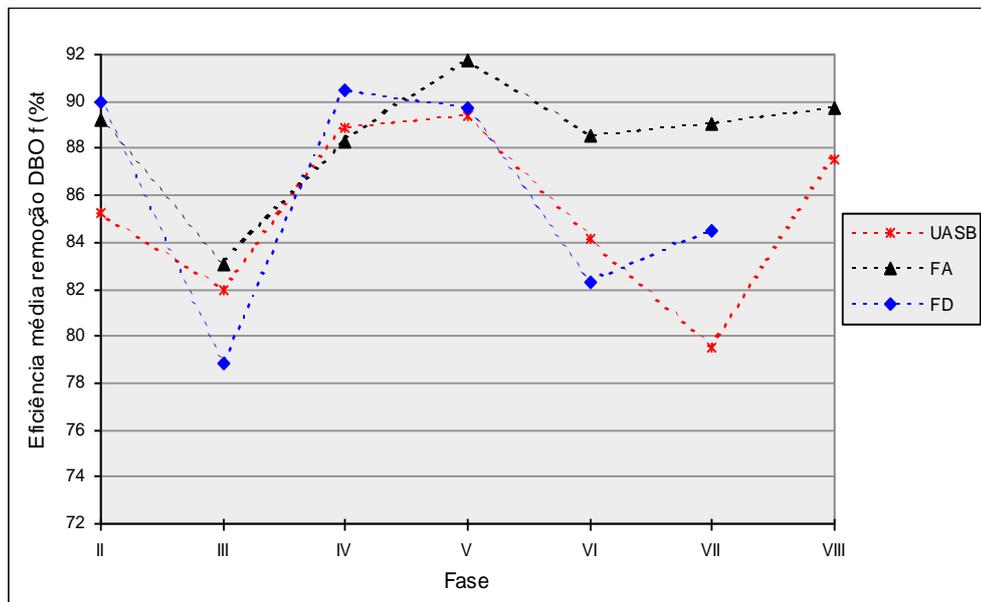


Figura 5.50 - Eficiência média de remoção DBO_f do reator UASB e sistemas UASB/FA e UASB/FD

5.3 Resultados de sólidos suspensos.

Os resultados de sólidos suspensos obtidos durante o período experimental são apresentados na Tabela 8.1 (Anexo I) e nas Figuras 9.11 e 9.12 (Anexo 2). Um resumo dos resultados médios de SST e SSV, para as diversas fases operacionais, é apresentado na Tabela 5.7. Foram elaborados gráficos tipo Box e Whisker e de distribuição de Frequência acumulada dos dados.

a) Esgoto bruto afluente UASB

A concentração de sólidos suspensos afluente do reator UASB apresentou grandes variações (coeficiente de variabilidade acima de 21%), chegando a atingir valores na faixa de 700 mg/L (Figuras 5.51 e 5.52).

Observa-se, novamente, que os valores mais elevados ocorreram durante as Fases I e II, período em que as coletas de amostras não eram compostas em 24h.

Tabela 5.7 - Estatísticas básicas do monitoramento dos reatores UASB - FA - FD

Fase	Amostra	SS			
		N.º Dados	Média (mg/L)	Desvio P.	Coef var.
I	Afluente UASB	3	456	251	0,55
	Efluente UASB	3	24	21	0,88
	Efluente FA	3	15	8	0,54
	Efluente FD	3	14	3	0,25
II	Afluente UASB	45	299	169	0,57
	Efluente UASB	45	30	22	0,73
	Efluente FA	45	19	23	1,22
	Efluente FD	45	29	22	0,75
III	Afluente UASB	14	128	56	0,44
	Efluente UASB	14	16	9	0,57
	Efluente FA	14	10	3	0,27
	Efluente FD	14	21	13	0,60
IV	Afluente UASB	9	125	32	0,26
	Efluente UASB	9	16	7	0,48
	Efluente FA	9	9	7	0,72
	Efluente FD	9	20	16	0,80
V	Afluente UASB	8	120	48	0,40
	Efluente UASB	8	19	11	0,57
	Efluente FA	8	9	2	0,20
	Efluente FD	8	16	7	0,47
VI	Afluente UASB	14	142	88	0,62
	Efluente UASB	14	26	12	0,48
	Efluente FA	14	18	10	0,54
	Efluente FD	9	23	5	0,23
VII	Afluente UASB	9	215	159	0,74
	Efluente UASB	9	40	17	0,41
	Efluente FA	9	37	19	0,52
	Efluente FD	14	51	58	1,13
VIII	Afluente UASB	11	146	31	0,21
	Efluente UASB	11	64	30	0,48
	Efluente FA	11	45	16	0,35
	Efluente FD	-	-	-	-

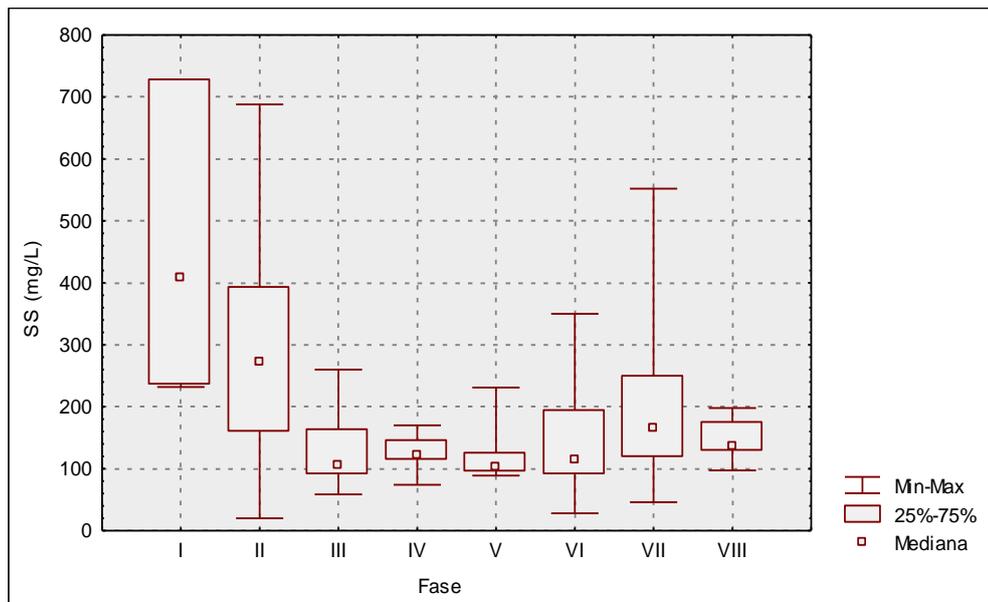


Figura 5.51 - Distribuição SS afluente do reator UASB

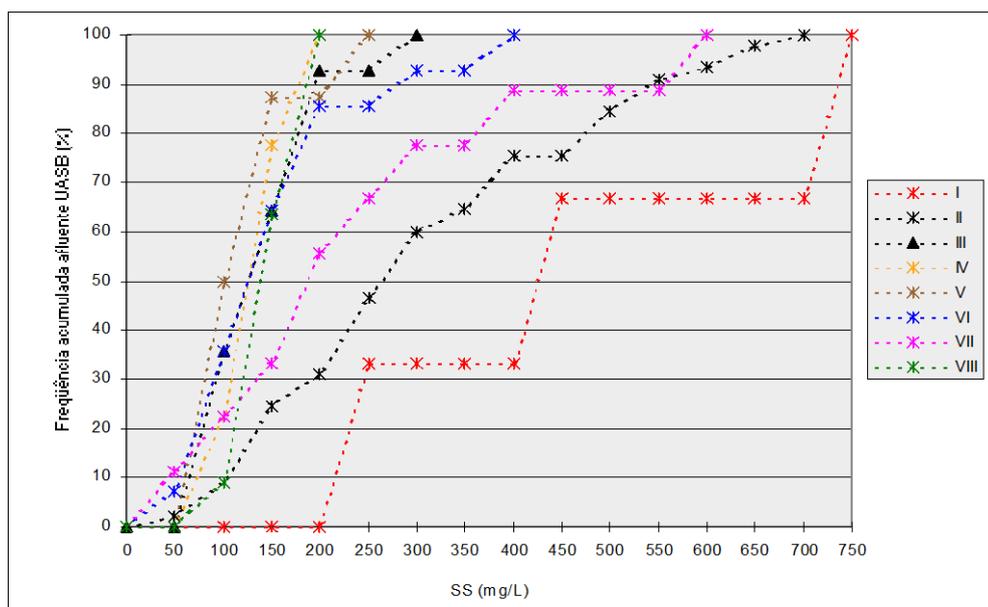


Figura 5.52 - Distribuição de frequência acumulada SS afluente reator UASB

b) Efluente do reator UASB

A DN n°. 010/86 do COPAM preconiza uma concentração média mensal de 60 mg/L. Esse limite foi atendido pelo efluente do reator UASB em mais de 90% dos resultados, exceto durante a Fase VIII (Figuras 5.53 e 5.54). O reator apresentou uma perda maior de sólidos a partir da fase VII possivelmente devido ao acúmulo de biomassa no reator. O reator estava

em um período estacionário, operando com a mesma carga hidráulica há 100 dias. Por outro lado, o leito e a manta de lodo estavam elevados no final desta Fase VII.

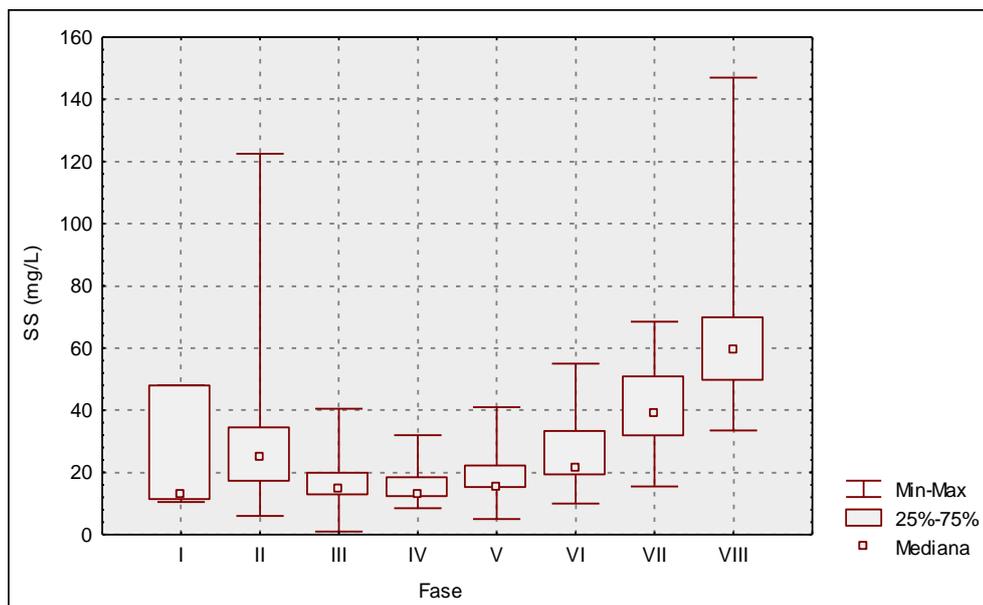


Figura 5.53 - Distribuição SS efluente do reator UASB

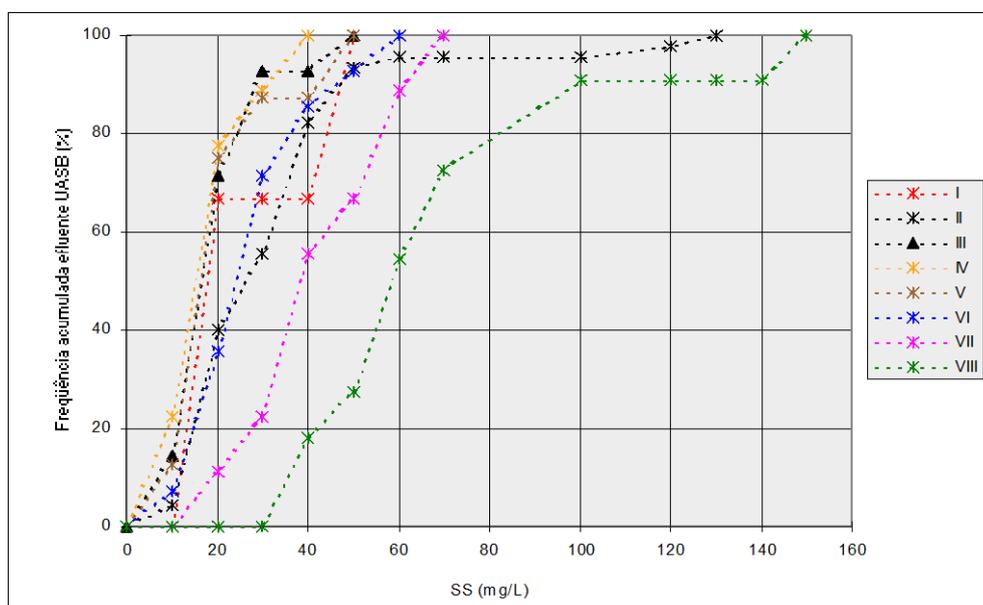


Figura 5.54 - Frequência Acumulada - SS - efluente do reator UASB

C) Efluente do sistema UASB/FA

Embora o efluente do reator UASB tenha apresentado concentrações bastante baixas, um

polimento complementar foi verificado no efluente do sistema UASB/FA, tendo o efluente final apresentado concentrações abaixo de 30 mg/L em mais de 90% dos resultados das Fases I a VII, concentração esta de acordo com os padrões internacionais mais exigentes (Figura 5.55 e 5.56).

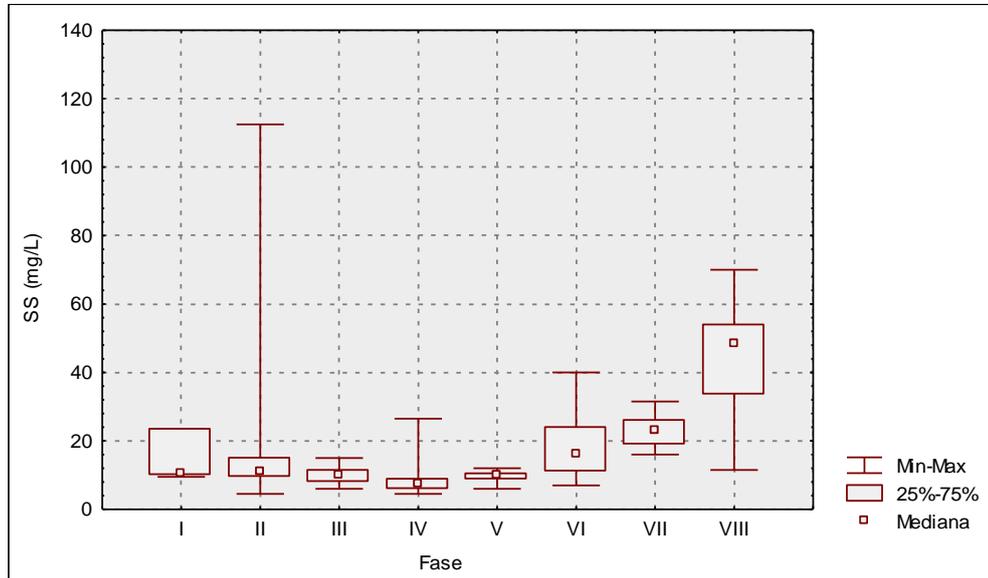


Figura 5.55 - Distribuição SS efluente do sistema UASB/FA

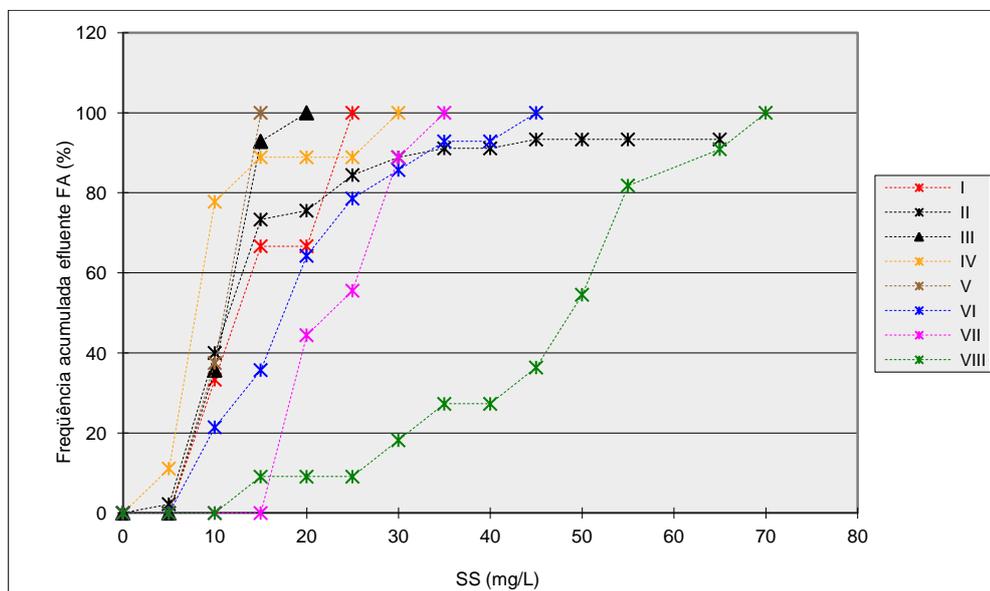


Figura 5.56 - Frequência acumulada - SS do sistema UASB/FA

Na Fase VIII quando (FA foi operado com um TDH de apenas 1,0 hora) o efluente ainda se manteve de acordo com o padrão do COPAM (60 mg/L) em 90% dos resultados, proporcionando o polimento do efluente do reator UASB em condições extremas de carga

hidráulica.

d) Efluente do sistema UASB/FD

O efluente do sistema UASB/FD não apresentou concentrações médias muito inferiores às do efluente do reator UASB, em algumas Fases, chegando mesmo a incorporar sólidos ao efluente final, não ocorrendo portanto um polimento complementar (Figura 5.57 e 5.58). Observou-se uma anormalidade do funcionamento do FD durante a Fase VI quando foi pior que o da Fase VII, além, também do desempenho ter sido pior do que o da Fase VII, sem que haja uma explicação para este fato. A perda anormal de sólidos foi, em um único dia, provocou a elevação da média do período (Tabela 5.7).

Ao compararmos as concentrações médias de sólidos suspensos por Fase do efluente dos Filtros Ascendente FA e Descendente FD (Figura 5.59), verificamos que o FA foi superior ao FD.

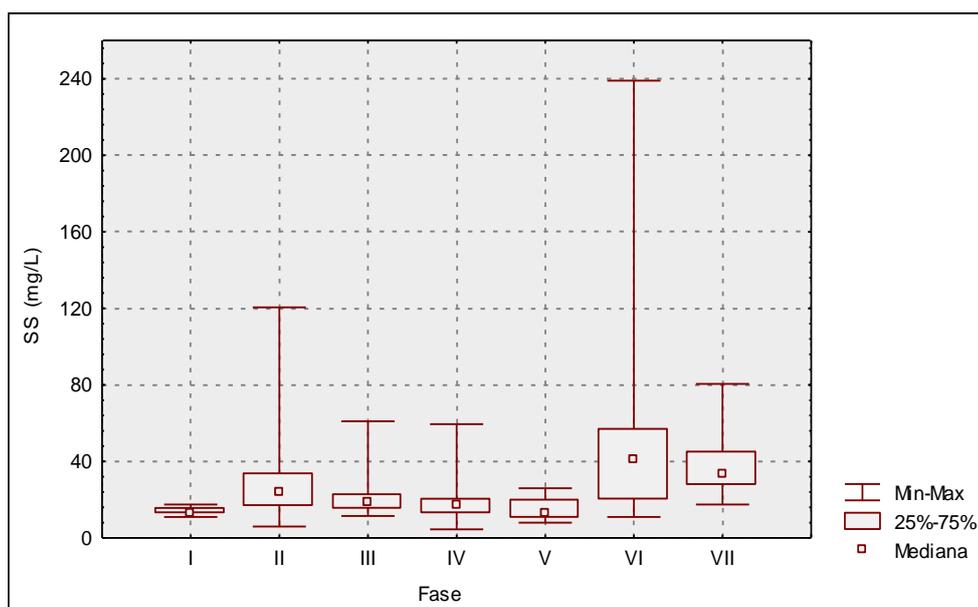


Figura 5.57 - Distribuição SS efluente do sistema UASB/FD

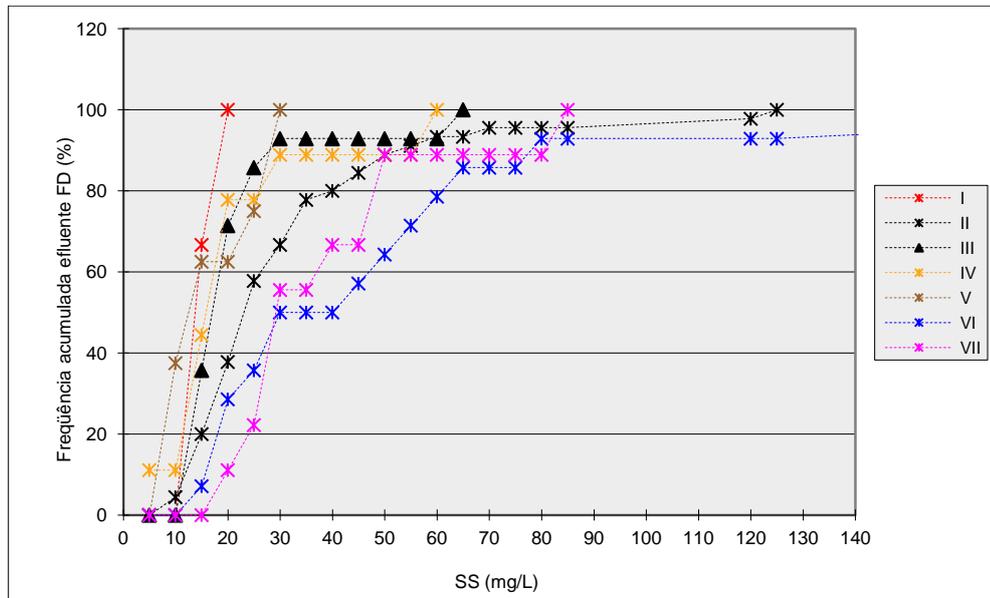


Figura 5.58 - Frequência acumulada - SS - efluente do sistema UASB/FD

Ao compararmos as concentrações médias de sólidos suspensos por Fase do efluente dos Filtros Ascendente FA e Descendente FD (Figura 5.59), verificamos que o FA foi superior ao FD em todas as fases do período experimental.

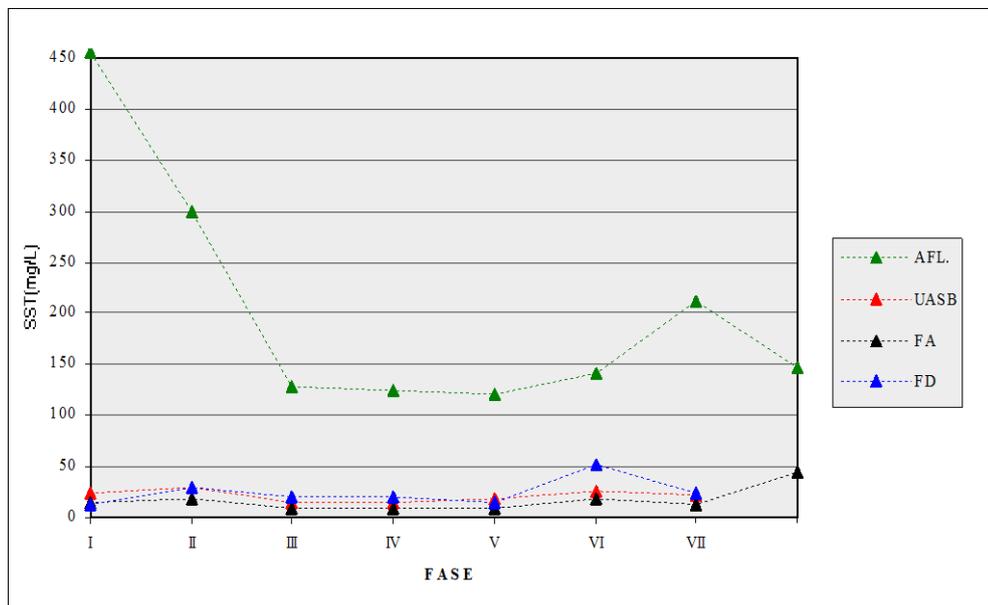


Figura 5.59 - Médias SS afluente do reator UASB, efluente do reator UASB e FA- FD

5.4 Temperatura

É importante um controle rigoroso das condições ambientais na digestão anaeróbia.

Dos fatores ambientais, a temperatura é o que mais afeta o crescimento e a seleção das espécies microbianas.

O valor da temperatura depende do clima na região onde o esgoto é produzido. O ideal seria os reatores anaeróbios serem operados à temperatura ótima, mas de acordo com CHERNICHARO & CAMPOS (1992), talvez seja mais importante a manutenção de uma temperatura uniforme dentro do reator, pois o processo é muito sensível a mudanças bruscas de temperatura.

Observa-se a partir da Figura 6.60, que o padrão de variação da temperatura foi bastante semelhante nos três reatores, acompanhando as variações de temperatura do esgoto bruto. A temperatura média mínima foi de 18° C e a máxima de 26° C, indicando que o reator não foi operado dentro da temperatura ótima (acima de 30° C), no entanto, não foram verificadas alterações bruscas de temperatura (em todo o período operacional não foram observadas variações superiores a 2,5° C ao mês).

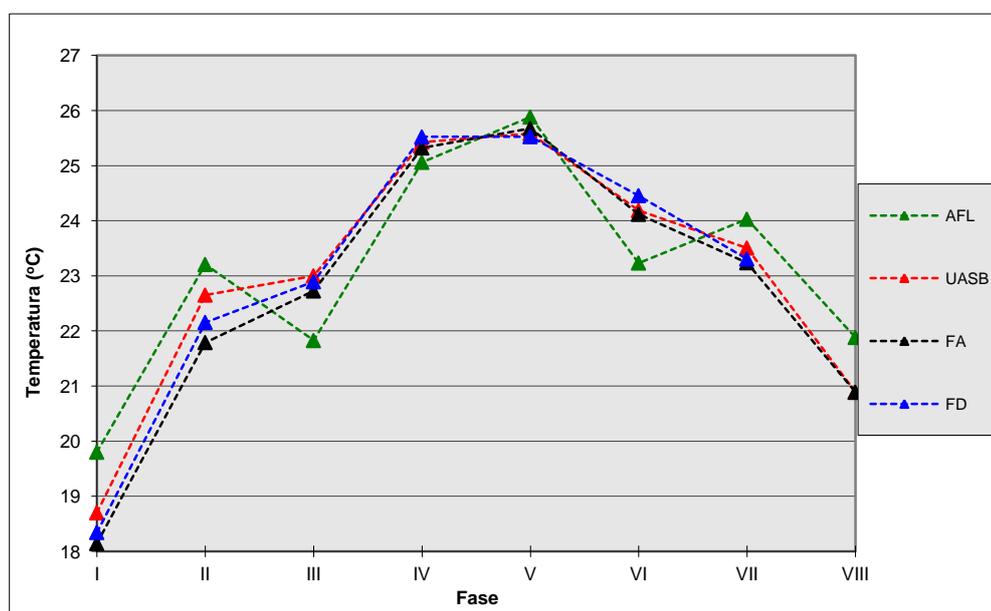


Figura 5.60 - Temperatura média dos afluentes e efluentes do reator UASB e dos FA e FD

5.5 Resultados De pH, alcalinidade e ácidos voláteis

Estes três fatores ambientais estão intimamente relacionados entre si, sendo igualmente importantes para o controle e a operação adequada dos processos anaeróbios.

Pode se conseguir estabilidade na formação de metano numa faixa mais ampla de pH entre 6,0 e 8,0 e valores de pH fora desta faixa devem ser evitados.

Pode-se observar pela Figura 5.61 que os valores de pH dos efluentes dos reatores se mantiveram sistematicamente acima do pH do esgoto afluente, demonstrando a capacidade de tamponamento dos sistemas anaeróbios pela produção de alcalinidade.

O pH do afluente apresentou valores médios bastante atípicos (baixos) durante as Fases III a VI, na faixa de 6,1 a 6,4. Nestas fases, que coincidem com o verão, a temperatura média por Fase foi elevada e seria natural uma elevação do pH como consequência da baixa solubilidade dos gases, tendo acontecido exatamente o contrário. Talvez algum dos fatos seguintes justifiquem esta queda de pH, ou talvez ambos.

- Essas Fases aconteceram em períodos chuvosos (Figura 9.2 Anexo 2) e conforme constatado nos resultados de DQO e DBO, deve ter havido um aumento do coeficiente de infiltração nas redes neste período. De acordo com FIGUERÊDO (1994) o pH da chuva medido na Região Metropolitana de Belo Horizonte, no período de 10/93 a 02/94, foi estatisticamente menor em períodos de chuvas diárias sequenciais e, também em dias de maiores volumes de precipitação. Se a acidez na chuva aconteceu também durante esta pesquisa, esta pode ser uma explicação para redução do pH afluente nas Fases citadas.
- Outra justificativa seria a substituição do pHmetro utilizado na pesquisa, o que coincide aproximadamente com o período de declínio de pH. Embora o novo equipamento tenha apresentado calibração normal, não se pode descartar a hipótese de terem sido obtidas leituras errôneas.

O pH do efluente do reator UASB variou entre 6,3 e 6,8, estando dentro dos limites de lançamento que indica um pH padrão entre 6,5 e 8,5 (+/- 0,5). Os pHs médios do efluente do sistema UASB/FA variaram entre 6,5 e 7,2 e do FD entre 6,3 e 6,9. Os pHs do efluente do reator UASB e dos FA e FD estiveram de acordo com o padrão de lançamento, e, embora em algumas Fases não estivessem dentro da faixa ótima para a digestão anaeróbia, não chegaram

a afetar a eficiência do sistemas.

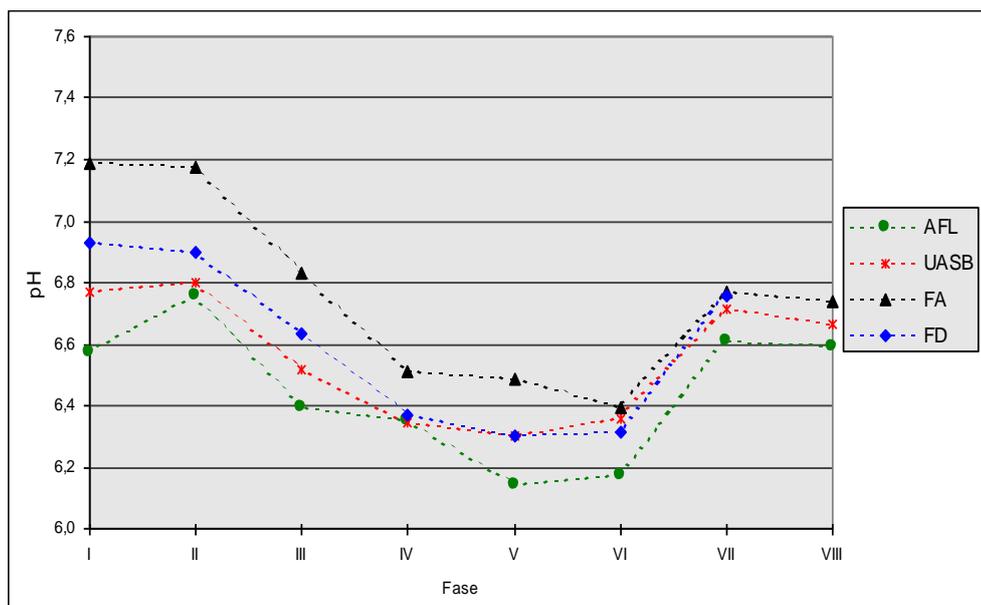


Figura 5.61 - pH médio dos afluentes e efluentes do reator UASB e dos FA e FD

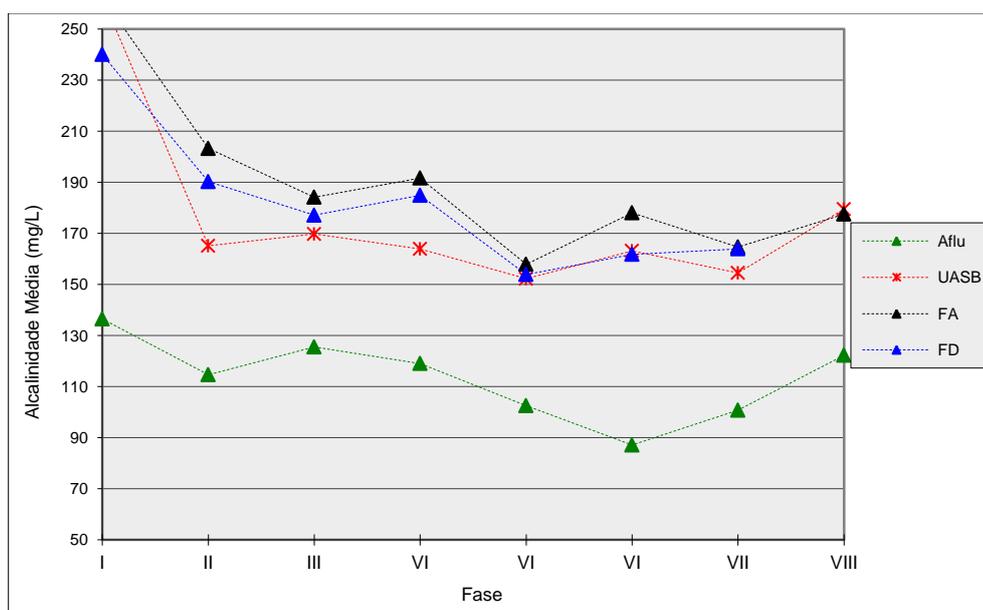


Figura 5.62 - Alcalinidade Média dos afluentes e efluentes do reator UASB e FA/FD

A interação entre a alcalinidade e os ácidos voláteis durante a digestão anaeróbia fundamenta-se na capacidade da alcalinidade do sistema em neutralizar os ácidos formados no processo e, também, em tamponar o pH na eventualidade de acumulação dos ácidos voláteis. A alcalinidade na digestão anaeróbia é devido principalmente, à presença de sais de bicarbonato,

e sais de ácidos voláteis. Se a quantidade de ácidos voláteis é pequena, a alcalinidade total é praticamente igual à alcalinidade bicarbonato.

A concentração da alcalinidade efluente apresentou-se sistematicamente acima da afluente conforme Figura 5.61, demonstrando a capacidade do sistema em gerar alcalinidade a partir do esgoto afluente.

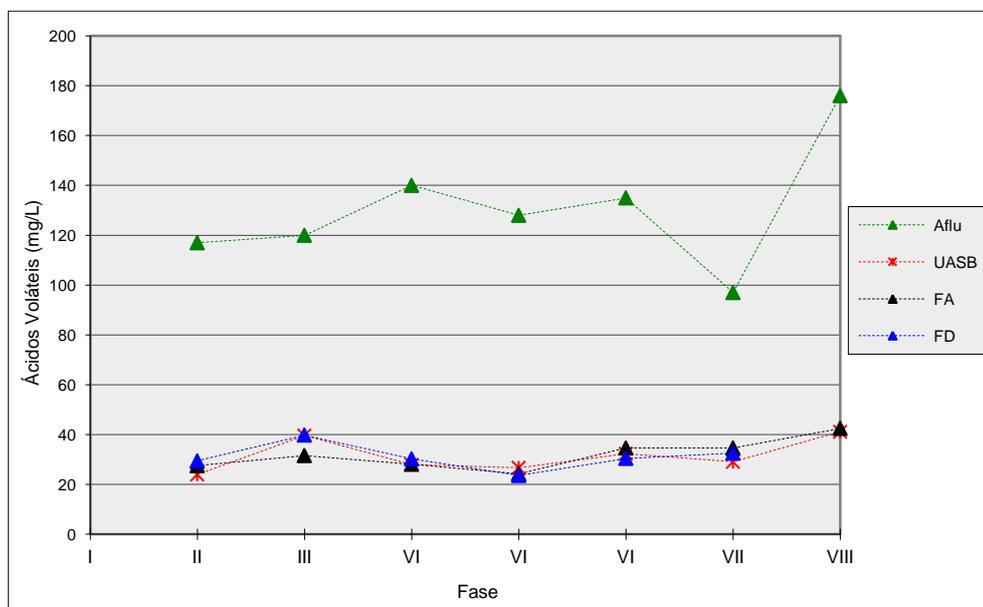


Figura 5.63 - Média de ácidos voláteis dos afluente e efluente do UASB - FA – FD

DALTON apud CARVALHO (1994) verificou, em estudos desenvolvidos com filtros anaeróbios tratando esgoto sanitário, que concentrações de ácidos voláteis próximas a 50 mg/L não comprometeram o tamponamento do sistema. As médias de ácidos voláteis (Figura 5.63) verificadas em todas as Fases da pesquisa nos efluentes do UASB e dos FA e FD foram inferiores a 40mg/L.

5.6 Produção de gases

Segundo VAN HAANDEL & LETTINGA (1994), o desprendimento de biogás num reator anaeróbio, tratando esgotos sanitários, é relativamente pequeno, devido à baixa concentração de material biodegradável e porque uma parte considerável do biogás permanece dissolvida na fase líquida.

O metano tem sido identificado como principal componente dos gases produzidos durante os processos de digestão anaeróbia, alcançando normalmente 50 a 75% de sua composição. O

restante é constituído, principalmente, por gás carbônico e, eventualmente, por pequenos percentuais de gás sulfídrico e traços de N_2 e H_2 (SOUZA, 1982).

A composição do gás produzido depende do estado de oxidação do carbono na matéria orgânica, do grau de saturação do gás carbônico no meio líquido e da concentração de nitrogênio presente na matéria orgânica (durante a decomposição dos compostos nitrogenados ocorre liberação de amônia).

No presente trabalho, buscou-se determinar a produção de biogás a fim de se avaliar o comportamento dos reatores e de se estabelecer algumas correlações com a carga de DQO removida no sistema. Para tanto, foram instalados medidores de gás em cada uma das três unidades, a partir da Fase II do período experimental. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 8.1 do Anexo 1.

Para efeito de se determinar as taxas de produção de metano, por massa de DQO removida em cada reator, considerou-se um teor de 75% de metano no biogás. Os resultados obtidos são apresentados no Tabela 5.8 e Figura 5.64.

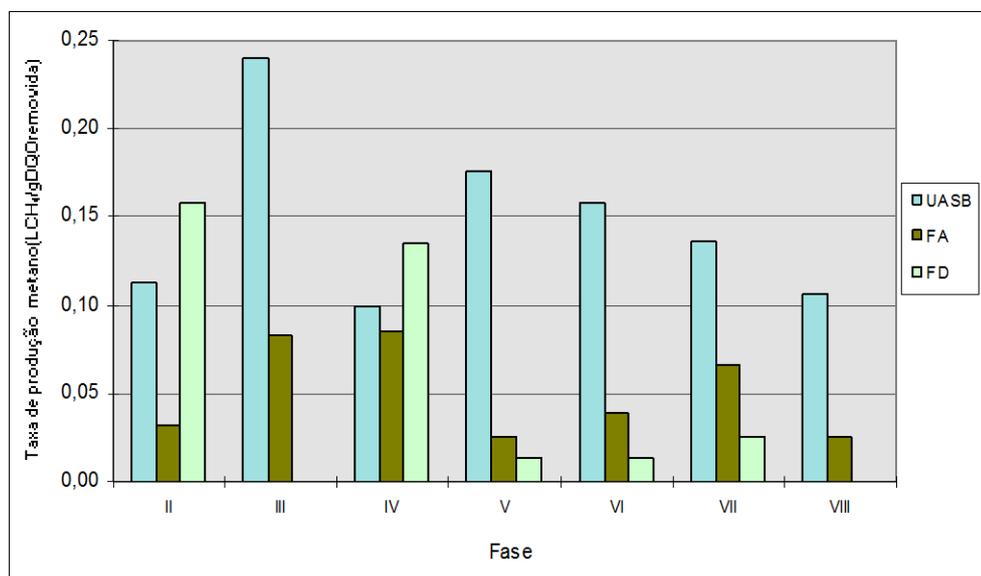


Figura 5.64 - Taxa de produção de metano nos reatores UASB, FA, FD

Observa-se através da análise da Figura 5.64, que as taxas de produção de metano variaram bastante ao longo do período experimental, principalmente para os filtros anaeróbios. As taxas de produção calculadas ficaram bem abaixo das taxas de produção teóricas, que são em torno de 0,40 LCH₄/g DQOremovida, demonstrando que uma parcela significativa da DQO é

removida no sistema, sem necessariamente ser convertida em biogás. Alguns aspectos que contribuem para essa diferença entre a produção teórica e a produção medida são:

- Variação de temperatura ao longo das fases, afetando os teores de gases dissolvidos perdidos na fase líquida (efluente final).
- Variações de temperatura, afetando a atividade metanogênica da biomassa e os níveis de conversão de DQO em CH₄ e DQO em novas células (produção de sólidos).
- Vazamentos de gases nas tubulações.
- imprecisão dos medidores de gases, particularmente para baixas taxas de produção (filtros anaeróbios).

As taxas médias de produção de metano e biogás obtidas durante todo o período experimental foram apresentadas na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 - Taxa de produção de biogás e CH₄ nos reatores UASB, FA, FD

Reator	Taxa de produção de CH ₄ (LCH ₄ /gDQO _{remov.})	Taxa de produção de Biogás (Lbiogás/gDQO _{remov.})
UASB	0,15	0,20
FA	0,05	0,07
FD	0,07	0,09

5.7 Produção de sólidos

A partir do lodo coletado ao longo altura do reator UASB, obteve-se o perfil de sólidos. Durante toda a pesquisa foram realizadas 5 coletas, assim distribuídas:

- Início da pesquisa.
- Final da Fase II.
- Final da Fase VII.
- Final da pesquisa.

A avaliação da produção de sólidos no sistema de tratamento foi feita com o objetivo de se estimar as taxas de produção de lodo nos três reatores e o grau de crescimento de biomassa aderida nos filtros anaeróbios. Nesse sentido, o balanço de sólidos nos reatores foi feito com

base no diagrama da Figura 5.65 e nas equações seguintes. Os perfis de sólidos são apresentados na Figura 5.67

onde:

Q_1 = Vazão afluyente ao reator UASB (L/d).

Q_2 = Vazão afluyente ao FA (L/d).

Q_3 = Vazão afluyente ao FD (L/d).

X_o = Concentração SSV no esgoto bruto (gSS/L).

S_o = Concentração DQO no esgoto bruto (gDQO/L).

$X_{e\text{ UASB}}$ = Concentração SSV no efluente do reator UASB (gSS/L).

$X_{e\text{ FA}}$ = Concentração SSV no efluente do FA (gSS/L).

$X_{e\text{ FD}}$ = Concentração SSV no efluente do FD (gSS/L).

$M_{x\text{ UASB}}$ = Massa de SSV no efluente do reator UASB (gSS).

$M_{x\text{ FA}}$ = Massa de SSV no efluente do FA (gSS).

$M_{x\text{ FD}}$ = Massa de SSV no efluente do FD (gSS).

$M_{x_d\text{ UASB}}$ = Massa de SSV descartado do reator UASB (gSS).

$M_{x_d\text{ FA}}$ = Massa de SSV descartado do FA (gSS).

$M_{x_d\text{ FD}}$ = Massa de SSV descartado do FD (gSS).

Produção de Lodo no reator UASB (P_{UASB})

$$P_{\text{UASB}} = M_{x\text{ UASB}} + M_{x_d\text{ UASB}} + Q_1 \times X_{e\text{ UASB}}$$

Lodo excedente produzido no reator UASB ($P_{d\text{ UASB}}$)

$$P_{d\text{ UASB}} = M_{x\text{ UASB}} + M_{x_d\text{ UASB}}$$

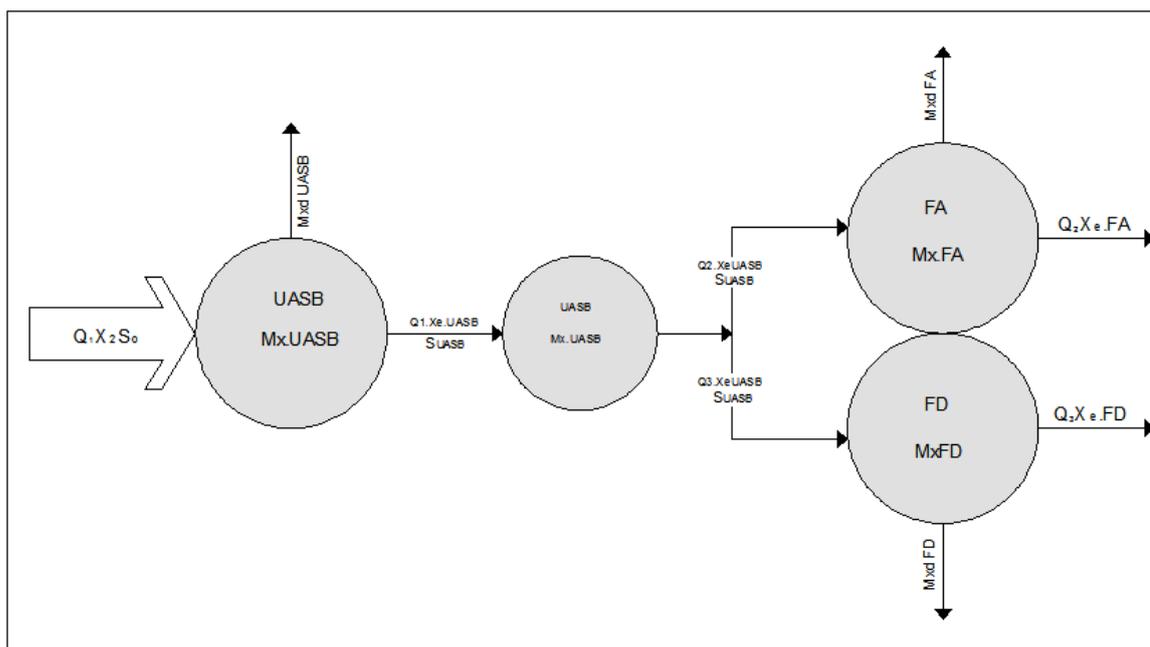


Figura 5.65 - Diagrama do balanço de sólidos no reator UASB e FA, FA e FD

Na Tabela 5.9 são apresentados os principais resultados do balanço de sólidos efetuados.

Tabela 5.9 - Taxa de produção de biomassa nos reatores UASB, FA, FD

Produção	UASB	FA	FD
Biomassa entrando c/ afluente (g SV)	-	4224	2148
Biomassa perdida c/ efluente (g SV)	15.096	2856	2687
Biomassa no reator (g SV)	12.473	2887	1241
Biomassa produzida (g SV)	27569	1519	1780
Carga DQO no período (g DQO)	469.322	22895	13926
Taxa de prod. SV (gSV/gDQOapl.)	0,06	0,07	0,13
Taxa prod. Lodo descartado (gSV/gDQOapl.)	0,02	0,10	0,002
Taxa de prod. SV (gSV/gDQOrem.)	0,07	0,08	0,16
Taxa prod. Lodo descartado (gSV/gDQOrem.)	0,03	0,12	0,003

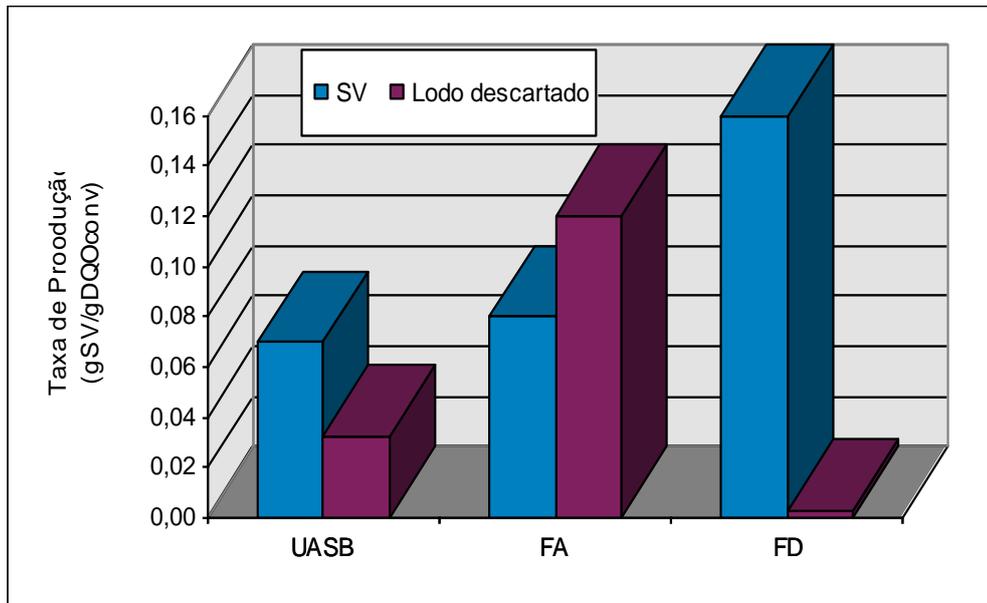


Figura 5.66 - Taxa de produção de sólidos e de lodo

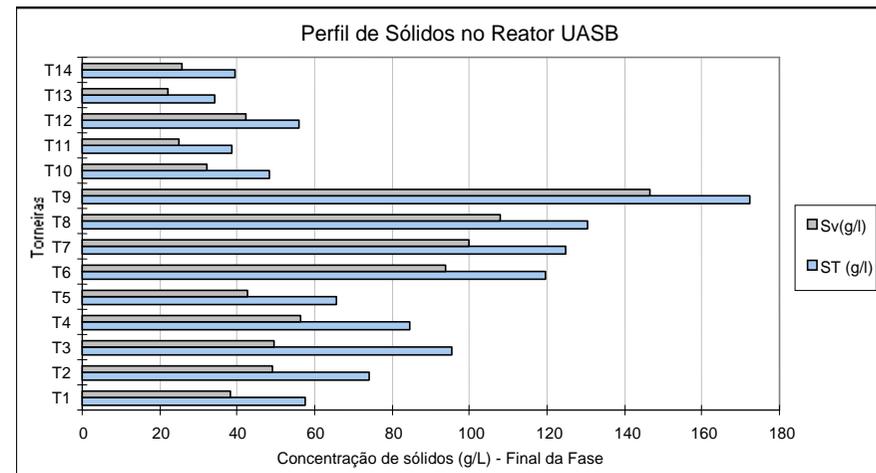
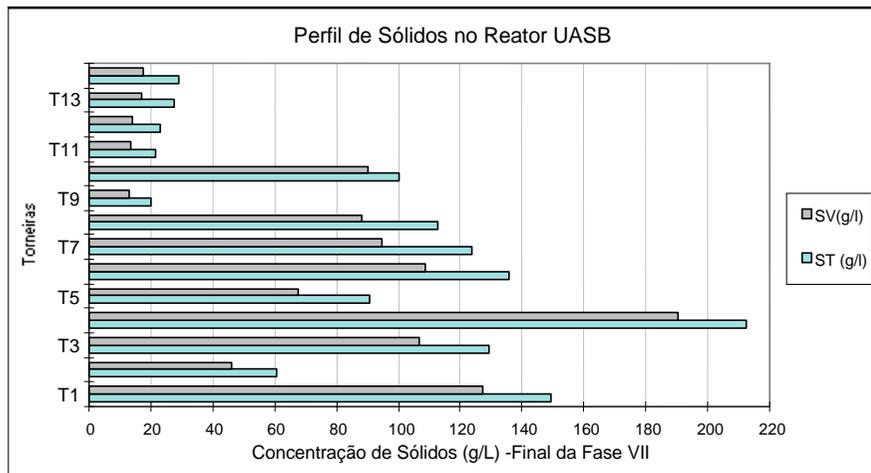
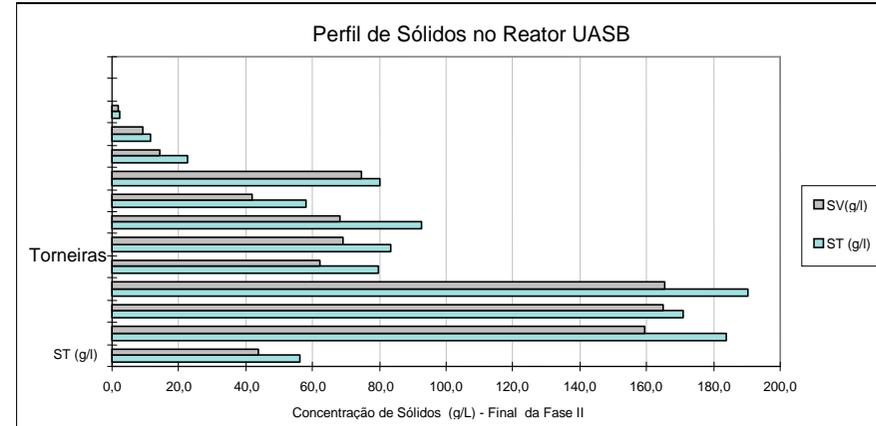
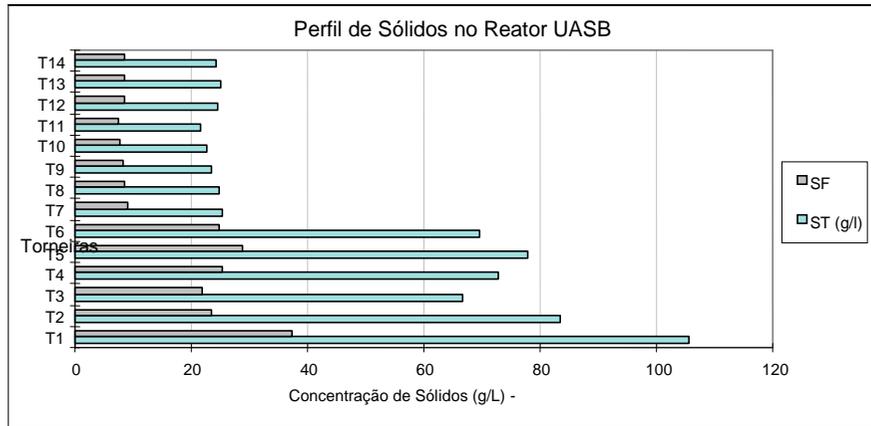


Figura 5.67 - Perfil de sólidos do reator UASB nas fases

5.8 Análise estatística dos dados

Procurando subsidiar a discussão dos resultados, foram realizados estudos de correlação linear entre algumas variáveis e a análise de variância dos resultados da correlação. Na análise de variância, utilizam-se duas hipóteses: uma de aceitação e outra de rejeição (hipótese nula). Quando a hipótese “nula”, de não existência de diferença entre as médias da população de estudo, pode ser rejeitada e o fator de variância computado F excede o valor crítico F_{α} pode se concluir que os dados não fornecem evidências suficientes para explicar o modelo testado. Para se testar a hipótese nula nesse estudo, o fator de variância F foi comparado com seu valor crítico, representado por $f_{0,05}$, que é baseado no critério de decisão com grau de confiança de 95% (Walpole & Myers, 1989). Quanto maior o F em relação ao $f_{0,05}$, maior é a certeza de que as diferenças não são atribuídas ao acaso. Na Figura 5.68 são apresentadas as correlações estatísticas estudadas entre a DQOt, DBOt, SS e oTDH nas fase operacionais (excluindo-se as fases I e II por serem consideradas fases de aclimatação).

Nas correlações estudadas entre o TDH x SS e DBO apresentadas nas Figura 5.68 e 5.69, nota-se que os coeficientes de determinação obtidos não são muito significativos e as diferenças entre o f_c e F significam que estatisticamente não explica a fraca relação entre as variáveis.

A correlação entre o TDH e a DQOt apresentaram valores mais significativos mas também a diferença entre o f_c e F mostram que os modelos testados não podem ser explicados estatisticamente. Embora as correlações obtidas entre a DQO e TDH para os sistemas em estudo tenham apresentado melhores resultados sabe-se que o TDH não é o único responsável pelas eficiências apresentadas pelos sistemas.

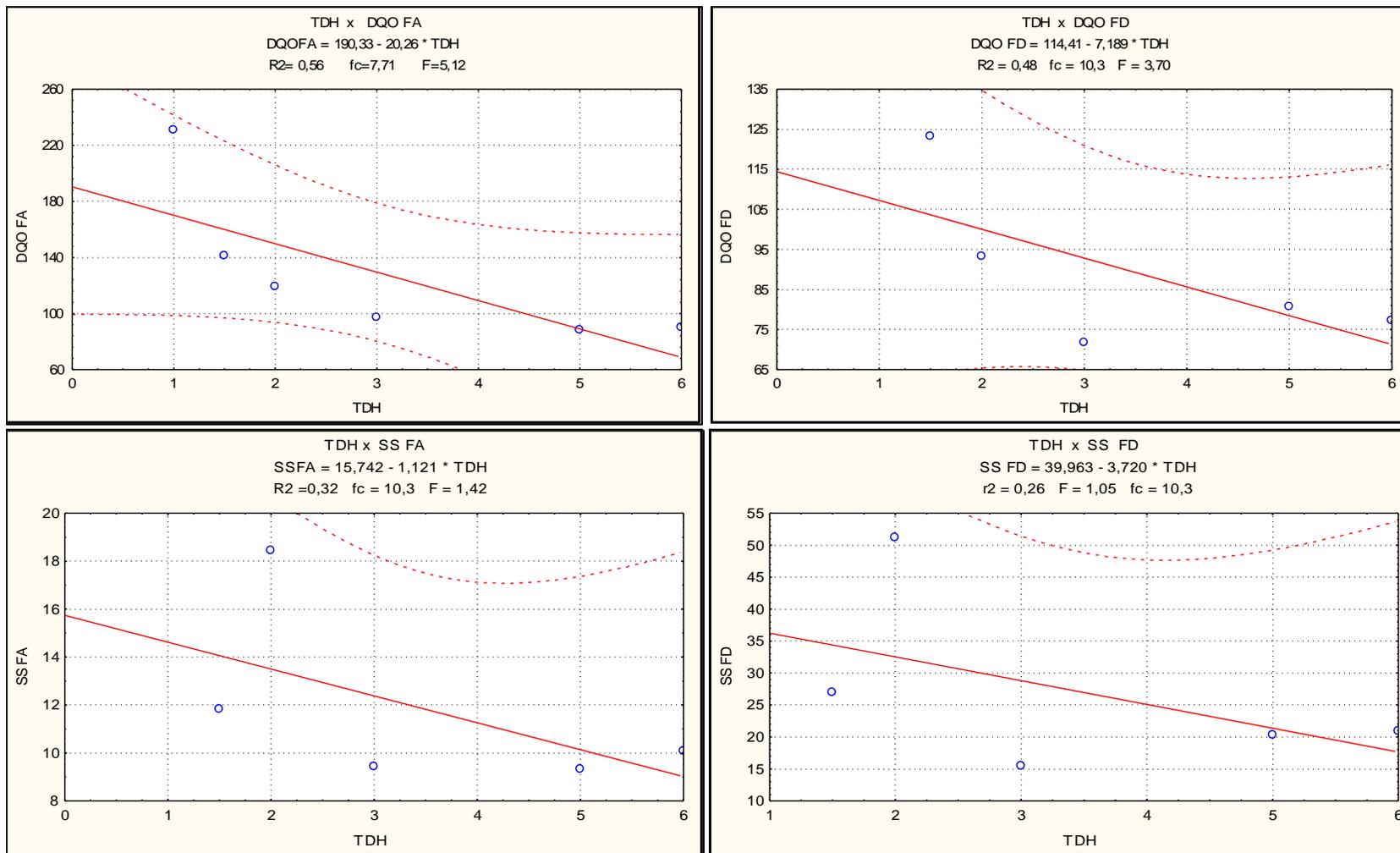


Figura 5.68 - Correlações estatísticas TDH x DQO e TDH x SS

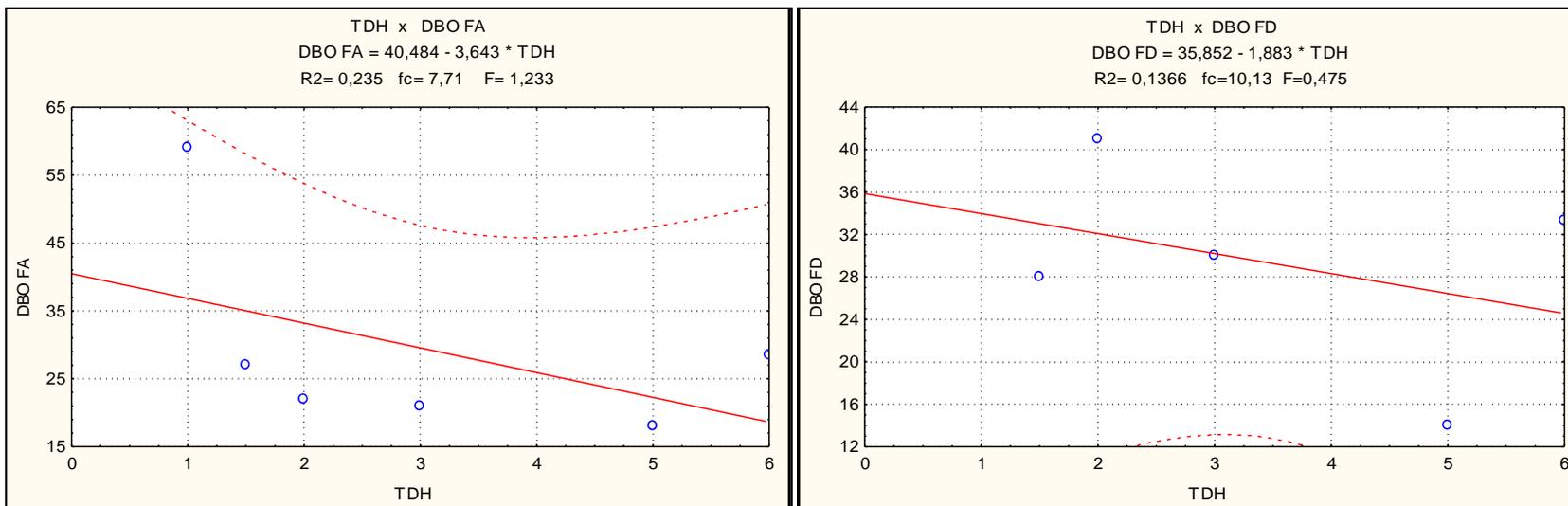


Figura 5.69 - Correlações estatísticas TDH x DBO

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao longo de 339 dias de operação dos reatores piloto, os resultados obtidos demonstraram que os filtros anaeróbios ascendente e descendente podem promover uma remoção complementar de DQO, DBO e SS de efluentes de reatores UASB. Resultados promissores foram obtidos durante todas as fases operacionais, embora as eficiências de remoção tenham caído um pouco a partir da Fase V, devido às elevadas cargas hidráulicas impostas aos filtros anaeróbios e a uma pequena queda de eficiência do reator UASB.

Pelos resultados obtidos, a escória de alto-forno utilizada como meio suporte nos filtros pilotos anaeróbios confirmou a sua aplicabilidade nessa alternativa de tratamento de esgotos. As pedras, que foram retiradas dos filtros em operação, para análise de ST do biofilme anaeróbio, mostraram-se íntegras e com elevada capacidade de fixação do biofilme.

A partir dos resultados obtidos e discutidos nas seções anteriores, podem ser destacados os seguintes resultados globais:

- As eficiências médias de remoção de DQO_t do reator UASB nas oito fases da pesquisa variaram entre 72% - 87%. Para os sistemas UASB/FA e UASB/FD as eficiências médias variaram entre 83% - 91% e entre 82% - 92%, respectivamente. Em decorrência de tais eficiências as concentrações médias, de DQO_t nos efluentes do reator UASB e dos filtros Ascendente e Descendente estiveram compreendidas entre 88mg/L e 231 mg/L, 61 mg/L e 118 mg/L, 73 mg/L e 123 mg/L, respectivamente.
- As eficiências médias de remoção de DBO_t do reator UASB nas oito fases da pesquisa variaram entre 58% - 88%. Para os sistemas UASB/FA e UASB/FD as eficiências médias variaram entre 75% - 95% e entre 78% - 96%, respectivamente. Em decorrência de tais eficiências as concentrações médias, de DBO_t nos efluentes do reator UASB e dos filtros Ascendente e Descendente estiveram compreendidas entre 23mg/L e 97 mg/L, 18 mg/L e 59 mg/L, 14 mg/L e 133 mg/L, respectivamente.
- Em termos de DQO e DBO filtrada, também foi observada uma remoção complementar, indicando a ocorrência de atividade biológica nos filtros anaeróbios. As eficiências médias de remoção de DQO_f e DBO_f no reator UASB variaram, respectivamente, entre 70% - 83%, 80% - 89%. As eficiência médias de remoção de DQO_f e DBO_f do sistemas

UASB/FA variaram, respectivamente, entre 73% - 88%, 83% - 92% enquanto no sistema UASB/FD estas variaram, entre 74% - 87%, 82% - 90%.

- Resultados excelentes foram obtidos em termos de concentração de sólidos suspensos no efluente final, com médias variando, no sistema UASB/FA, entre 9 a 19 mg/L (excluindo a Fase VIII), e entre 14 - 29 mg/L (excluindo a Fase VI) para o sistema UASB/FD.

Embora os filtros ascendente e descendente tenham apresentado resultados similares em termos de remoção de DQO e DBO, sendo capazes de produzir efluentes de elevada qualidade, foi possível observar que a performance do filtro ascendente foi ligeiramente superior à do filtro descendente. Considerando-se que a configuração descendente inclui uma linha de recirculação, impondo um custo adicional ao sistema, pode-se concluir que o Filtro Anaeróbio Ascendente é uma melhor opção para o polimento de efluentes de reatores UASB tratando esgotos sanitários.

Os resultados obtidos demonstram a aplicabilidade do sistema UASB/FA para o tratamento de esgotos sanitários, até mesmo em situações desfavoráveis, quando o efluente do reator UASB apresentava concentrações muito baixas em termos de DQO, DBO e SS. Esta pode tornar-se uma alternativa promissora para o tratamento de esgotos no Brasil, podendo o sistema ser projetado com tempos de detenção muito baixos (6 a 8 horas para o reator UASB, e 3 a 4 horas para o filtro anaeróbio), resultando em uma unidade de tratamento bastante compacta e de baixo custo. Além disso, o consumo energético e os custos operacionais são mínimos.

Tendo em vista os resultados obtidos nos experimentos, recomenda-se:

- A continuidade da pesquisa com avaliação do comportamento do sistema em regime transiente, com variações de vazão através da simulação de um hidrograma de vazões, já que nesta pesquisa o regime de vazões foi permanente.
- Estudos microbiológicos do biofilme formado e um acompanhamento mais detalhado da variação da espessura e densidade do biofilme ao longo da coluna.
- Estudo mais sistemático de quantificação de biofilme e lodo disperso.
- Desenvolvimento de Modelos simplificados aplicados ao perfil de sólidos.
- Desenvolvimento de estudos que objetivem a caracterização hidrodinâmica dos filtros

anaeróbios.

- Que nos novos testes de pós-tratamento realizados sejam incluídas análises e monitoramento de ovos de helmintos.
- Que a tecnologia UASB/Filtro Anaeróbio seja aplicada ao tratamento de esgotos sanitários em escala real em comunidades de pequeno porte em Minas Gerais, e que os resultados sejam divulgados, procurando-se obter o aprimoramento da tecnologia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (1982) – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Construção e Instalação de Fossas Sépticas e Disposição dos Efluentes Finais*. NBR: 7229, Rio de Janeiro, 1982.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto, Construção e operação de tanques sépticos*. NBR: 7229, Rio de Janeiro, 1993.

ABNT. - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto, Construção e Operação de Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos de Tanques Sépticos*. Procedimento. Projeto de Norma 02: 144.07-002. Rio de Janeiro, Dez. 1995.

AISSE, M.M.; LEITE, B.Z. Pós-tratamento de efluentes de reatores tipo RALF em lagoas de estabilização. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, Foz do Iguaçu, Paraná, 1997.

ANDRADE NETO, C.O. Pesquisa Referente à Experiência Brasileira relativa a sistemas de baixo custo para tratamento de águas residuárias. Relatório Final, Vol. 1, 227p. Brasília: Caixa Econômica Federal.

BRITO, M.C.S.O.; CHERNICHARO, C.A.L. & VON SPERLING, M.A. Avaliação Intensiva de Um sistema UASB- Lagoa de maturação com chicanas na cidade de Itabira - MG, In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, Foz do Iguaçu, Paraná, 1997.

CAMPOS, H. M.; VON SPERLING, M.. Estimation of domestic wastewater characteristics based on socio-economic variables. *Water Science and Technology*, Inglaterra, vol.34, N° 3-4, pp.71-77, 1996.

CAMPOS, J. R. et AL. Tratamento Físico-químico por flotação de efluentes de reatores anaeróbios. In *In 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental* Salvador, Bahia, 1995.

CAMPOS, J.R.; RODRIGUES, B.A.S. & FORESTI, E. Emprego de filtro anaeróbio para tratamento de efluentes líquidos de indústrias de conservas de carne. *Revista DAE* - vol.46 - n.144, 1986.

CARVALHO, E.H. *Filtros biológicos anaeróbios: conceitos básicos, projeto e desenvolvimento*. 1994. v. 1, 280 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP. 1.994.

CASSEB, M.M.S. *Avaliação do desempenho de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo, em escala piloto, tratando esgotos sanitários da cidade de Belo Horizonte*.

Dissertação (Mestrado em Saneamento Recursos hídricos e Meio Ambiente): Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 100p. DESA/UFMG. 2006.

CASSEB, M.M.S., CHERNICHARO, C.A.L. Avaliação do desempenho de um sistema UASB/Filtro anaeróbio operando em regime hidráulico transiente. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, Paraná, 1997.

CHERNICHARO, C.A.L.; BORGES, J.M.; DE MELO, P.G.M.; MONTEIRO, B.L. Avaliação e partida de um reator anaeróbio de manta de lodo tratando esgotos domésticos da cidade de Itabira. In: 18º. CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Salvador, BA, 1995.

CHERNICHARO, C.A.L.; CAMPOS, C.M.M.. *Curso de tratamento anaeróbio de efluentes líquidos*. DESA/UFMG, 1992.

CHERNICHARO, C.A.L.; CAMPOS, C.M.M. (1995). Apostila de tratamento anaeróbio de esgotos, DESA/UFMG.

CHERNICHARO, C.A.L.; GONÇALVES, R.F. Post treatment of effluents from UASB reactors aerated biofilters. In: Proc. 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ANAERÓBIC DIGESTION (AD97), Sendai, Japão, 1997.

CHERNICHARO, C.A.L.; LEÃO, M.M.D. (S.D). Roteiro de aulas práticas - Laboratório de Tratamento de Água, DESA/UFMG. Belo Horizonte, MG.

CHERNICHARO, C.A.L.;(1997). *Reatores Anaeróbios: princípios do tratamento biológico em águas residuárias*. Belo horizonte: DESA/UFMG, volume V 2, 246p, 1997

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n°. 20 de 18 jun. 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.

CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL DE MINAS GERAIS – COPAM. Deliberação Normativa n°. 10 de 16 dez.1986.

DA SILVA, S.M.C.P.; SOBRINHO, P.A.; GARCIA JR., A.D. Avaliação do sistema reator UASB e processo de lodos ativados para tratamento de esgotos sanitários com elevada parcela de contribuição industrial. In: 18o. CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Salvador, BA, 1995.

DALTRO, J.F.; POVINELLI, J. (1985). Desempenho do sistema decanto-digestor filtro anaeróbio de camada suporte reduzida, para o tratamento de esgotos sanitários. In: 13º CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, ABES, Maceió, p. 241-254, agosto 1985.

DE SOUZA, J.T.; FOREST, E. (1994). Pós tratamento de efluente de reator UASB. In: III

TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO "TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES", Montevideo, Uruguay, p. 371-374.

DIAS, H. G. ; CAMPOS, J. R. . Potencialidade de filtro anaeróbio. *Revista DAE*, v. 49, n. 154, p. 29-33, São Paulo, 1989.

FIGUERÊDO, D. V. (1994). *Monitoramento e avaliação da ocorrência de chuvas ácidas na Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH*. Dissertação (Mestrado em Saneamento Recursos hídricos e Meio Ambiente): Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais,. DESA/UFMG. 1994.

FORESTI, E. *Fundamentos do processo de digestão anaeróbia*. In: III TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO "TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES", Montevideo, Uruguay, p. 97-110, 1994.

FRANÇA, J.L. *Manual para normatização de publicações técnico-científicas*. Editora UFMG, Belo Horizonte, MG, 2^a. edição, 1992.

GONÇALVES, F.R. Sistemas Aeróbios com biofilme. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL TENDÊNCIAS NO TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMÉSTICAS E INDUSTRIAIS, Belo Horizonte, Brasil, março p. 128-143, 1996.

GONÇALVES, R.F.; ARAÚJO, V. L. & CHERNICHARO, C.A.L.. Tratamento secundário de esgoto sanitário através da associação de reatores UASB e biofiltros aerados submersos. In. 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, Paraná, 1997.

HELLER, L.; NASCIMENTO, N.; VON SPERLING, M. Investigação científica em engenharia sanitária e ambiental. Parte 1. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.1, n.2 abr.-jun. 1996.

HELLER, L.; NASCIMENTO, N.; VON SPERLING, M. Investigação científica em engenharia sanitária e ambiental. Parte 1 e 2 *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.1, n.2 abr.-jun. 1996 e v.1, n 3 jul-set. 1996...

JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A.. *Tratamento de esgotos domésticos*. ABES, Rio de Janeiro, 3a. edição, 1995.

KATO, M.T.; FIELD, J.A.; LETTINGA, G. Aplicabilidade dos reatores RAFA e RELGE para o tratamento anaeróbio de águas residuárias diluídas. In: 18^o. CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Salvador, BA, 1995.

KOOIJMANS, J.L.; LETTINGA, G.; PARRA, G.R. (1985). The "UASB" process for domestic wastewater treatment in developing countries.

KOOIJMANS, J.L.; LETTINGA, G.; VAN VELSEN (1985). Application of the UASB

process for treatment of domestic sewage under sub-tropical conditions, the cali case.

LETTINGA, G.. Anaerobic wastewater treatment. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL TENDÊNCIAS NO TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMÉSTICAS E INDUSTRIAIS, Belo Horizonte, Brasil, março p. 107-126, 1.996.

LETTINGA, G.; VINKEN, .J.N.. Feasibility of the upflow anaerobic sludge blanket (UASB) process for the treatment of low-strength wastes. In: PROC. 35TH WASTE CONFERENCE, PURDUE UNIVERSITY, 625-634, 1980.

LEVIN, J. (1.987). *Estatística aplicada a ciências humanas*. Editora Harbra, 2a. edição, São Paulo, SP.

METCALF & EDDY, IND. (1991). *Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse*, Inc. 3 Ed., USA. McGraw-Hill Book Company, New York, 1334 pp.

MONTEGGIA, L. O.; BEAL,L.L & DE LUCA, J.S. Requerimento de alcalinidade em processos biológicos anaeróbios. In 18º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Salvador, Bahia, 1995.

PAULA JR., D.R.; FORESTI, E., CAMPOS, .J.R. Avaliação de diferentes tipos de reatores anaeróbios para tratamento de águas residuárias de indústrias de conservas alimentícias. In: III TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO "TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES", Montevideo, Uruguay, p. 403-408, 1994.

PINTO, J.D.S.; CHERNICHARO, C.A.L. Tratamento de esgotos domésticos em filtro anaeróbio utilizando rejeito da indústria siderúrgica como meio suporte. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Salvador, Bahia, Setembro, 1995

PINTO, J.S. *Tratamento de esgotos sanitários através de filtro anaeróbio ascendente utilizando escórias de alto forno como meio suporte*. Dissertação (Mestrado em Saneamento Recursos hídricos e Meio Ambiente): Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 87p. DESA/UFMG, 1995.

RENNÓ, C.R.A. *A visão da NH₃*. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL TENDÊNCIAS NO TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMÉSTICAS E INDUSTRIAIS, Belo Horizonte, Brasil, março p. 52-61, 1996

REVISTA BIO. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Ano 8, nr. 3, julho-setembro 1996.

SOUZA, E.M. (1984). Fatores que influenciam a digestão anaeróbia. *Revista DAE*, vol. 44. No. 137, jun. 1984.

SOUZA, E.M.; VIEIRA, S.M.M. (1986). Uso do reator UASB para tratamento de esgoto

sanitário. *Revista DAE*, vol. 46, No.145.

SOUZA, J.T.; FORESTI, E. Pós-tratamento de efluente pré-tratado anaerobiamente através de reator seqüencial em batelada. In. 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Foz do Iguaçu, Paraná, 1997..

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTERWATER (1992). *American Public Health Association*, 18th ed. New York.

VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos*. Editora Egraf. 220p. Campina Grande, PB, 1994.

VIEIRA, S. Experiência e perspectivas do tratamento anaeróbio de esgotos sanitários no Brasil. In: III TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO "TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES", Montevideo, Uruguay, p. 293-301, 1994.

VIEIRA, S. M. M. (1981). Métodos analíticos para o acompanhamento da biodigestão. In: ENCONTRO TÉCNICO CORONEL PACHECO, *Minas Gerais*, 11p, 1981.

VON SPERLING, M. (1995). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. DESA/UFMG, volumes I e II, 1995.

VON SPERLING, M. (1996). *Princípios básicos do tratamento de esgotos* . DESA/UFMG, volumes 1, 2 e 3, Belo Horizonte., MG, 1996.

VON SPERLING, M. Tendências no tratamento simplificado de águas residuárias. Tópicos de relevância. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL TENDÊNCIAS NO TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMÉSTICAS E INDUSTRIAIS, Belo Horizonte, Brasil, março p. 02-11, 1996.

WALPOLE, R.E., MYERS, R.H. *Probability and statistics for engineers and scientists*. 4.ed. New York : Publishing Company, p.463-527. 1989.

YOUNG, J.C.; McCARTY, P.L. (1969). The anaerobic filter for waste treatment. *Journal Water Pollution Control Federation*, v. 41, n. 5, p. 160-173, May, 1969.

8. ANEXO 1

Tabela 8.1 - Dados gerais do monitoramento

Data	Oper. (dias)	TDH (horas)			Q (L/h)			CHV (m ³ /m ³ .dia)			DQO Total (mg/L)				Efic. Rem. DQOt (%)			COV (kgDQOt/m ³ .d)			DQOf (mg/L)				Efic. DQOf(%)		
		UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Aflu.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Aflu.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
23-jul-96	3	6	24	24	50,6	2,6	2,9	3,0	1,0	1,0	790	102	133	122	87	83	85	2	0,10	0,10	392	46	97	112	88	75	71
26-jul-96	6	6	24	24	64,4	2,6	2,9	3,9	1,0	1,0	1030	149	116	55	85	89	95	4	0,15	0,15	362	36	24	51	90	93	86
29-jul-96	9	6	24	24	63,9	2,6	2,9	3,8	1,0	1,0	968	155	67	52	84	93	95	4	0,15	0,16	298	114	31	36	62	90	88
31-jul-96	11	6	24	24	63,9	2,6	2,9	3,8	1,0	1,0	713	83	47	52	88	93	93	3	0,08	0,08	408	52	27	10	87	93	98
1-ago-97	12	6	24	24	56,6	2,6	2,9	3,4	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-ago-96	13	6	24	24	79,4	2,6	2,9	4,8	1,0	1,0	566	26	22	55	95	96	90	3	0,03	0,03	253	5	10	5	98	96	98
5-ago-96	16	6	24	24	41,6	2,6	2,9	2,5	1,0	1,0	1120	180	93	100	84	92	91	3	0,18	0,18	340	93	57	63	73	83	81
6-ago-96	17	6	12	12	52,4	5,2	5,8	3,1	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-ago-96	18	6	12	12	44,3	5,2	5,8	2,7	2,0	2,0	1317	121	86	86	91	93	93	3	0,24	0,24	408	98	55	81	76	86	80
8-ago-96	19	6	12	12	44,3	5,2	5,8	2,7	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-ago-96	23	6	12	12	52,5	5,2	5,8	3,2	2,0	2,0	1260	66	40	66	95	97	95	4	0,13	0,13	323	30	25	35	91	92	89
13-ago-96	24	6	12	12	77,5	5,2	5,8	4,7	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-ago-96	25	6	12	12	49,3	5,2	5,8	3,0	2,0	2,0	838	147	115	89	83	86	89	2	0,29	0,29	383	115	100	84	70	74	78
15-ago-96	26	6	12	12	49,3	5,2	5,8	3,0	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-ago-96	27	6	12	12	46,1	5,2	5,8	2,8	2,0	2,0	595	84	93	72	86	84	88	2	0,17	0,17	298	77	89	69	74	70	77
19-ago-96	30	6	12	12	77,5	5,2	5,8	4,7	2,0	2,0	406	104	65	94	74	84	77	2	0,21	0,21	209	35	45	25	83	79	88
21-ago-96	32	6	12	12	78,5	5,2	5,8	4,7	2,0	2,0	858	161	99	468	81	88	45	4	0,32	0,32	312	146	62	42	53	80	87
22-ago-96	33	6	12	12	57,1	5,2	5,8	3,4	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-ago-96	34	6	12	12	43,5	5,2	5,8	2,6	2,0	2,0	1092	166	120	135	85	89	88	3	0,33	0,33	342	90	71	101	74	79	71
27-ago-96	38	6	12	12	43,5	5,2	5,8	2,6	2,0	2,0	870	79	68	73	91	92	92	2	0,16	0,16	261	25	19	32	90	93	88
28-ago-96	39	6	12	12	57,1	5,2	5,8	3,4	2,0	2,0	845	102	72	72	88	92	92	3	0,20	0,21	271	72	67	41	74	75	85
29-ago-96	40	6	12	12	61,0	5,2	5,8	3,7	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30-ago-96	41	6	12	12	69,7	5,2	5,8	4,2	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-set-96	44	6	12	12	79,1	5,2	5,8	4,7	2,0	2,0	1017	109	45	78	89	96	92	5	0,22	0,22	316	63	32	74	80	90	76
3-set-96	45	6	12	12	61,2	5,2	5,8	3,7	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-set-96	46	6	12	12	71,7	5,2	5,8	4,3	2,0	2,0	358	189	92	102	47	74	71	2	0,38	0,38	108	77	82	72	29	24	33
5-set-96	47	6	12	12	67,3	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	691	138	133	164	80	81	76	3	0,28	0,28	123	41	31	36	67	75	71
6-set-96	48	6	12	12	67,3	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9-set-96	51	6	12	12	86,7	5,2	5,8	5,2	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10-set-96	52	6	12	12	107,8	5,2	5,8	6,5	2,0	2,0	808	165	128	129	80	84	84	5	0,33	0,33	373	158	78	55	58	79	85
11-set-96	53	6	12	12	58,1	5,2	5,8	3,5	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-set-96	54	6	12	12	77,9	5,2	5,8	4,7	2,0	2,0	710	118	111	92	83	84	87	3	0,24	0,24	300	109	101	74	64	66	75

Data	Oper. (dias)	COV(kgDQOf/m ³ .d)			DBO Total(mg/L)				Efic. Rem. DBOt(%)			COV (kgDBOt/m ³ .d)			DBof (mg/L)				Efic. Rem. DBof(%)			COV(kgDBof/m ³ .d)			pH			
		UASB	FA	FD	Afl	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	AFL	UASB	FA	FD
23-jul-96	3	1,2	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,7	7,1	6,9	
26-jul-96	6	1,4	0,04	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	7,1	7,6	7,3	
29-jul-96	9	1,1	0,11	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,8	7,3	7,3	
31-jul-96	11	1,6	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1-ago-97	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,6	7,0	6,7	
2-ago-96	13	1,2	0,00	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,3	6,8	6,5	
5-ago-96	16	0,8	0,09	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,9	7,3	6,8	
6-ago-96	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,2	6,7	7,1	6,7	
7-ago-96	18	1,1	0,20	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,7	7,2	6,7	
8-ago-96	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,3	7,0	6,7	
12-ago-96	23	1,0	0,06	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,7	7,3	7,1	
13-ago-96	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,8	7,0	6,2	
14-ago-96	25	1,1	0,23	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	7,0	7,4	6,9	
15-ago-96	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16-ago-96	27	0,8	0,15	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,5	7,5	6,8	
19-ago-96	30	1,0	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,9	7,1	6,7	
21-ago-96	32	1,5	0,29	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,5	6,6	6,2	
22-ago-96	33	-	-	-	451	86	46	35	81	90	92	1,5	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	6,9	6,9	6,9	
23-ago-96	34	0,9	0,18	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,9	6,9	6,9	
27-ago-96	38	0,7	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,8	7,0	7,0	
28-ago-96	39	0,9	0,14	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	6,7	7,3	6,9	
29-ago-96	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,0	7,0	7,3	7,0	
30-ago-96	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,8	7,3	6,8	
2-set-96	44	1,5	0,13	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,8	7,5	6,8	
3-set-96	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,2	6,8	6,6	
4-set-96	46	0,5	0,15	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,0	6,7	7,4	6,8	
5-set-96	47	0,5	0,08	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	7,0	7,1	7,1	
6-set-96	48	-	-	-	599	67	29	37	89	95	94	2,4	0,1	0,1	180	19	14	23	89	92	87	0,7	0,0	0,0	-	-	-	-
9-set-96	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	6,8	7,3	6,9	
10-set-96	52	2,4	0,31	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,6	6,9	6,5	
11-set-96	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	7,0	7,3	7,0	
12-set-96	54	1,4	0,22	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	6,9	7,3	7,1	

Data	Oper. (dias)	Temperatura (°C)				Gas(L/h)			SS (mg/L)				SSV (mg/L)				Carga Apl (gDQO/h)			Carga Rem (gDQO/h)			L Biogás/gDQOt			L Biogás/gDQOapl				
		Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA
23-jul-96	3	19,3	18,0	17,1	19,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	0,3	0,3	34,8	-0,1	-0,1	-	-	-	-	-	-
26-jul-96	6	19,8	18,0	16,9	17,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66,3	0,4	0,4	56,7	0,1	0,3	-	-	-	-	-	-
29-jul-96	9	22,5	21,3	21,5	20,7	-	-	-	408	48	11	18	398	37	9	13	61,8	0,4	0,4	51,9	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
31-jul-96	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45,5	0,2	0,2	40,2	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-
1-ago-97	12	19,8	18,4	17,5	17,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-ago-96	13	16,8	17,9	17,6	17,0	-	-	-	232	13	10	11	208	11	9	11	45,0	0,1	0,1	42,9	0,0	-0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
5-ago-96	16	21,0	18,4	18,0	18,0	-	-	-	728	11	24	12	582	11	9	12	46,6	0,5	0,5	39,1	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
6-ago-96	17	21,0	21,7	21,9	21,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-ago-96	18	20,8	20,0	18,1	18,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58,3	0,6	0,7	53,0	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-
8-ago-96	19	20,7	20,1	19,9	19,9	-	-	-	688	17	8	11	574	14	8	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-ago-96	23	21,9	21,3	21,1	21,0	-	-	-	512	13	12	15	442	11	12	14	66,2	0,3	0,4	62,7	0,1	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
13-ago-96	24	23,2	23,0	22,6	22,8	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-ago-96	25	23,2	23,0	22,4	22,7	-	0	0	588	123	113	121	560	108	112	116	41,3	0,8	0,8	34,1	0,2	0,3	-	-	0,99	-	0	0,39	-	-
15-ago-96	26	-	-	-	-	-	-	-	614	15	11	22	456	12	10	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-ago-96	27	21,8	20,7	19,4	19,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,4	0,4	0,5	23,6	0,0	0,1	-	-	-	-	-	-
19-ago-96	30	19,1	18,7	17,8	17,9	-	-	-	391	14	9	18	332	14	9	18	31,4	0,5	0,6	23,4	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
21-ago-96	32	21,6	22,0	21,3	20,2	-	-	-	120	10	6	51	104	2	6	51	67,4	0,8	0,9	54,7	0,3	-1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
22-ago-96	33	21,6	20,0	19,3	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-ago-96	34	21,4	20,2	19,5	19,5	-	-	-	394	16	8	23	352	16	3	22	47,5	0,9	1,0	40,3	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
27-ago-96	38	24,0	21,3	21,5	22,0	-	-	-	512	37	42	41	438	29	32	32	37,9	0,4	0,5	34,4	0,1	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
28-ago-96	39	24,8	23,9	23,9	23,2	-	-	-	366	108	72	65	318	102	57	54	48,2	0,5	0,6	42,4	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
29-ago-96	40	22,6	22,3	22,1	22,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30-ago-96	41	22,3	21,2	20,7	20,1	-	-	-	240	11	10	94	66	11	7	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-set-96	44	25,5	24,3	25,1	24,1	-	-	-	288	43	12	26	220	43	12	22	80,4	0,6	0,6	71,8	0,3	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
3-set-96	45	23,2	22,5	21,9	22,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-set-96	46	20,8	20,9	20,3	20,4	-	-	-	144	18	21	48	144	5	11	48	25,7	1,0	1,1	12,1	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
5-set-96	47	23,0	21,6	21,4	21,4	-	-	-	116	24	34	45	116	19	32	36	46,5	0,7	0,8	37,2	0,0	-0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
6-set-96	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9-set-96	51	23,9	22,6	22,9	23,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10-set-96	52	23,1	22,7	22,7	22,8	-	-	-	198	34	12	30	180	29	12	25	87,1	0,9	1,0	69,3	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
11-set-96	53	22,8	21,5	22,9	21,1	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12-set-96	54	23,7	23,1	22,0	21,6	-	0	0	348	33	9	12	284	27	8	10	55,3	0,6	0,7	46,1	0,0	0,2	-	0	0,02	-	0	0	-	-

Data	Oper. (dias)	TDH (horas)			Q (L/h)			CHV (m ³ /m ³ .dia)			DQO Total(mg/L)				Efic. Rem. DQOt(%)			COV(kgDQOt/m ³ .d)			DQO f (mg/L)				Efic. DQOf(%)		
		UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
13-set-96	55	6	12	12	87,3	5,2	5,8	5,2	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-set-96	58	6	12	12	79,3	5,2	5,8	4,8	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-set-96	59	6	12	12	83,5	5,2	5,8	5,0	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-set-96	60	6	12	12	63,5	5,2	5,8	3,8	2,0	2,0	927	87	56	78	91	94	92	4	0,17	0,17	325	46	36	48	87	89	85
20-set-96	62	6	12	12	75,7	5,2	5,8	4,5	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-set-96	65	6	12	12	75,9	5,2	5,8	4,6	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24-set-96	66	6	12	12	61,9	5,2	5,8	3,7	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25-set-96	67	6	12	12	66,2	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	971	134	86	104	86	91	89	4	0,27	0,27	375	105	74	62	72	80	83
27-set-96	69	6	12	12	57,0	5,2	5,8	3,4	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30-set-96	72	6	12	12	57,0	5,2	5,8	3,4	2,0	2,0	961	133	98	80	86	90	92	3	0,26	0,27	327	85	79	47	74	76	86
1-out-96	73	6	12	12	85,3	5,2	5,8	5,1	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-out-96	74	6	12	12	70,5	5,2	5,8	4,2	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-out-96	76	6	12	12	68,1	5,2	5,8	4,1	2,0	2,0	617	71	74	76	89	88	88	3	0,14	0,14	381	55	72	67	85	81	82
7-out-96	79	6	12	12	68,1	5,2	5,8	4,1	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8-out-96	80	6	12	12	54,4	5,2	5,8	3,3	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9-out-96	81	6	12	12	54,3	5,2	5,8	3,3	2,0	2,0	739	87	129	85	88	83	89	2	0,17	0,17	290	61	43	54	79	85	81
10-out-96	82	6	12	12	83,3	5,2	5,8	5,0	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-out-96	83	6	12	12	66,5	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	622	81	83	98	87	87	84	2	0,16	0,16	272	81	46	66	70	83	76
14-out-96	86	6	12	12	75,0	5,2	5,8	4,5	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-out-96	87	6	12	12	66,7	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	2418	101	104	104	96	96	96	10	0,20	0,20	373	55	63	60	85	83	84
16-out-96	88	6	12	12	66,7	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	947	156	79	81	84	92	91	4	0,31	0,31	304	63	68	43	79	78	86
18-out-96	90	6	12	12	70,0	5,2	5,8	4,2	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-out-96	93	6	12	12	66,0	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-out-96	94	6	12	12	59,0	5,2	5,8	3,5	2,0	2,0	1469	222	72	95	95	95	94	5	0,44	0,44	264	101	70	93	62	73	65
23-out-96	95	6	12	12	59,0	5,2	5,8	3,5	2,0	2,0	447	84	70	65	84	84	85	2	0,17	0,17	294	84	61	62	71	79	79
25-out-96	97	6	12	12	66,0	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	671	71	88	60	87	87	91	3	0,14	0,14	77	23	41	18	70	47	77
29-out-96	101	6	12	12	66,0	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	1177	99	109	74	91	91	94	5	0,20	0,20	115	71	97	74	39	16	36
1-nov-96	104	6	12	12	66,0	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	985	102	61	82	94	94	92	4	0,20	0,20	382	36	38	20	91	90	95
4-nov-96	107	6	12	12	67,2	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-nov-96	108	6	12	12	66,0	5,2	5,8	4,0	2,0	2,0	459	55	46	48	88	90	89	2	0,11	0,11	143	41	46	20	71	68	86
6-nov-96	109	6	12	12	69,0	5,2	5,8	4,1	2,0	2,0	645	112	126	114	83	80	82	3	0,22	0,22	305	67	106	59	78	65	81
8-nov-96	111	6	12	12	69,0	5,2	5,8	4,1	2,0	2,0	789	90	62	68	89	92	91	3	0,18	0,18	169	43	23	34	74	87	80

Data	Oper. (dias)	COV(kgDQOf/m ³ .d)			DBO Total (mg/L)				Efic. Rem. DBOt(%)			COV(kgDBOt/m ³ .d)			DBOf (mg/L)				Efic. Rem. DBOF(%)			COV(kgDBOf/m ³ .d)			pH			
		UASB	FA	FD	Afl	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD
13-set-96	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1	7,0	7,3	7,0
16-set-96	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	7,1	7,3	7,0
17-set-96	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1	6,7	7,1	7,1
18-set-96	60	1,2	0,09	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	7,0	7,2	7,0
20-set-96	62	-	-	-	499	101	48	33	80	90	93	2,3	0,2	0,1	195	31	17	13	84	91	93	0,9	0,1	0,1	6,8	6,7	7,1	6,9
23-set-96	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,8	7,4	7,0
24-set-96	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,7	7,3	6,9
25-set-96	67	1,5	0,21	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,5	7,0	6,8
27-set-96	69	-	-	-	367	48	30	23	87	92	94	1,3	0,1	0,1	186	8	8	8	96	96	96	0,6	0,0	0,0	6,6	6,8	7,0	6,8
30-set-96	72	1,1	0,17	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-out-96	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,8	7,3	7,0
2-out-96	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,7	7,5	6,6
4-out-96	76	1,6	0,11	0,11	518	75,0	50	41	86	90	92	2,1	0,1	0,1	224	51	39	31	77	83	86	0,9	0,1	0,1	6,3	6,8	7,1	6,9
7-out-96	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,7	7,3	7,2
8-out-96	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	7,1	7,5	7,1
9-out-96	81	0,9	0,12	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	7,2	7,2	7,1
10-out-96	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,0	6,9	7,4	7,1
11-out-96	83	1,1	0,16	0,16	326	47	24	25	86	93	92	1,3	0,1	0,0	159	18	12	5	89	92	97	0,6	0,0	0,0	6,8	6,9	7,1	7,1
14-out-96	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,0	6,9	7,4	7,2
15-out-96	87	1,5	0,11	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,0	6,9	7,3	6,9
16-out-96	88	1,2	0,12	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	7,0	7,2	7,0
18-out-96	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,7	7,2	7,1
21-out-96	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	7,2	7,3	6,9
22-out-96	94	0,9	0,20	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	7,0	7,1	6,9
23-out-96	95	1,0	0,17	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25-out-96	97	0,3	0,05	0,05	347	21	18	31	94	95	91	1,4	0,0	0,0	96	10	8	6	90	91	93	0,4	0,0	0,0	6,9	6,8	7,1	6,9
29-out-96	101	0,5	0,14	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,0	6,9	7,1	6,9
1-nov-96	104	1,5	0,07	0,07	638	33	30	55	95	95	91	2,5	0,1	0,1	114	22	20	15	81	82	87	0,5	0,0	0,0	-	-	-	-
4-nov-96	107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,6	6,9	6,8
5-nov-96	108	0,6	0,08	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,7	7,1	7,1
6-nov-96	109	1,3	0,13	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,6	7,0	6,7
8-nov-96	111	0,7	0,09	0,09	324	35,0	18	29	89	95	91	1,3	0,1	0,0	128	17	11	17	82	88	82	0,5	0,0	0,0	-	-	-	-

Data	Oper. (dias)	Temperatura (°C)				Gas (L/h)			SS (mg/L)				SSV (mg/L)				Carga Aplic (gDQO/h)			Carga Rem.(gDQO/h)			L Biogás/gDQOt rem			L.Biog/gDQOapl.				
		Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA
13-set-96	55	22,0	22,0	21,3	21,5	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16-set-96	58	21,8	22,0	19,5	19,5	-	0	0	604	31	9	23	528	24	9	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-set-96	59	22,7	23,8	23,1	22,7	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18-set-96	60	22,2	20,5	20,5	20,4	-	0	0	272	19	12	34	228	18	9	25	58,9	0,5	0,5	53,4	0,2	0,1	-	0,08	0	-	0,03	0	-	
20-set-96	62	20,2	20,4	19,2	19,4	-	0,013	0,000	470	33	9	56	242	26	8	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23-set-96	65	24,5	23,3	23,3	22,9	-	0,000	0,000	352	33	11	44	284	26	7	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24-set-96	66	26,8	25,9	25,7	25,3	-	0,000	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25-set-96	67	26,1	26,2	25,9	25,6	-	0,000	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	64,2	0,7	0,8	55,4	0,2	0,2	-	0	0	-	0	0	-	
27-set-96	69	24,4	23,7	23,2	23,0	-	0,004	0,023	131	44	29	38	75	44	11	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30-set-96	72	-	-	-	-	-	-	-	488	40	13	13	372	34	11	13	54,8	0,7	0,8	47,2	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	
1-out-96	73	23,7	23,5	22,9	22,8	-	0,001	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2-out-96	74	24,2	23,1	22,6	23,0	-	0,000	0,023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4-out-96	76	23,6	22,0	22,1	21,8	-	0,000	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	42,0	0,4	0,4	37,2	0,0	0,0	-	-	-	-	0	0	-	
7-out-96	79	28,9	27,9	26,8	27,5	-	0,000	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8-out-96	80	24,4	23,7	23,2	22,9	6,2	0,000	0,014	260	36	15	31	242	31	13	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9-out-96	81	22,5	22,6	22,5	22,3	7,1	0,000	0,000	232	21	106	15	208	19	106	14	40,1	0,5	0,5	35,4	-0,2	0,0	0,2	0	0	0,18	0	0	-	
10-out-96	82	26,0	25,8	24,8	24,8	6,1	0,170	0,170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11-out-96	83	21,5	21,8	21,3	21,8	0,0	0,000	0,000	298	25	14	28	258	21	14	23	41,4	0,4	0,5	36,0	0,0	-0,1	0	0	0	0	0	0	-	
14-out-96	86	26,2	26,4	26,3	26,3	9,8	0,000	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15-out-96	87	24,9	25,1	24,8	24,2	9,4	0,000	0,000	546	19	23	30	400	19	17	26	####	0,5	0,6	####	0,0	0,0	0,06	0	0	0,06	0	0	-	
16-out-96	88	23,2	20,8	19,3	20,0	8,2	0,000	0,003	276	44	11	25	220	39	11	20	63,1	0,8	0,9	52,8	0,4	0,4	0,16	0	0,01	0,13	0	0	-	
18-out-96	90	23,2	21,7	21,3	21,7	8,7	0,000	0,000	272	19	12	34	228	18	9	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21-out-96	93	25,3	24,8	25,3	25,0	8,7	0,000	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22-out-96	94	23,6	23,3	23,2	22,3	9,6	0,030	0,320	484	59	14	25	398	48	9	20	86,7	1,2	1,3	73,6	0,8	0,7	0,13	0,04	0,43	0,11	0,03	0,25	-	
23-out-96	95	-	-	-	-	-	-	-	220	13	9	21	160	11	9	17	26,4	0,4	0,5	21,4	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	
25-out-96	97	25,1	25,0	24,8	25,1	10,0	0,001	0,090	216	13	15	21	188	10	13	18	44,3	0,4	0,4	39,6	-0,1	0,1	0,25	-	1,51	0,23	0	0,22	-	
29-out-96	101	24,2	23,9	23,3	23,7	8,9	0,005	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	77,6	0,5	0,6	71,1	0,0	0,1	0,13	-	0	0,11	0,01	0	-	
1-nov-96	104	-	-	-	-	-	-	-	20	6	7	16	20	5	7	16	65,0	0,5	0,6	58,3	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	
4-nov-96	107	20,3	22,4	21,8	21,6	1,8	0,001	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5-nov-96	108	22,1	22,4	21,3	21,7	2,7	0,001	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	30,3	0,3	0,3	26,7	0,0	0,0	0,1	0,02	0,11	0,09	0	0,01	-	
6-nov-96	109	22,9	22,0	20,8	21,6	1,1	0,020	0,000	156	30	12	26	156	23	9	17	44,5	0,6	0,6	36,8	-0,1	0,0	0,03	-	0	0,02	0,03	0	-	
8-nov-96	111	-	-	-	-	-	-	-	182	22	10	25	160	15	7	17	54,4	0,5	0,5	48,2	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	

Data	Operaç. (dias)	TDH (horas)			Q (L/h)			CHV (m ³ /m ³ .dia)			DQO Total (mg/L)				Efic. Rem. DQOt(%)			COV(kgDQOt/m ³ .d)			DQOf (mg/L)				Efic. DQOf (%)		
		UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
12-nov-96	115	6	12	12	69,0	5,2	5,8	4,1	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-nov-96	116	6	12	12	59,0	6,2	6,6	3,5	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-nov-96	121	6	12	12	69,2	6,2	6,6	4,2	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-nov-96	120	6	12	12	65,0	6,2	6,6	3,9	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-nov-96	122	6	12	12	66,0	6,2	6,6	4,0	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-nov-96	123	6	12	12	66,0	6,2	6,6	4,0	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-nov-96	124	6	12	12	66,0	6,2	6,6	4,0	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25-nov-96	128	6	12	12	57,1	6,2	6,6	3,4	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26-nov-96	129	6	12	12	66,6	6,2	6,6	4,0	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27-nov-96	130	6	12	12	80,0	6,2	6,6	4,8	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28-nov-96	131	6	12	12	100,0	6,2	6,6	6,0	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29-nov-96	132	6	12	12	133,3	6,2	6,6	8,0	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-dez-96	137	6	6	6	66,0	6,2	6,6	4,0	2,4	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-dez-96	138	6	6	6	66,0	6,2	6,0	4,0	2,4	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-dez-96	139	6	6	6	66,0	6,2	6,0	4,0	2,4	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10-dez-96	143	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	251	95	63	111	62	75	56	2	0,38	0,38	161	81	14	62	50	91	62
11-dez-96	144	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	436	165	73	87	62	83	56	3	0,66	0,66	281	80	60	27	72	78	90
12-dez-96	145	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-dez-96	146	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	356	121	104	108	66	71	70	2	0,48	0,48	324	110	82	90	66	75	72
17-dez-96	150	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	675	149	138	157	78	79	77	4	0,59	0,59	409	118	106	122	71	74	70
18-dez-96	151	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	279	32	20	49	88	93	82	2	0,13	0,13	228	19	19	30	92	92	87
20-dez-96	153	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	535	146	66	92	73	88	83	3	0,58	0,59	231	66	27	34	71	88	85
26-dez-96	159	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27-dez-96	160	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	429	65	48	99	85	89	77	3	0,26	0,26	93	9	7	31	91	93	67
2-jan-97	166	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-jan-97	167	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	99	42	35	22	58	65	77	1	0,17	0,17	75	35	28	5	53	62	93
7-jan-97	171	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	449	103	70	65	77	85	86	3	0,41	0,41	165	41	58	63	75	65	62
8-jan-97	172	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	479	74	34	37	85	93	92	3	0,29	0,29	123	40	25	15	67	80	88
9-jan-97	173	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	101	15	10	76	85	90	25	1	0,06	0,06	57	15	5	52	73	91	8
13-jan-97	177	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-jan-97	178	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	430	57	47	14	87	89	97	3	0,23	0,23	76	25	20	13	67	73	83
15-jan-97	179	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	658	81	46	90	88	93	86	4	0,32	0,32	108	66	28	30	39	74	72

Data	Oper. (dias)	COV(kgDQO/m ³ .d)			DBO Total(mg/L)				Efi. Rem. DBOt(%)			COV (kgDBOt/m ³ .d)			DBoF (mg/L)				Efic. Rem. DBoF(%)			COV (kgDBoF/m ³ .d)			pH							
		UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD				
12-nov-96	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,7	6,9	6,7
13-nov-96	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,4	6,0	6,4	6,0
17-nov-96	121	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,9	7,2	6,3
18-nov-96	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,5	7,0	6,5
19-nov-96	122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,8	6,7	6,8
20-nov-96	123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,5	6,6	6,6
21-nov-96	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,6	6,7	6,6
22-nov-96	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,5	6,9	6,7
25-nov-96	128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,7	6,8	6,8
26-nov-96	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,1	6,7	6,7
27-nov-96	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,7	7,0	6,7
28-nov-96	131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,9	7,1	7,2
29-nov-96	132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,8	7,0	6,8
4-dez-96	137	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,6	7,0	6,8
5-dez-96	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,1	6,5	6,5
6-dez-96	139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,1	6,9	6,5
10-dez-96	143	1,0	0,32	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,8	6,7	6,3
11-dez-96	144	1,7	0,32	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,6	6,7	6,4
12-dez-96	145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,4	6,5	6,4
13-dez-96	146	1,9	0,44	0,44	145	40	32	31	72	78	78	0,9	0,2	0,1	138	40	28	28	71	80	80	0,8	0,2	0,2	6,5	6,4	6,8	6,5	6,5	6,4	6,8	6,5
17-dez-96	150	2,5	0,47	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,3	6,3	6,3
18-dez-96	151	1,4	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,0	6,3	6,4
20-dez-96	153	1,4	0,26	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,5	6,6	6,4
26-dez-96	159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,3	6,5	6,3
27-dez-96	160	0,6	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,3	6,6	6,4
2-jan-97	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,3	6,7	6,3
3-jan-97	167	0,4	0,14	0,14	179	33	30	52	82	71	71	1,1	0,1	0,1	80	26	29	36	67	64	54	0,5	0,1	0,1	6,4	6,3	6,7	6,6	6,4	6,3	6,7	6,6
7-jan-97	171	1,0	0,16	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,3	6,5	6,8
8-jan-97	172	0,7	0,16	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,3	6,4	6,3
9-jan-97	173	0,3	0,06	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,3	6,6	6,2
13-jan-97	177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,3	6,5	6,2
14-jan-97	178	0,5	0,10	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	6,5	6,6	6,7
15-jan-97	179	0,6	0,26	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,2	6,1	6,2

Data	Oper. (dias)	Temperatura (°C)				Gas(L/h)			SS (mg/L)				SSV (mg/L)				CargaAplic (gDQO/h)			Carga Re.(gDQO/h)			L.Biogás/gDQO r			L.Biog/gDQOap		
		Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
12-nov-96	115	24,3	23,3	22,3	23,8	4,9	0,007	0,006	92	26	4	17	88	22	4	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-nov-96	116	25,5	24,2	25,2	24,8	8,0	0,020	0,300	112	26	5	13	108	24	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17-nov-96	121	22,2	22,0	21,6	21,7	3,3	0,005	0,300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18-nov-96	120	20,3	22,8	20,8	23,0	0,1	0,020	0,010	126	34	8	12	102	22	8	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19-nov-96	122	22,8	22,9	21,7	21,5	3,2	0,001	0,030	386	14	7	6	300	13	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20-nov-96	123	20,3	22,8	22,8	23,0	6,2	0,020	0,300	82	16	10	13	50	13	6	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21-nov-96	124	22,7	21,8	21,7	21,7	1,3	0,000	0,000	230	23	9	6	186	17	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22-nov-96	125	19,7	18,0	18,2	18,5	3,3	0,000	0,200	108	20	10	11	60	15	6	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25-nov-96	128	21,9	22,4	22,6	22,6	11,9	0,012	0,440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26-nov-96	129	23,5	23,6	23,5	23,6	4,3	0,190	0,080	324	33	10	19	276	28	10	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27-nov-96	130	21,5	22,3	21,3	21,5	5,6	0,000	0,004	93	20	11	20	60	7	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28-nov-96	131	22,7	21,7	21,3	21,4	6,0	0,000	0,005	216	33	24	23	126	10	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29-nov-96	132	22,7	22,2	21,7	21,9	7,4	0,000	0,720	210	35	26	18	152	14	26	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4-dez-96	137	26,2	25,0	25,0	25,0	6,0	0,033	0,006	462	49	21	25	392	40	20	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5-dez-96	138	26,3	26,6	26,6	26,6	3,7	0,043	0,030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6-dez-96	139	27,1	26,7	26,9	26,6	5,3	0,061	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10-dez-96	143	25,5	24,1	23,9	23,9	3,2	0,030	1,900	182	20	11	18	158	13	4	18	25,1	1,0	1,1	15,6	0,3	-0,2	0,21	0,09	-	0,13	0,03	1,73
11-dez-96	144	24,3	28,3	29,6	29,2	7,4	0,000	0,210	164	21	10	15	136	18	7	15	43,6	1,7	1,9	27,0	1,0	0,9	0,27	0	0,23	0,17	0	0,11
12-dez-96	145	25,0	24,9	23,6	24,9	1,0	0,050	1,520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13-dez-96	146	23,4	23,6	23,5	23,5	4,2	0,040	0,070	126	16	10	12	102	12	8	6	35,6	1,3	1,4	23,6	0,2	0,1	0,18	0,23	0,48	0,12	0,03	0,05
17-dez-96	150	28,4	28,6	29,0	27,4	23,4	0,230	2,200	162	22	9	15	102	9	6	3	67,5	1,5	1,7	52,7	0,1	-0,1	0,44	2,19	-	0,35	0,15	1,28
18-dez-96	151	27,5	27,4	28,1	29,3	9,7	0,060	0,600	76	15	11	29	74	15	11	25	27,9	0,3	0,4	24,6	0,1	-0,2	0,39	0,49	-	0,35	0,18	1,61
20-dez-96	153	25,2	25,4	25,2	24,6	9,8	0,190	0,780	184	41	15	23	112	22	6	11	53,5	1,5	1,7	38,9	0,8	0,6	0,25	0,23	1,24	0,18	0,13	0,46
26-dez-96	159	24,0	22,9	22,4	22,6	5,3	0,380	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27-dez-96	160	26,0	26,0	25,5	25,2	8,8	0,050	0,000	108	15	13	23	94	15	10	18	42,9	0,7	0,8	36,4	0,2	-0,4	0,24	0,28	0	0,21	0,07	0
2-jan-97	166	20,8	23,2	22,9	22,4	10,6	0,050	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-jan-97	167	21,6	21,5	21,7	21,9	4,2	0,015	0,003	101	6	6	19	62	4	4	14	9,9	0,4	0,5	5,7	0,1	0,2	0,73	0,19	0,01	0,42	0,03	0,01
7-jan-97	171	27,0	27,0	26,9	29,0	3,3	0,018	0,030	94	15	14	61	82	11	10	39	44,9	1,1	1,2	34,5	0,4	0,5	0,1	0,05	0,07	0,07	0,02	0,03
8-jan-97	172	23,3	26,4	27,2	26,7	6,8	0,030	0,002	88	15	10	12	98	15	10	8	47,9	0,8	0,9	40,5	0,4	0,4	0,17	0,07	0	0,14	0,04	0
9-jan-97	173	26,6	26,6	27	28,1	11,1	0,030	0,000	59	11	8	17	49	8	8	14	10,1	0,2	0,2	8,6	0,1	-0,7	1,3	0,58	0	1,1	0,19	0
13-jan-97	177	26,3	26,2	25,4	26,1	9,3	0,030	0,011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-jan-97	178	23,2	23,6	23,4	23,6	5,2	0,004	0,300	104	14	12	20	84	12	12	18	43,0	0,6	0,7	37,3	0,1	0,5	0,14	0,04	0,6	0,12	0,01	0,45
15-jan-97	179	26,0	25,0	24,5	25,0	7,7	0,020	0,005	80	1	7	19	74	1	7	12	65,8	0,8	0,9	57,7	0,4	-0,1	0,13	0,05	-	0,12	0,02	0,01

Data	Oper. (dias)	TDH (horas)			Q (L/h)			CHV (m ³ /m ³ .dia)			DQO Total (mg/L)				Efic. Rem. DQOt(%)			COV (kgDQOt/m ³ .d)			DQOf (mg/L)				Efic. DQOf(%)		
		UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
16-jan-97	180	6	6	6	100,0	10,4	11,6	6,0	4,0	4,0	608	117	103	76	81	83	88	4	0,47	0,47	215	58	44	46	73	80	79
17-jan-97	181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7	6,2	6,4
20-jan-97	184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	6,2	6,2
21-jan-97	185	1,2	0,24	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	6,2	6,4
22-jan-97	186	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,8	6,3
23-jan-97	187	-	0,40	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,4	6,5
24-jan-97	188	1,2	0,38	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,6	6,2
27-jan-97	191	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,3	6,6
28-jan-97	192	1,6	0,21	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,1	6,4
29-jan-97	193	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,0	6,5
30-jan-97		0,7	0,15	0,15	219	33	30	18	85	92	92	1,3	0,2	0,1	149	24	29	18	84	80	88	0,9	0,1	0,1	5,9	6,2	6,5
31-jan-97	195	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	330	41	27	72	88	92	78	2	0,20	0,20	114	39	25	48	65	78	58
3-fev-97	198	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-fev-97	199	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	388	127	118	114	67	69	71	2	0,61	0,61	109	33	55	28	70	50	74
5-fev-97	200	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	606	79	53	52	87	91	91	4	0,38	0,38	73	61	52	29	17	29	60
7-fev-97	202	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	986	89	110	71	91	89	93	6	0,43	0,43	267	48	55	10	82	79	96
12-fev-97	207	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-fev-97	208	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	513	79	41	159	85	92	69	3	0,38	0,38	164	36	27	98	78	83	40
14-fev-97	209	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	1818	141	29	36	92	98	98	11	0,67	0,67	517	22	19	19	96	96	96
17-fev-97	212	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-fev-97	213	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	304	162	47	86	47	85	72	2	0,78	0,78	210	56	30	75	73	86	64
19-fev-97	214	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	468	139	111	134	70	76	71	3	0,67	0,67	381	114	97	69	70	75	82
20-fev-97	215	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-fev-97	216	4	5	5	100,0	12,5	13,9	6,0	4,8	4,8	1136	72	32	30	94	97	97	7	0,34	0,34	296	69	20	30	77	93	90
24-fev-97	219	4	5	5	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25-fev-97	220	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	282	59	151	113	79	47	60	2	0,47	0,47	182	50	9	24	72	95	87
26-fev-97	221	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27-fev-97	222	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	385	46	15	10	88	96	97	2	0,37	0,37	141	43	12	5	70	91	97
28-fev-97	223	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	465	183	174	68	61	63	85	3	1,46	1,46	240	75	26	49	69	89	80
4-mar-97	227	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	376	131	72	86	65	81	77	2	1,05	1,05	171	88	43	40	49	75	77
5-mar-97	228	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	96	68	31	65	30	68	32	1	0,54	0,54	56	29	11	56	49	80	0
6-mar-97	229	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-mar-97	230	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	509	62	86	74	88	83	85	3	0,50	0,50	185	32	16	5	82	91	98

Data	Oper. (dias)	COV(kgDQOf/m ³ .d)			DBO Total (mg/L)				Efic. Rem. DBOt(%)			COV(kgDBOt/m ³ .d)			DBOf (mg/L)				Efic Rem. DBOf(%)			COV(kgDBOf/m ³ .d)			pH			
		UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD
16-jan-97	180	1,3	0,23	0,23	203	28	24	17	86	92	92	1,2	0,1	0,1	130	16	11	13	88	92	90	0,8	0,1	0,1	5,7	6,1	6,1	5,9
17-jan-97	181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7	6,2	6,4	6,0
20-jan-97	184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	6,2	6,2	6,1
21-jan-97	185	1,2	0,24	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	6,2	6,4	6,3
22-jan-97	186	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,8	6,3	6,1
23-jan-97	187	-	0,40	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,4	6,5	6,3
24-jan-97	188	1,2	0,38	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,6	6,2	6,3
27-jan-97	191	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,3	6,6	6,4
28-jan-97	192	1,6	0,21	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,1	6,4	6,1
29-jan-97	193	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,0	6,5	6,3
30-jan-97	194	0,7	0,15	0,15	219	33	30	18	85	92	92	1,3	0,2	0,1	149	24	29	18	84	80	88	0,9	0,1	0,1	5,9	6,2	6,5	6,2
31-jan-97	195	0,7	0,19	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,5	6,8	6,5
3-fev-97	198	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,4	6,6	6,5
4-fev-97	199	0,7	0,16	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,3	6,7	6,6
5-fev-97	200	0,4	0,29	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,2	6,5	6,6
7-fev-97	202	1,6	0,23	0,23	757	20	20	16	97	98	98	4,5	0,1	0,1	82	12	12	12	85	86	85	0,5	0,1	0,1	6,1	6,3	6,3	6,3
12-fev-97	207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9	6,3	6,2	6,2
13-fev-97	208	1,0	0,17	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,2	6,4	6,2
14-fev-97	209	3,1	0,11	0,11	309	35	17	20	89	94	94	1,9	0,2	0,1	111	5	6	7	95	95	94	0,7	0,0	0,0	6,0	6,5	6,7	6,5
17-fev-97	212	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,3	6,8	6,5
18-fev-97	213	1,3	0,27	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	6,2	6,5	6,1
19-fev-97	214	2,3	0,55	0,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,3	6,6	6,3
20-fev-97	215	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8	6,2	6,5	6,3
21-fev-97	216	1,8	0,33	0,33	202	6	4	3	97	99	99	1,2	0,0	0,0	77	5	3	3	94	96	96	0,5	0,0	0,0	5,9	6,3	6,6	6,2
24-fev-97	219	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	6,1	6,2	6,0
25-fev-97	220	1,1	0,40	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	6,2	6,7	6,2
26-fev-97	221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,3	6,4	6,2
27-fev-97	222	0,8	0,34	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	6,1	6,3	6,2
28-fev-97	223	1,4	0,60	0,60	188	6	3	11	97	94	94	1,1	0,0	0,0	66	3	2	5	96	97	92	0,4	0,0	0,0	5,8	6,4	6,4	6,4
4-mar-97	227	1,0	0,70	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	6,3	6,22	6,2
5-mar-97	228	0,3	0,23	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9	6,2	6,3	6,1
6-mar-97	229	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9	6,2	6,2	6,2
7-mar-97	230	1,1	0,26	0,26	237	31	46	56	87	76	76	1,4	0,2	0,4	99	10	7	8	90	93	92	0,6	0,1	0,1	6,0	6,1	6,5	6,3

Data	Oper. (dias)	Temperatura (°C)				Gas (L/h)			SS (mg/L)				SSV (mg/L)				Carga Aplic			Carga Rem.(gDQO/h)			L.Biogás/gDQOt rem.			L.Biog/gDQOapl.		
		Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
16-jan-97	180	27,0	27,0	26	26,0	2,5	0,030	0,007	260	12	7	13	216	11	7	10	60,8	1,2	1,4	49,1	0,1	0,5	0,05	0,21	0,01	0,04	0,02	0,01
17-jan-97	181	25,0	24,5	25	25,0	2,6	0,030	0,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20-jan-97	184	26,0	26,0	25	25,0	2,3	0,020	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21-jan-97	185	26,0	25,1	25	25,0	6,7	0,004	0,012	111	32	8	16	91	32	6	13	75,3	1,2	1,3	65,9	0,5	0,3	0,1	0,01	0,05	0,09	0	0,01
22-jan-97	186	27,5	27,4	26	26,0	4,9	0,020	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23-jan-97	187	26,0	25,0	25,4	25,1	4,9	0,020	1,400	114	22	11	11	90	14	8	7	28,9	0,1	0,1	28,5	-	0,0	0,17	-	0	0,17	0,4	25,2
24-jan-97	188	25,0	26,5	26	26,0	4,6	0,050	0,020	90	12	9	19	82	10	5	14	40,2	1,1	1,2	31,5	0,4	0,4	0,15	0,14	0,04	0,11	0,05	0,02
27-jan-97	191	27,0	26,0	26	26,0	4,6	0,140	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28-jan-97	192	25,0	25,0	25	25,0	0,3	0,020	0,060	74	8	8	13	65	8	7	12	36,4	0,7	0,7	31,0	0,0	-0,6	0,01	-	0	0,01	0,03	0,08
29-jan-97	193	25,0	25,0	25	25,0	6,0	0,020	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	
30-jan-97	194	25,6	24,1	25,5	24,8	10,0	0,030	0,000	122	12	6	12	109	12	6	12	38,9	0,4	0,4	35,9	0,2	0,0	0,28	0,19	0	0,26	0,08	0
31-jan-97	195	25,8	25,7	27	25,6	8,5	0,020	0,000	146	13	7	18	134	13	7	17	33,0	0,5	0,6	28,9	0,2	-0,4	0,29	0,11	0	0,26	0,04	0
3-fev-97	198	27,0	25,5	25,3	25,1	17,0	0,130	0,030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4-fev-97	199	26,0	26,4	25,9	25,8	2,3	0,040	0,000	164	19	27	60	126	19	23	49	38,8	1,6	1,8	26,1	0,1	0,2	0,09	0,4	0	0,06	0,03	0
5-fev-97	200	24,0	24,8	24,9	24,6	2,6	0,020	0,000	134	14	5	29	96	11	5	26	60,6	1,0	1,1	52,7	0,3	0,4	0,05	0,06	0	0,04	0,02	0
7-fev-97	202	23,0	23,9	23	23,0	10,8	0,300	0,140	-	-	-	-	-	-	-	-	98,6	1,1	1,2	89,7	-0,3	0,2	0,12	-	0,57	0,11	0,27	0,11
12-fev-97	207	28,6	26,3	27,8	26,3	11,0	0,220	0,110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13-fev-97	208	25,6	25,4	26	26,4	11,0	0,080	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	51,3	1,0	1,1	43,4	0,5	-1,1	0,25	0,17	0	0,21	0,08	0
14-fev-97	209	25,2	24,7	24,8	24,5	3,0	0,030	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	181,8	1,8	2,0	167,8	1,4	1,4	0,02	0,02	0	0,02	0,02	0
17-fev-97	212	28,6	28,6	29,1	29,2	1,2	0,050	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-fev-97	213	26,0	25,2	25,4	25,3	5,9	0,030	0,010	-	-	-	-	-	-	-	-	30,4	2,0	2,3	14,2	1,4	1,1	0,42	0,02	0,01	0,19	0,01	0
19-fev-97	214	25,2	25,3	25,5	25,4	4,1	0,040	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	46,8	1,7	1,9	32,9	0,4	0,1	0,12	0,11	0	0,09	0,02	0
20-fev-97	215	25,4	25,4	25,2	25,3	4,1	0,030	0,050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-fev-97	216	26,8	26,6	26,7	27,7	10,9	0,030	0,260	170	10	5	5	168	3	1	2	113,6	0,9	1,0	106,4	0,5	0,6	0,1	0,06	0,45	0,1	0,03	0,26
24-fev-97	219	27,4	26,3	27,2	28,3	11,6	0,100	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25-fev-97	220	26,4	25,9	26,1	26,6	7,3	0,020	0,070	110	19	6	9	108	18	6	3	28,2	1,2	1,4	22,4	-1,9	-1,3	0,33	0	0	0,26	0,02	0,05
26-fev-97	221	25,5	24,4	24	23,7	8,0	0,003	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27-fev-97	222	22,8	24,3	24,8	24,3	10,5	0,020	0,000	114	5	8	9	94	3	6	7	38,5	1,0	1,1	33,9	0,6	0,8	0,31	0,03	0	0,27	0,02	0
28-fev-97	223	23,1	23,4	23,1	27,3	4,3	0,010	0,010	-	-	-	-	-	-	-	-	46,5	3,8	4,2	28,3	0,2	2,6	0,15	0,06	0	0,09	0	0
4-mar-97	227	22,5	22,9	22,9	22,9	7,0	0,023	0,000	92	15	10	13	79	12	8	12	37,6	2,7	3,0	24,5	1,2	1,0	0,29	0,02	0	0,19	0,01	0
5-mar-97	228	24,8	23,1	23,6	23,6	7,4	0,000	0,000	92	15	10	13	79	12	8	12	9,6	1,4	1,6	2,9	0,8	0,1	2,56	0	0	0,77	0	0
6-mar-97	229	24,5	23,8	23,7	23,8	9,3	0,050	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-mar-97	230	24,7	24,6	24,1	24,0	10,5	0,040	0,000	138	16	10	20	114	13	8	16	50,9	1,3	1,4	44,6	-0,5	-0,3	0,24	-0,1	0	0,21	0,03	0

Data	Oper. (dias)	TDH (horas)			Q (L/h)			CHV (m ³ /m ³ .dia)			DQO Total(mg/L)				Efic. Rem. DQOt(%)			COV (kgDQOt/m ³ .d)			DQOf (mg/L)				Efic. DQOf(%)		
		UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
10-mar-97	233	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-mar-97	234	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	541	143	82	141	74	85	74	3	1,14	1,14	322	92	69	83	71	79	74
12-mar-97	235	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	116	50	54	40	57	54	66	1	0,40	0,40	101	40	9	31	60	91	69
13-mar-97	236	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	1048	95	57	91	91	95	91	6	0,76	0,76	208	43	43	40	79	79	81
14-mar-97	237	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-mar-97	240	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-mar-97	241	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	337	99	185	75	71	45	78	2	0,79	0,79	192	80	45	74	58	77	62
19-mar-97	242	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	523	138	96	76	74	82	85	3	1,10	1,10	285	67	85	57	77	70	80
20-mar-97	243	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-mar-97	244	4	3	3	100,0	20,8	23,2	6,0	8,0	8,0	423	83	73	38	80	83	91	3	0,66	0,67	260	66	56	9	75	79	97
25-mar-97	248	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	502	154	88	109	69	82	78	3	1,84	1,85	215	82	72	60	62	67	72
26-mar-97	249	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	505	80	59	79	84	88	84	3	0,96	0,96	147	42	21	27	71	86	82
31-mar-97	254	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-abr-97	255	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	452	211	66	53	53	86	88	3	2,52	2,53	123	26	25	5	79	80	96
2-abr-97	256	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	439	85	44	40	81	90	91	3	1,02	1,02	243	46	28	39	81	88	84
3-abr-97	257	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	736	94	44	40	87	94	95	4	1,13	1,13	126	25	18	18	81	85	85
4-abr-97	258	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-abr-97	261	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8-abr-97	262	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	286	99	29	95	65	90	67	2	1,19	1,19	90	51	5	30	43	95	67
10/Abr	264	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	352	95	122	163	73	65	54	2	1,14	1,14	88	42	67	57	53	23	35
11-abr-97	265	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	481	55	39	78	88	92	84	3	0,66	0,67	187	59	22	3	69	88	98
14-abr-97	268	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-abr-97	269	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	757	111	95	88	85	87	88	5	1,33	1,33	272	79	56	52	71	79	81
16-abr-97	270	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-abr-97	271	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-abr-97	272	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	693	110	80	68	84	88	90	4	1,32	1,32	253	60	60	31	76	76	88
22-abr-97	276	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	342	84	38	143	75	89	58	2	1,01	1,01	43	22	21	13	48	50	70
23-abr-97	277	4	2	2	100,0	31,2	34,8	6,0	12,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24-abr-97	278	4	2	2	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	1933	292	107	254	85	94	87	12	4,68	4,67	226	88	78	95	61	65	58
25-abr-97	279	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	620	115	92	87	82	85	86	4	1,84	1,83	281	68	76	63	76	73	77
28-abr-97	282	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29-abr-97	280	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	490	139	234	120	72	52	76	3	2,22	2,22	127	60	93	117	53	27	8
29-abr-97	281	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Data	Oper. (dias)	COV(kgDQOf/m ³ .d)			DBO Total (mg/L)				Efic. Rem. DBOt(%)			COV(kgDBOt/m ³ .d)			DBOf (mg/L)				Efic. Rem. DBOf (%)			COV(kgDBOf/m ³ .d)			pH							
		UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD				
10-mar-97	233	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,4	6,3	6,4
11-mar-97	234	1,9	0,73	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,8	6,2	6,3	6,0
12-mar-97	235	0,6	0,32	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13-mar-97	236	1,2	0,34	0,34	193	36	14	23	81	88	88	1,2	0,3	0,1	107	16	13	15	85	88	86	0,6	0,1	0,1	6,3	6,2	6,4	6,2	6,3	6,2	6,4	
14-mar-97	237	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	6,4	6,2	6,4	
17-mar-97	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,7	6,3	6,5	
18-mar-97	241	1,2	0,64	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,7	6,7	6,6	
19-mar-97	242	1,7	0,53	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,7	6,4	6,7	
20-mar-97	243	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,8	6,7	6,6	
21-mar-97	244	1,6	0,53	0,53	238	57	24	51	76	78	78	1,4	0,5	0,2	94	20	17	38	78	82	59	0,6	0,2	0,2	6,2	6,4	6,6	6,5	6,4	6,3	6,6	
25-mar-97	248	1,3	0,98	0,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,3	6,6	6,4	
26-mar-97	249	0,9	0,50	0,51	147	33	22	24	78	84	84	0,9	0,4	0,3	122	9	5	13	93	96	89	0,7	0,1	0,1	6,4	6,7	6,7	6,6	6,8	6,7	6,6	
31-mar-97	254	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	7,0	6,8	6,8	
1-abr-97	255	0,7	0,31	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,7	7	6,8	
2-abr-97	256	1,5	0,55	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	6,8	6,9	6,6	
3-abr-97	257	0,8	0,29	0,29	222	39	16	30	83	86	86	1,3	0,5	0,2	97	13	13	11	86	87	89	0,6	0,2	0,2	6,8	6,7	6,8	6,7	6,8	6,7	6,6	
4-abr-97	258	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,8	6,7	6,6	
7-abr-97	261	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,6	6,5	6,9	
8-abr-97	262	0,5	0,61	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	6,7	6,5	6,7	
10-abr-97	264	0,5	0,50	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,7	7	6,7	
11-abr-97	265	1,1	0,70	0,71	147	52	18	34	65	77	77	0,9	0,6	0,2	116	16	7	8	86	94	93	0,7	0,2	0,2	6,5	6,7	6,8	6,8	6,8	6,7	6,6	
14-abr-97	268	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	6,9	6,6	6,6	
15-abr-97	269	1,6	0,95	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,9	6,9	7,1	
16-abr-97	270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,8	7,2	7,1	
17-abr-97	271	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,6	6,6	6,5	
18-abr-97	272	1,5	0,72	0,72	179	43	31	64	76	83	64	1,1	0,5	0,4	68	20	15	18	71	77	74	0,4	0,2	0,2	6,7	6,8	6,9	6,8	6,9	6,8	6,9	
22-abr-97	276	0,3	0,27	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,5	6,5	6,9	
23-abr-97	277	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,6	6,9	7,0	
24-abr-97	278	1,4	1,40	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,6	6,7	6,5	
25-abr-97	279	1,7	1,08	1,08	199	51	52	56	74	74	72	1,2	0,8	0,8	112	32	21	26	71	81	77	0,7	0,5	0,5	6,8	7,3	7	7,0	6,8	6,7	7,0	
28-abr-97	282	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,4	6,5	6,8	
29-abr-97	280	0,8	0,96	0,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,9	6,8	7,0	
29-abr-97	281	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Data	Oper. (dias)	Temperatura (°C)				Gas (L/h)			SS (mg/L)				SSV (mg/L)				Carga Aplic (gDQO/h)			Carga Rem.(gDQO/h)			LBiogás/gDQO/rem.			L.Biog/gDQOapl		
		Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
10-mar-97	233	25,8	24,8	24,9	25,1	8,3	0,150	0,016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-mar-97	234	24,2	23,9	23,9	23,4	5,1	0,040	0,140	89	41	12	26	79	29	9	21	54,1	3,0	3,3	39,9	1,3	0,0	0,13	0,03	3,55	0,09	0,01	0,04
12-mar-97	235	-	-	-	-	-	-	-	231	14	11	8	205	10	3	6	11,6	1,0	1,2	6,7	-0,1	0,2	-	-	-	-	-	-
13-mar-97	236	23,8	24,5	24,4	24,3	6,6	0,060	0,140	96	26	9	26	85	22	8	0	104,8	2,0	2,2	95,2	0,8	0,1	0,07	0,08	1,28	0,06	0,03	0,06
14-mar-97	237	23,1	23,0	22,1	23,5	4,5	0,030	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-mar-97	240	25,6	25,7	25	25,1	5,7	0,120	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-mar-97	241	23,5	24,6	24,6	24,6	7,1	0,030	0,030	57	23	24	18	48	19	20	17	33,7	2,1	2,3	23,9	-1,8	0,5	0,3	-0	0,06	0,21	0,01	0,01
19-mar-97	242	24,0	23,1	22,9	23,1	5,9	0,040	0,000	105	20	7	16	92	20	7	14	52,3	2,9	3,2	38,6	0,9	1,4	0,15	0,05	0	0,11	0,01	0
20-mar-97	243	24,5	23,8	23,8	23,7	9,9	0,010	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-mar-97	244	23,0	23,3	23	22,9	10,0	0,020	0,010	88	17	9	21	77	16	8	16	42,3	1,7	1,9	34,0	0,2	1,0	0,29	0,1	0,01	0,24	0,01	0,01
25-mar-97	248	24,8	24,4	24,3	24,5	9,3	0,040	0,010	98	23	11	26	87	18	8	19	50,2	4,8	5,3	34,8	2,0	1,6	0,27	0,02	0,01	0,19	0,01	0
26-mar-97	249	25,0	23,9	24	24,1	12,5	0,060	0,001	108	22	12	26	82	15	1	17	50,5	2,5	2,8	42,5	0,7	0,0	0,29	0,09	0,02	0,25	0,02	0
31-mar-97	254	23,1	23,0	22,7	22,9	9,2	0,050	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-abr-97	255	24,8	24,8	25,1	24,8	8,1	0,040	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	45,2	6,6	7,3	24,2	4,5	5,5	0,34	0,01	0	0,18	0,01	0
2-abr-97	256	23,9	23,6	23,6	23,5	7,9	0,000	0,010	196	10	8	19	94	10	7	16	43,9	2,6	3,0	35,5	1,3	1,6	0,22	0	0,01	0,18	0	0
3-abr-97	257	25,7	24,4	23,8	23,8	9,1	0,060	0,000	120	21	15	11	95	16	13	9	73,6	2,9	3,3	64,1	1,6	1,9	0,14	0,04	-	0,12	0,02	0
4-abr-97	258	25,5	24,0	23,7	23,8	10,3	0,050	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-abr-97	261	25,6	25,6	25,6	26,0	16,5	0,050	0,060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8-abr-97	262	24,7	23,3	23,7	24,0	9,6	0,080	0,050	76	18	34	57	71	14	30	41	28,6	3,1	3,5	18,7	2,2	0,2	0,51	0,04	0,32	0,34	0,03	0,01
10/Abr	264	22,2	22,3	21,6	21,9	12,9	0,180	0,000	280	19	24	64	194	18	19	46	35,2	3,0	3,3	25,6	-0,8	-2,3	0,5	0	-	0,37	0,06	0
11-abr-97	265	22,1	21,7	20,8	21,3	13,8	0,130	0,000	28	35	25	48	24	16	23	37	48,1	1,7	1,9	42,6	0,5	-0,8	0,32	0,26	-	0,29	0,08	0
14-abr-97	268	25,0	23,9	23,7	23,1	12,9	0,150	0,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-abr-97	269	24,0	25,0	23,4	23,9	11,9	0,210	0,000	350	21	16	41	304	18	16	35	75,7	3,5	3,9	64,6	0,5	0,8	0,18	0,41	-	0,16	0,06	0
16-abr-97	270	23,6	23,2	23	23,1	9,9	0,180	0,130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-abr-97	271	23,1	22,7	22,6	22,5	9,4	0,230	0,030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18-abr-97	272	22,9	22,3	21,8	21,9	8,1	0,370	0,040	194	34	17	76	170	31	17	59	69,3	3,4	3,8	58,3	0,9	1,5	0,14	0,4	0,03	0,12	0,11	0,01
22-abr-97	276	23,1	22,0	22	20,9	8,2	0,200	0,040	150	55	40	239	135	48	33	173	34,2	2,6	2,9	25,8	1,4	-2,1	0,32	0,14	-	0,24	0,08	0,01
23-abr-97	277	23,4	23,0	22,9	23,5	12,1	0,600	0,010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24-abr-97	278	22,2	21,9	21,6	21,6	7,4	0,150	0,000	140	47	18	55	114	39	17	43	193,3	12,2	13,5	164,1	7,7	1,8	0,05	0,02	-	0,04	0,01	0
25-abr-97	279	24,1	23,9	23,4	23,4	7,3	0,190	0,015	69	31	20	45	56	29	20	34	62,0	4,8	5,3	50,5	0,9	1,3	0,14	0,2	0,01	0,12	0,04	0
28-abr-97	282	24,5	24,6	24,5	24,5	6,4	0,160	0,014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29-abr-97	280	22,3	22,1	22	21,8	7,6	0,100	0,014	46	16	23	18	43	16	23	18	49,0	5,8	6,4	35,1	-4,0	0,9	0,22	-	0,02	0,16	0,02	0

Data	Operaç. (dias)	TDH (horas)			Q (L/h)			CHV (m ³ /m ³ .dia)			DQO Total(mg/L)				Efic. Rem. DQOt (%)			COV (kgDQOt/m ³ .d)			DQOf (mg/L)				Efic. DQOf (%)		
		UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
2-mai-97	283	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	849	143	75	136	83	91	84	5	2,29	2,29	328	58	65	51	82	80	84
5-mai-97	289	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-mai-97	287	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	564	125	141	127	78	75	78	3	2,00	2,00	173	24	72	88	86	58	49
7-mai-97	291	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8-mai-97	292	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	455	102	110	120	78	76	74	3	1,63	1,63	220	73	102	33	67	54	85
9-mai-97	293	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	456	193	100	93	58	78	80	3	3,09	3,09	329	56	69	69	83	79	79
13-mai-97	297	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	696	173	81	148	75	88	79	4	2,77	2,77	369	87	59	109	76	84	70
14-mai-97	298	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-mai-97	299	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-mai-97	304	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	849	143	75	136	83	91	84	5	2,29	2,29	328	58	65	51	82	80	84
21-mai-97	305	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	1099	139	154	143	87	86	87	7	2,23	2,22	374	92	79	67	75	79	82
22-mai-97	306	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-mai-97	307	4	1,5	1,5	100,0	41,7	46,3	6,0	16,0	16,0	426	108	78	x	75	82	x	3	1,73	1,73	247	43	61	x	83	75	-
25-mai-97	309	4	1,5	1,5	100,0	62,5	46,3	6,0	24,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27-mai-97	311	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28-mai-97	312	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	453	90	96	x	80	79	x	3	2,16	-	246	63	12	x	74	95	-
2-jun-97	317	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-jun-97	318	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	694	254	136	x	63	80	x	4	6,10	-	409	62	79	x	85	81	-
4-jun-97	319	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-jun-97	320	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	2200	244	171	x	89	92	x	13	5,86	-	303	24	51	x	92	83	-
6-jun-97	321	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	1012	202	171	x	80	83	x	6	4,85	-	578	84	92	x	85	84	-
10-jun-97	325	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	1253	140	125	x	89	90	x	8	3,36	-	277	63	123	x	77	56	-
11-jun-97	326	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	946	400	94	x	58	90	x	6	9,60	-	279	151	65	x	46	77	-
12-jun-97	327	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-jun-97	328	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	357	242	127	x	32	64	x	2	5,81	-	115	56	97	x	51	16	-
16-jun-97	331	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-jun-97	332	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	444	142	108	x	68	76	x	3	3,41	-	309	37	16	x	88	95	-
18-jun-97	333	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-jun-97	334	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-jun-97	335	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	474	169	32	x	64	93	x	3	4,06	-	116	37	20	x	68	83	-
23-jun-97	338	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24-jun-97	339	4	1	-	100,0	62,5	-	6,0	24,0	-	674	548	118	x	19	82	x	4	-	-	307	37	12	x	88	96	-

Data	Oper. (dias)	COV(kgDQOf/m ³ .d)			DBO Total(mg/L)				Efic. Rem. DBOt(%)			COV(kgDBOt/m ³ .d)			DBof (mg/L)				Efic. Rem. DBof(%)			COV(kgDBof/m ³ .d)			pH				
		UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	
2-mai-97	283	2,0	0,93	0,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	6,5	6,9	6,5
5-mai-97	289	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,6	6,6	6,5
6-mai-97	287	1,0	0,38	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,5	6,3	6,4
7-mai-97	291	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	7,0	6,9	6,9
8-mai-97	292	1,3	1,17	1,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,6	6,5	6,7
9-mai-97	293	2,0	0,90	0,90	180	55	14	12	69	92	93	1,1	0,9	0,2	79	5	1	2	94	99	97	0,5	0,1	0,1	6,5	6,8	6,8	6,8	
13-mai-97	297	2,2	1,39	1,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,7	6,8	6,8
14-mai-97	298	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,4	6,7	6,4
15-mai-97	299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,7	6,9	6,8
20-mai-97	304	2,0	0,93	0,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	6,6	6,9	6,7
21-mai-97	305	2,2	1,47	1,47	328	39	16	16	88	95	95	2,0	0,6	0,3	92	21	9	16	77	90	83	0,6	0,3	0,3	-	-	-	-	
22-mai-97	306	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,7	7	6,9
23-mai-97	307	1,5	0,69	0,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25-mai-97	309	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,4	6,6	-
27-mai-97	311	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,9	6,7	-
28-mai-97	312	1,5	1,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,6	6,5	-
2-jun-97	317	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,6	6,6	-
3-jun-97	318	2,5	1,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	7,0	7,2	-
4-jun-97	319	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,9	6,9	-
5-jun-97	320	1,8	0,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	6,7	6,8	-
6-jun-97	321	3,5	2,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10-jun-97	325	1,7	1,51	-	274	60	93	x	78	66	x	1,6	1,4	-	152	24	26	x	84	83	-	0,9	0,6	-	-	-	-	-	-
11-jun-97	326	1,7	3,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,5	6,7	-
12-jun-97	327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,8	6,5	-
13-jun-97	328	0,7	1,34	-	240	95	53	x	60	78	x	1,4	2,3	-	127	9	13	x	93	90	x	0,8	0,2	-	6,6	6,4	6,7	-	
16-jun-97	331	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,4	6,9	-
17-jun-97	332	1,9	0,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4	6,8	6,8	-
18-jun-97	333	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	6,6	6,7	-
19-jun-97	334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,3	6,7	6,7	-
20-jun-97	335	0,7	0,89	-	214	125	32	x	42	85	x	1,3	3,0	-	12	2	1	x	83	92	x	0,1	0,05	-	6,5	6,8	6,8	-	
23-jun-97	338	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	6,7	6,7	-
24-jun-97	339	1,8	0,89	-	204	108	59	x	47	71	x	1,2	2,6	-	125	17	18	x	86	86	x	0,8	0,4	-	6,4	6,5	6,8	-	

Data	Oper. (dias)	Temperatura (°C)				Gas (L/h)			SS (mg/L)				SSV (mg/L)				Carga Aplic (gDQO/h)			Carga Rem.(gDQO/h)			L Biogás/gDQOt			L.Biog/gDQOapl.		
		Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	Afl.	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD	UASB	FA	FD
2-mai-97	283	24,4	23,3	23,5	23,2	9,8	0,170	0,014	250	39	16	47	216	33	14	40	84,9	6,0	6,6	70,6	2,9	0,3	0,14	0,06	0,04	0,12	0,03	0
5-mai-97	289	26,0	26,8	26,5	26,4	12,1	0,250	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-mai-97	287	23,2	23,1	21,6	21,6	8,9	0,180	0,010	166	51	29	38	140	26	22	33	56,4	5,2	5,8	43,8	-0,7	-0,1	0,2	-	-	0,16	0,03	0
7-mai-97	291	22,2	20,6	20,8	20,8	10,0	0,280	0,270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8-mai-97	292	21,9	21,6	21,3	21,4	10,4	0,270	0,000	116	33	19	22	102	21	16	19	45,5	4,3	4,7	35,3	-0,3	-0,8	0,29	-	0	0,23	0,06	0
9-mai-97	293	23,1	22,3	22,1	22,4	9,5	0,310	0,500	202	57	26	27	170	45	23	22	45,6	8,0	8,9	26,3	3,9	4,6	0,36	0,08	0,11	0,21	0,04	0,06
13-mai-97	297	23,6	22,4	22,3	22,5	8,6	0,290	0,300	368	69	32	81	312	56	23	63	69,6	7,2	8,0	52,3	3,8	1,2	0,16	0,08	0,26	0,12	0,04	0,04
14-mai-97	298	21,4	20,5	20,3	20,4	8,4	0,100	0,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15-mai-97	299	19,1	18,6	18,6	18,6	10,7	0,340	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-mai-97	304	22,9	21,6	21,6	22,0	10,7	0,140	0,060	-	-	-	-	-	-	-	-	84,9	6,0	6,6	70,6	2,8	0,3	0,15	0,05	0,19	0,13	0,02	0,01
21-mai-97	305	-	-	-	-	-	-	-	552	41	26	30	382	38	23	26	109,9	5,8	6,4	96,0	-0,6	-0,2	-	-	-	-	-	-
22-mai-97	306	21,3	20,1	20,1	20,0	11,7	0,130	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-mai-97	307	-	-	-	-	-	-	-	97	49	28	-	80	39	22	-	42,6	4,5	5,0	31,8	1,3	-	-	-	-	-	-	-
25-mai-97	309	22,5	22,5	22,1	-	8,9	0,440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27-mai-97	311	22,2	20,4	22,4	-	3,2	0,850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28-mai-97	312	23,2	21,3	22,1	-	7,3	0,260	-	145	37	47	-	118	29	37	-	45,3	5,6	-	36,3	-0,4	-	0,2	-	-	0,16	0,05	-
2-jun-97	317	21,0	20,5	20,7	-	5,6	0,090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-jun-97	318	19,0	17,6	17,7	-	8,6	0,120	-	168	586	54	-	138	416	35	-	69,4	15,9	-	44,0	7,4	-	0,2	0,02	-	0,12	0,01	-
4-jun-97	319	19,3	19,1	19,4	-	12,2	0,190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-jun-97	320	20,6	20,1	20	-	8,3	0,310	-	132	72	70	-	116	57	61	-	220,0	15,3	-	195,6	4,6	-	0,04	0,07	-	0,04	0,02	-
6-jun-97	321	-	-	-	-	-	-	-	176	50	43	-	152	45	37	-	101,2	12,6	-	81,0	1,9	-	-	-	-	-	-	-
10-jun-97	325	-	-	-	-	-	-	-	182	63	52	-	156	54	51	-	125,3	8,8	-	111,3	0,9	-	-	-	-	-	-	-
11-jun-97	326	22,3	22,8	22,4	-	9,9	0,340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94,6	25,0	-	54,6	19,1	-	0,18	0,02	-	0,1	0,01	-
12-jun-97	327	18,3	18,2	20,2	-	9,2	0,120	-	198	34	58	-	176	39	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-jun-97	328	22,1	22,2	22	-	8,7	0,140	-	134	65	12	-	124	55	4	-	35,7	15,1	-	11,5	7,2	-	0,76	0,02	-	0,24	0,01	-
16-jun-97	331	18,7	18,6	18,6	-	6,4	0,090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17-jun-97	332	21,0	20,7	20,3	-	10,0	0,120	-	126	54	52	-	68	35	30	-	44,4	8,9	-	30,2	2,1	-	0,33	0,06	-	0,23	0,01	-
18-jun-97	333	24,1	22,2	23	-	10,0	0,240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-jun-97	334	25,0	24,5	23,5	-	10,1	0,210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-jun-97	335	24,2	24,1	20,2	-	9,4	0,230	-	136	70	33	-	121	61	31	-	47,4	10,6	-	30,5	8,6	-	0,31	0,03	-	0,2	0,02	-
23-jun-97	338	24,8	20,3	20,2	-	11,4	0,220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24-jun-97	339	20,0	23,7	20,3	-	11,4	0,440	-	112	60	48	-	94	45	40	-	67,4	34,3	-	12,6	26,9	-	0,9	0,02	-	0,17	0,01	-

9. ANEXO 2

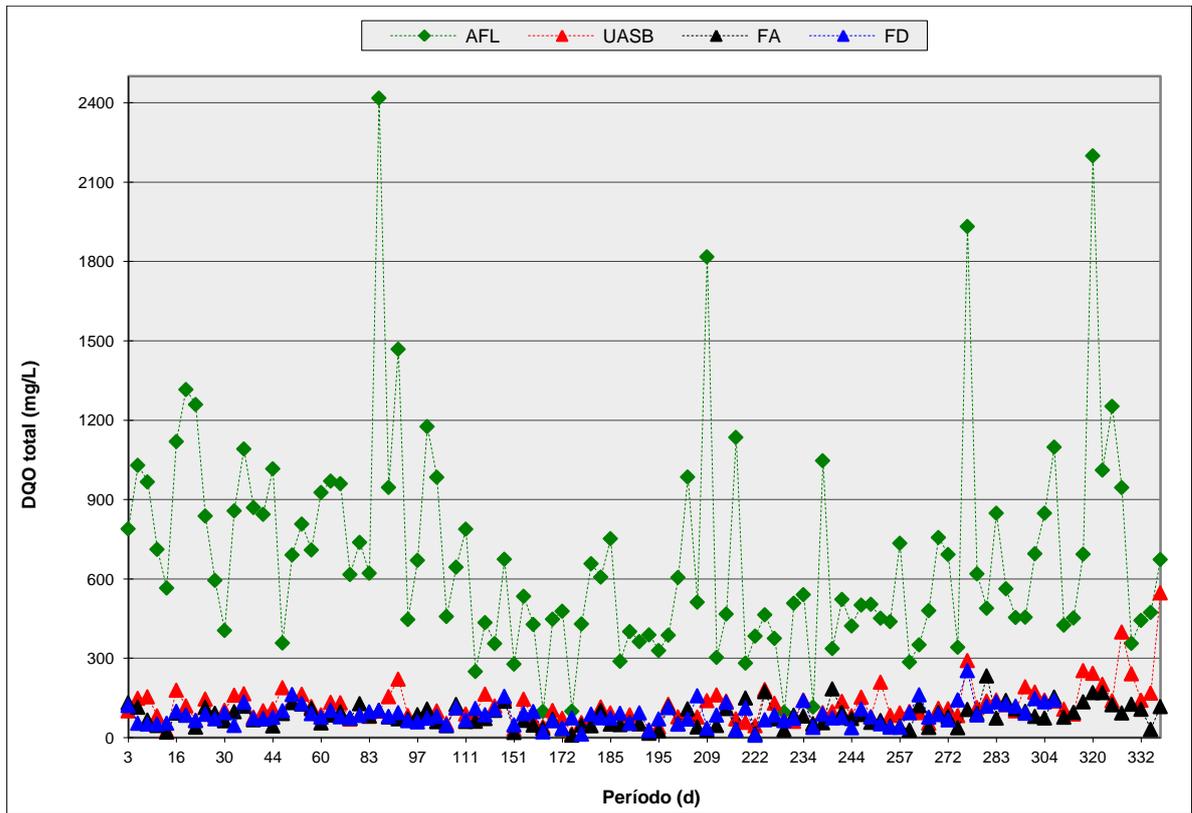


Figura 9.1 - Concentrações de DQO total

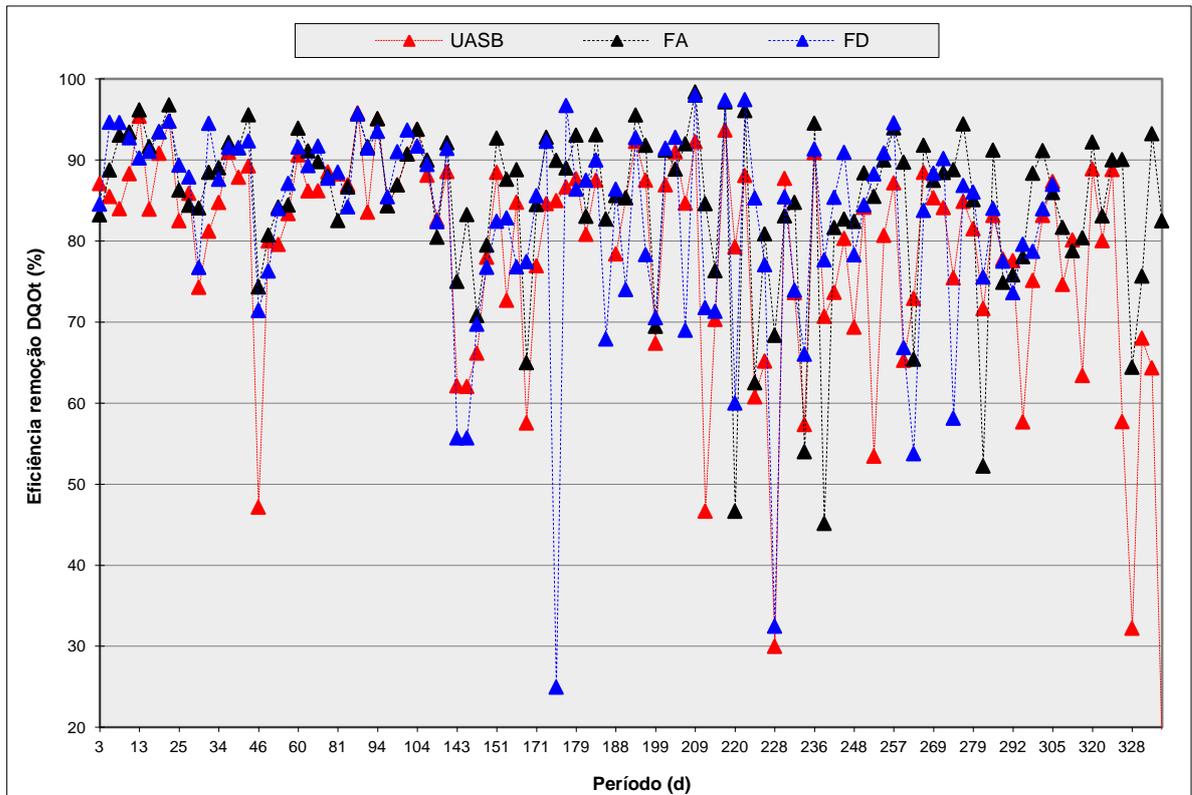


Figura 9.2 - Eficiência de remoção de DQO Total

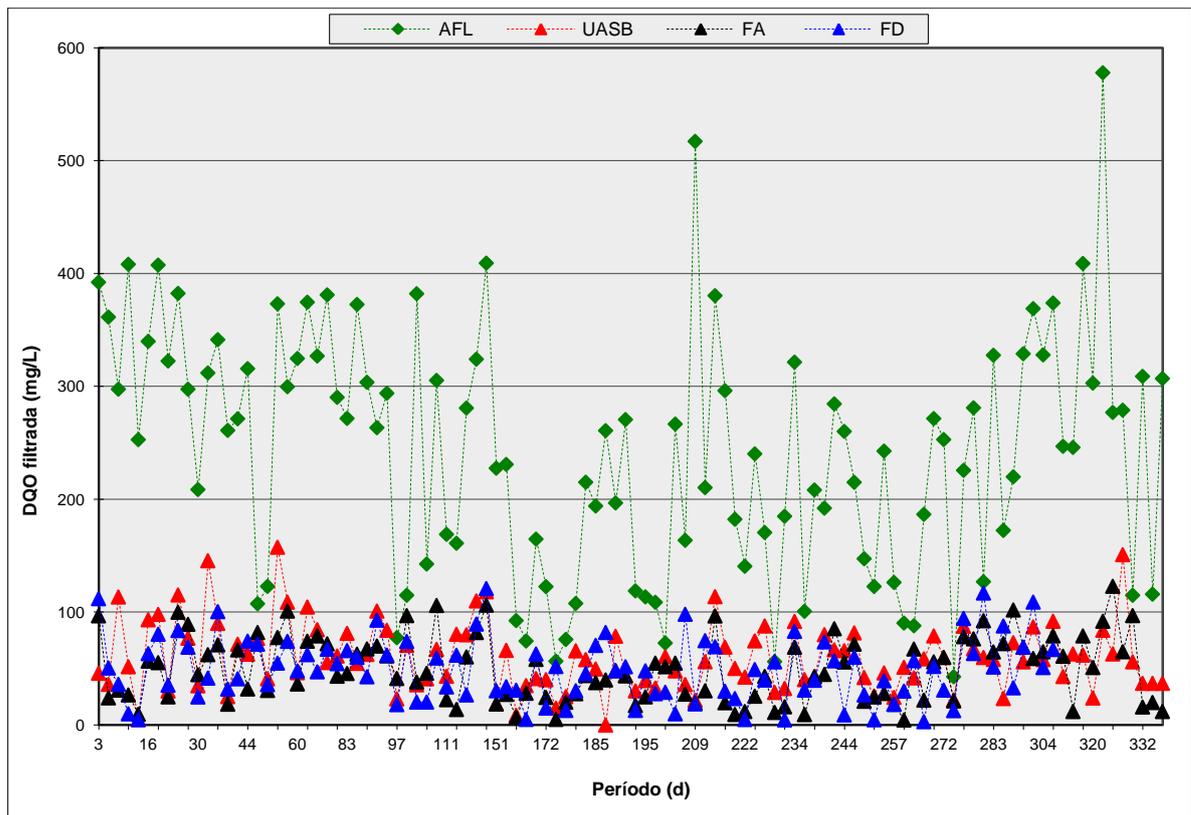


Figura 9.3 - Concentrações de DQO filtrada

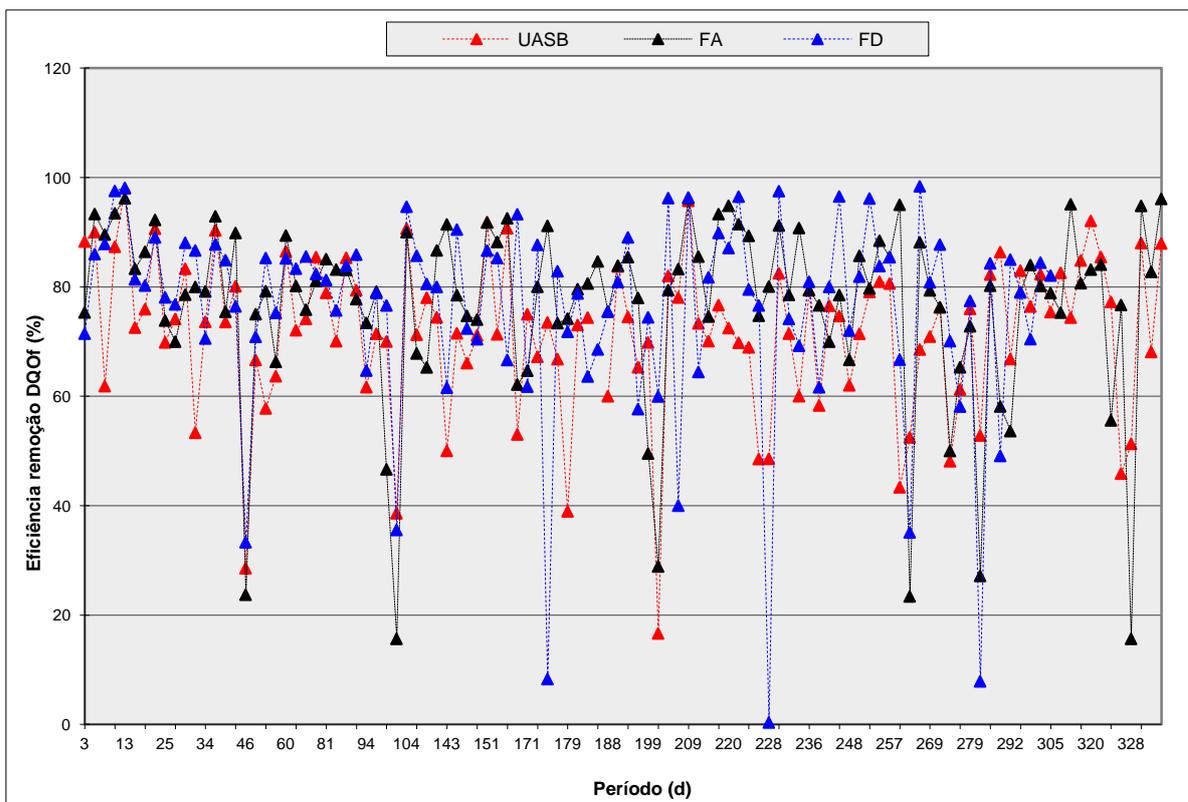


Figura 9.4 - Eficiência de remoção de DQO filtrada

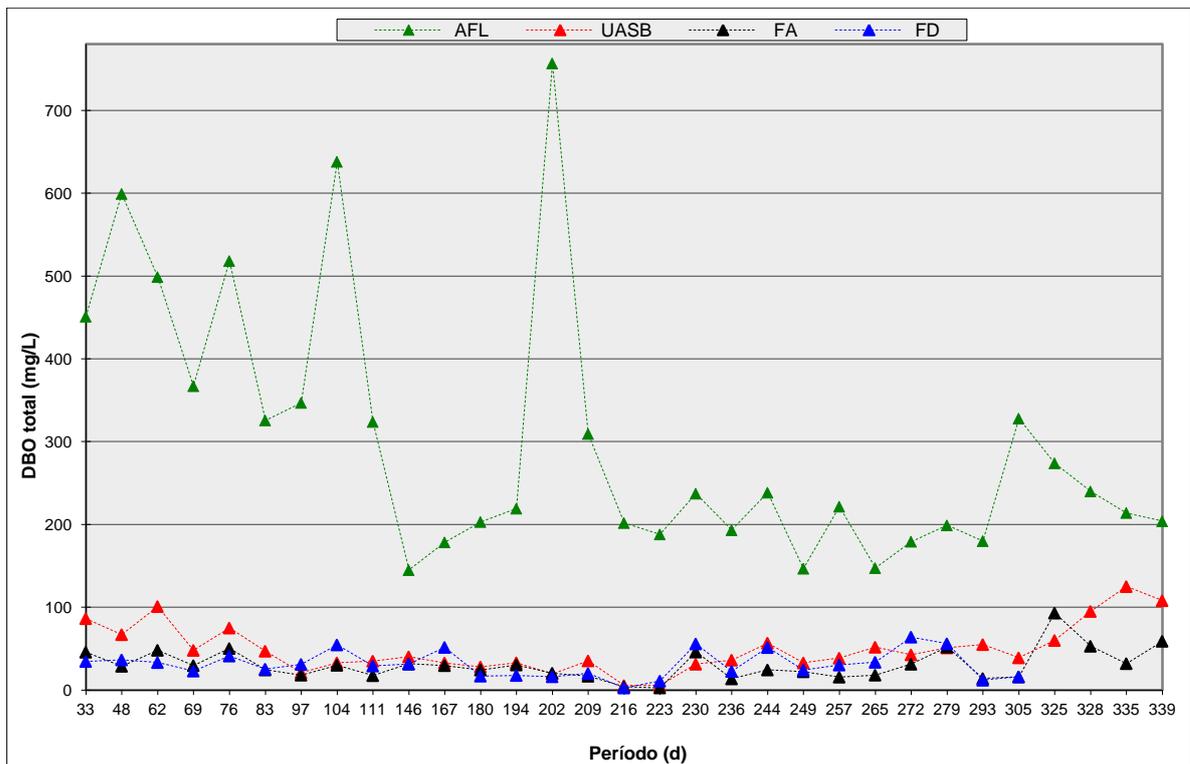


Figura 9.5 - Concentrações de DBO Total

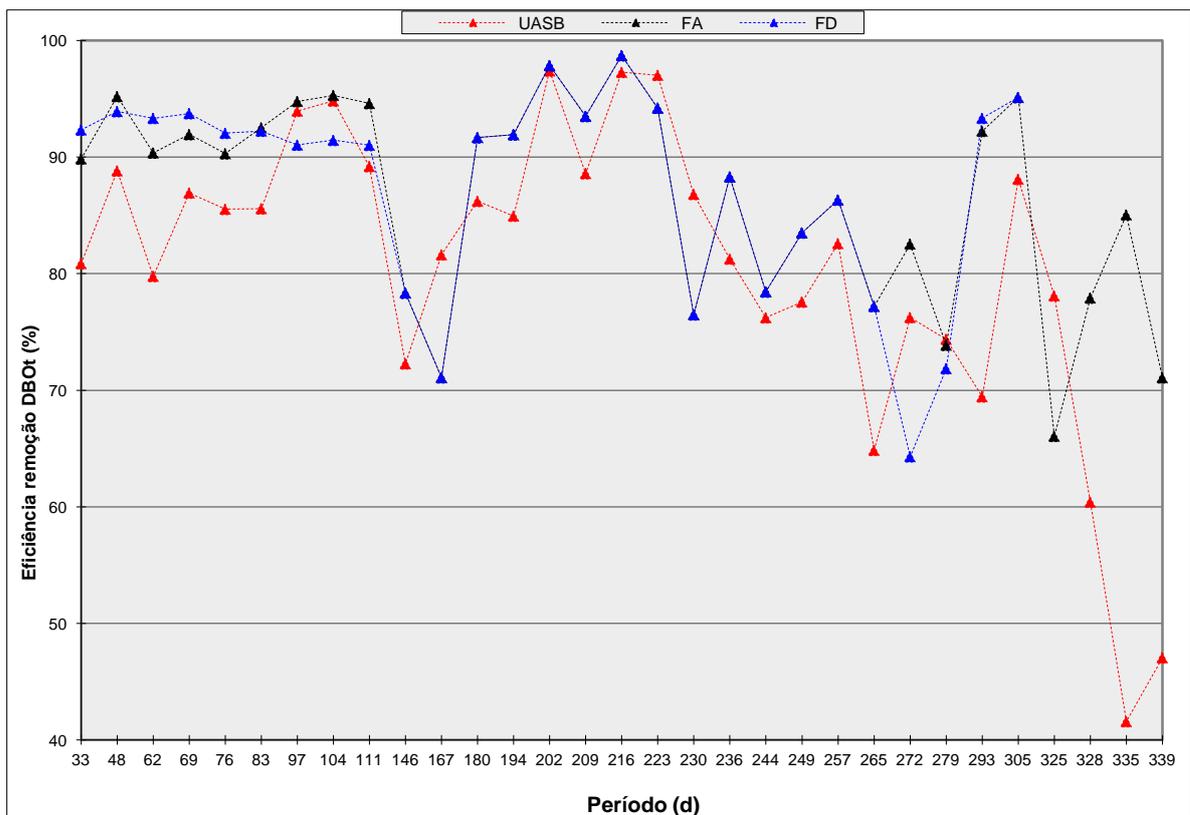


Figura 9.6 - Eficiência de remoção de DBOt

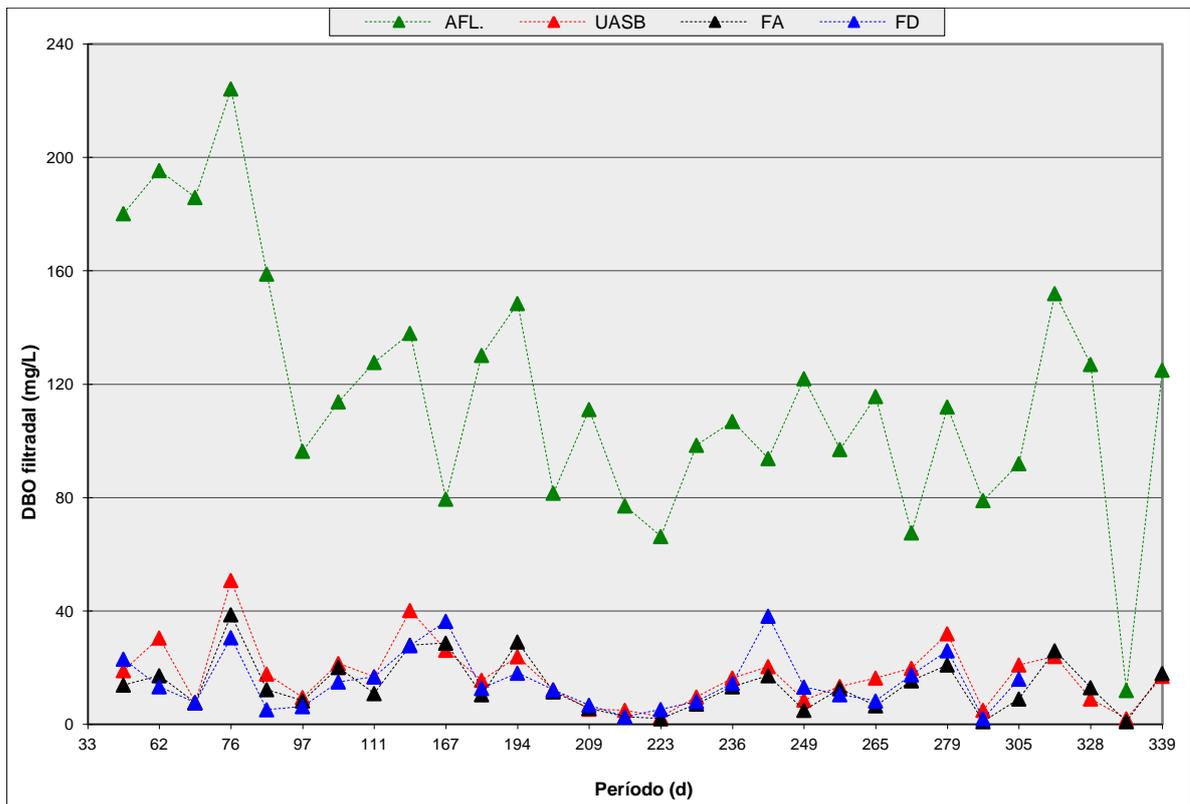


Figura 9.7 - Concentrações de DBO Filtrada

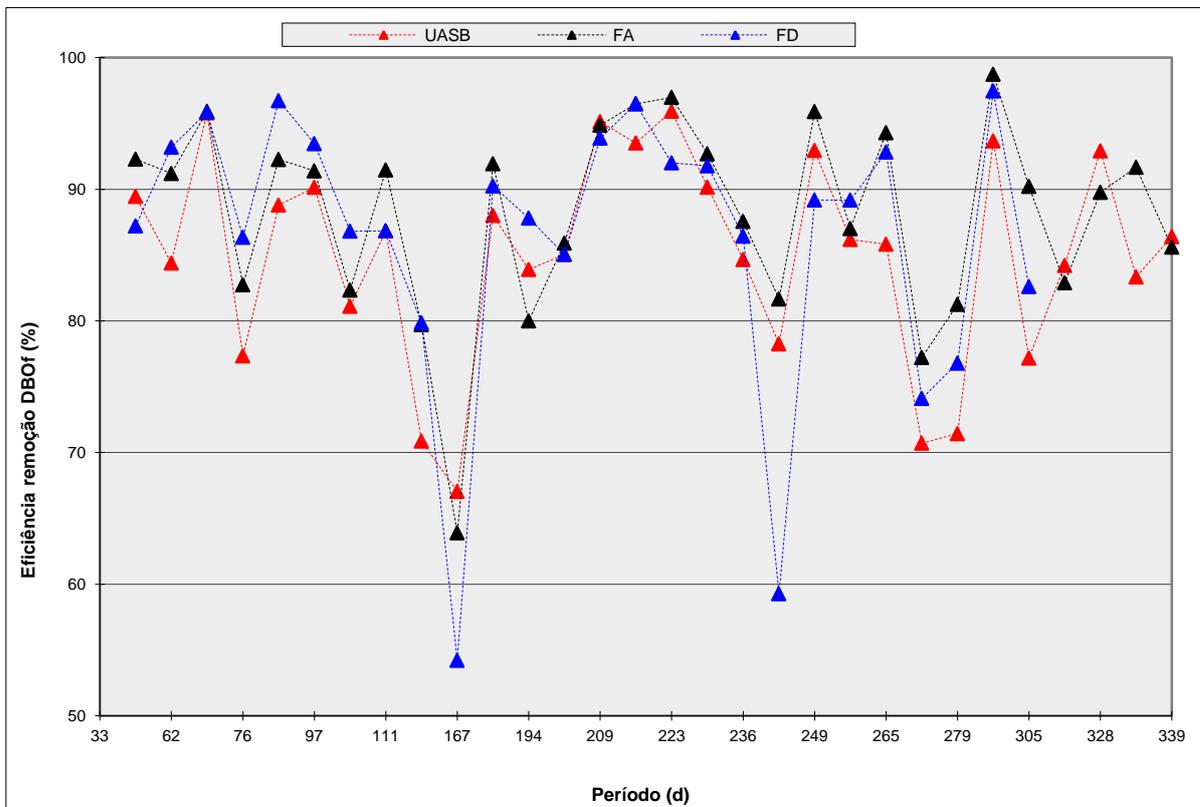


Figura 9.8 - Eficiência de remoção de DBO filtrada

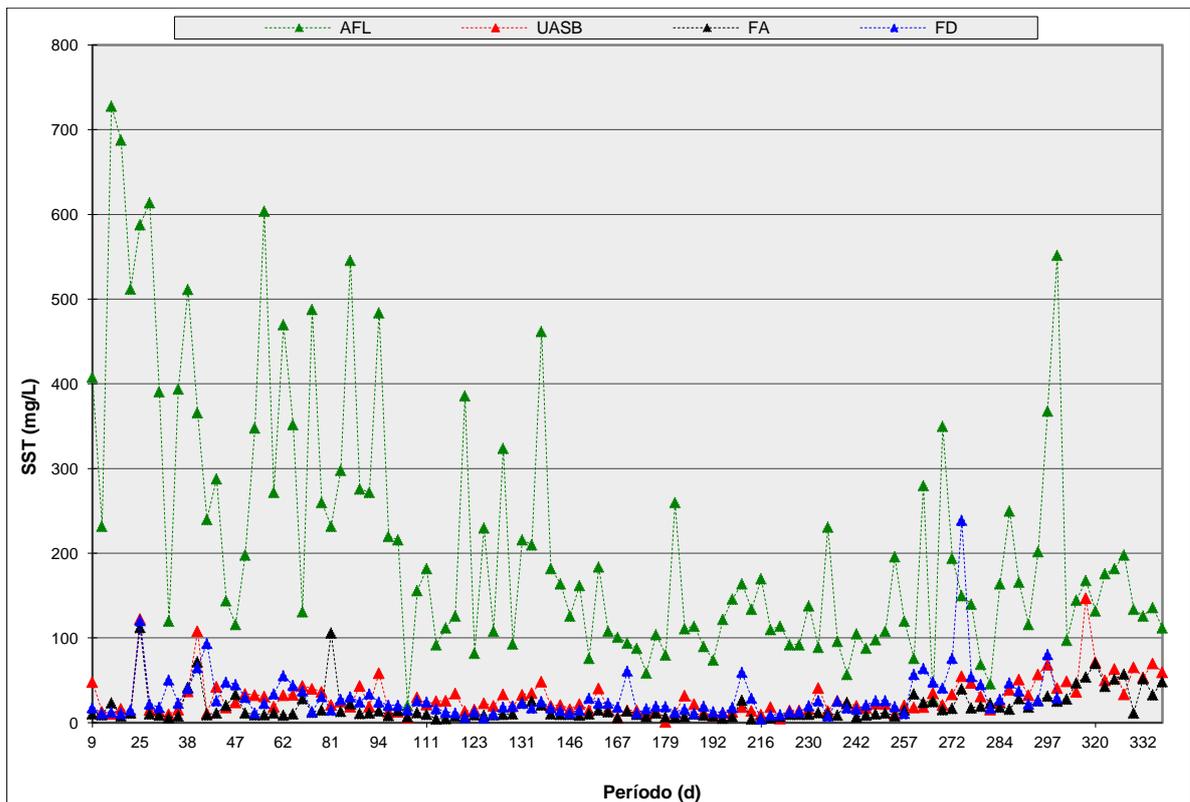


Figura 9.9 - Concentrações de Sólidos Suspensos totais

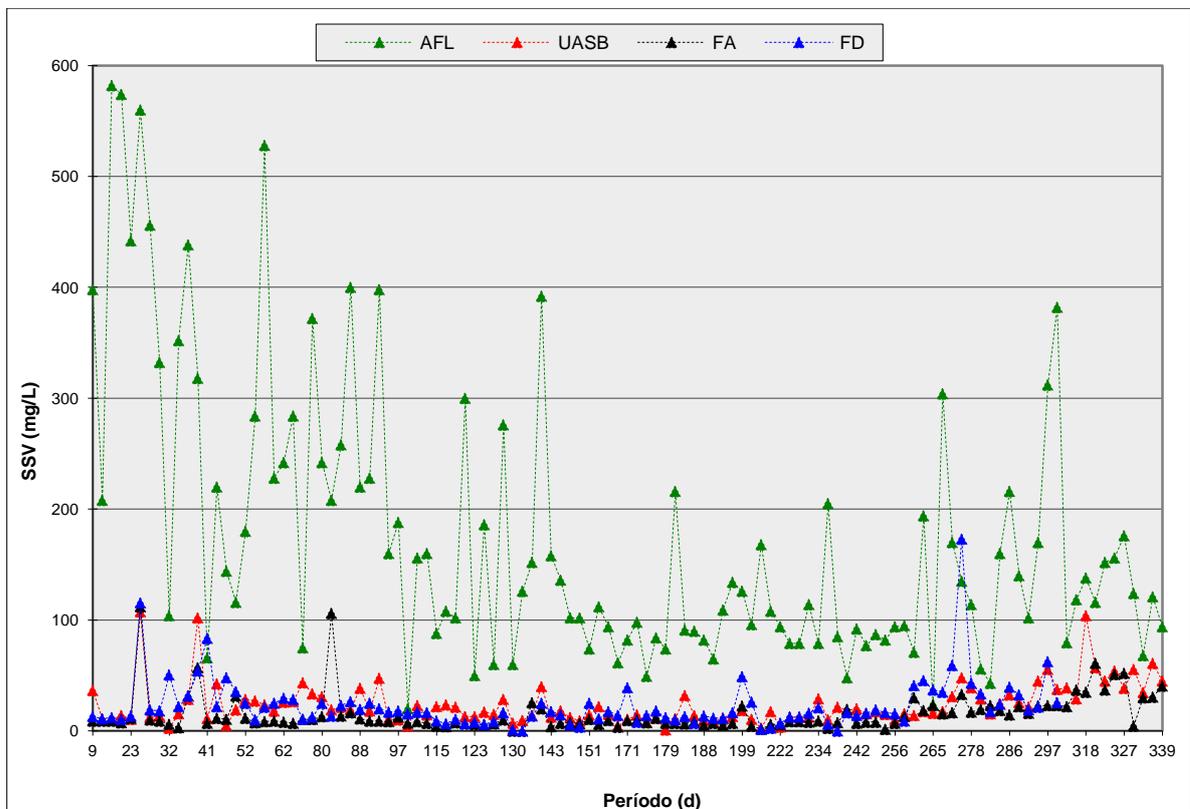


Figura 9.10 - Concentrações de Sólidos Suspensos Voláteis

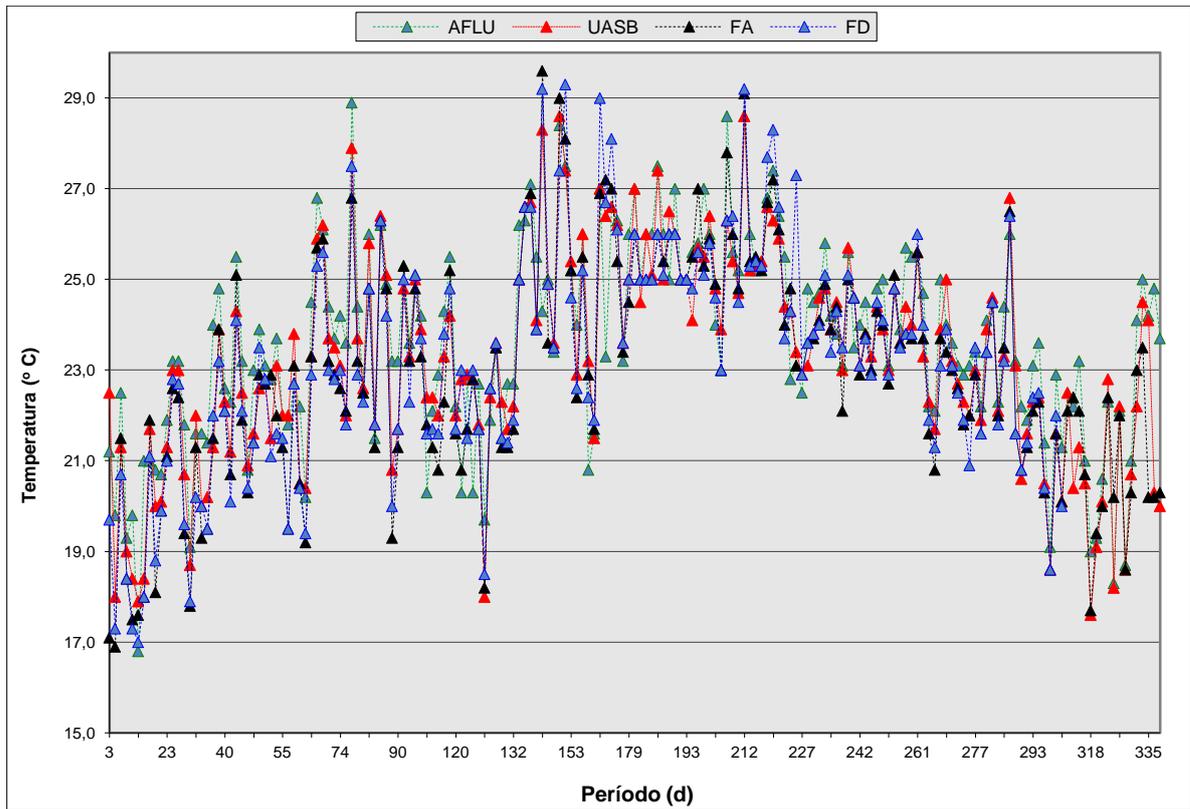


Figura 9.11 - Medidas de Temperatura

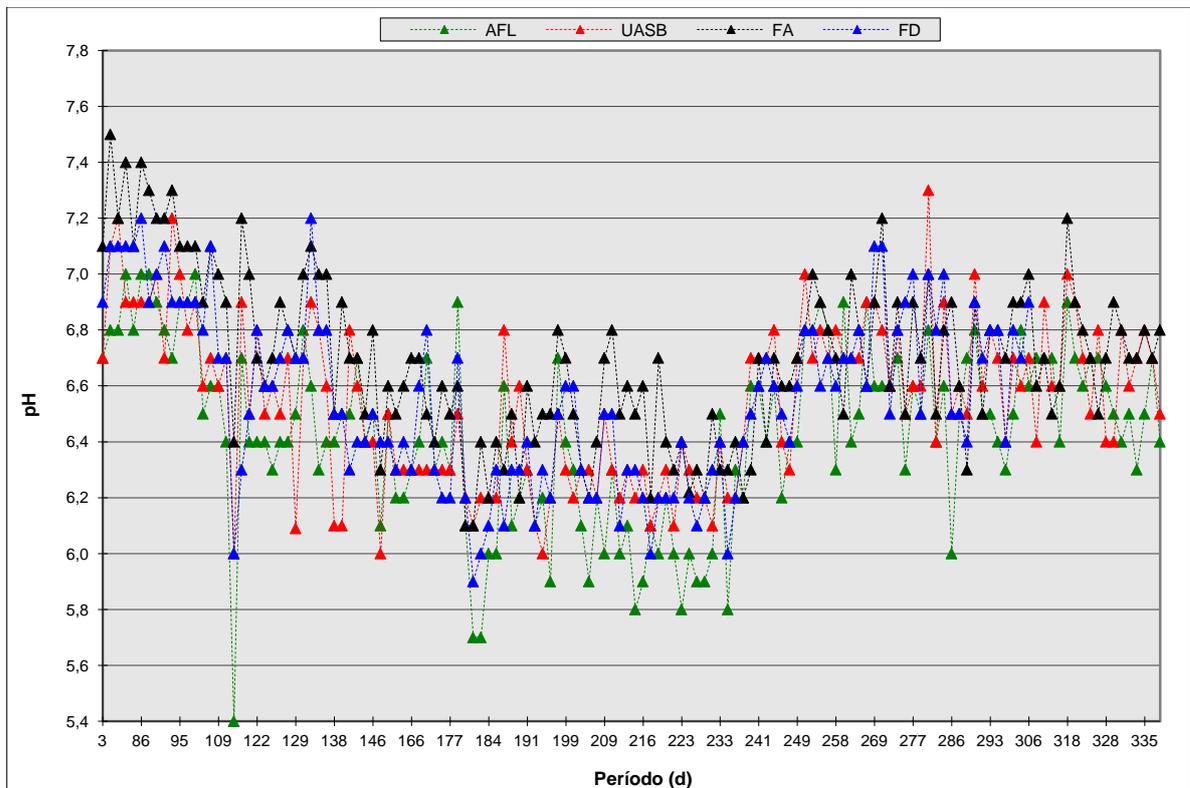


Figura 9.12 - Medidas de pH

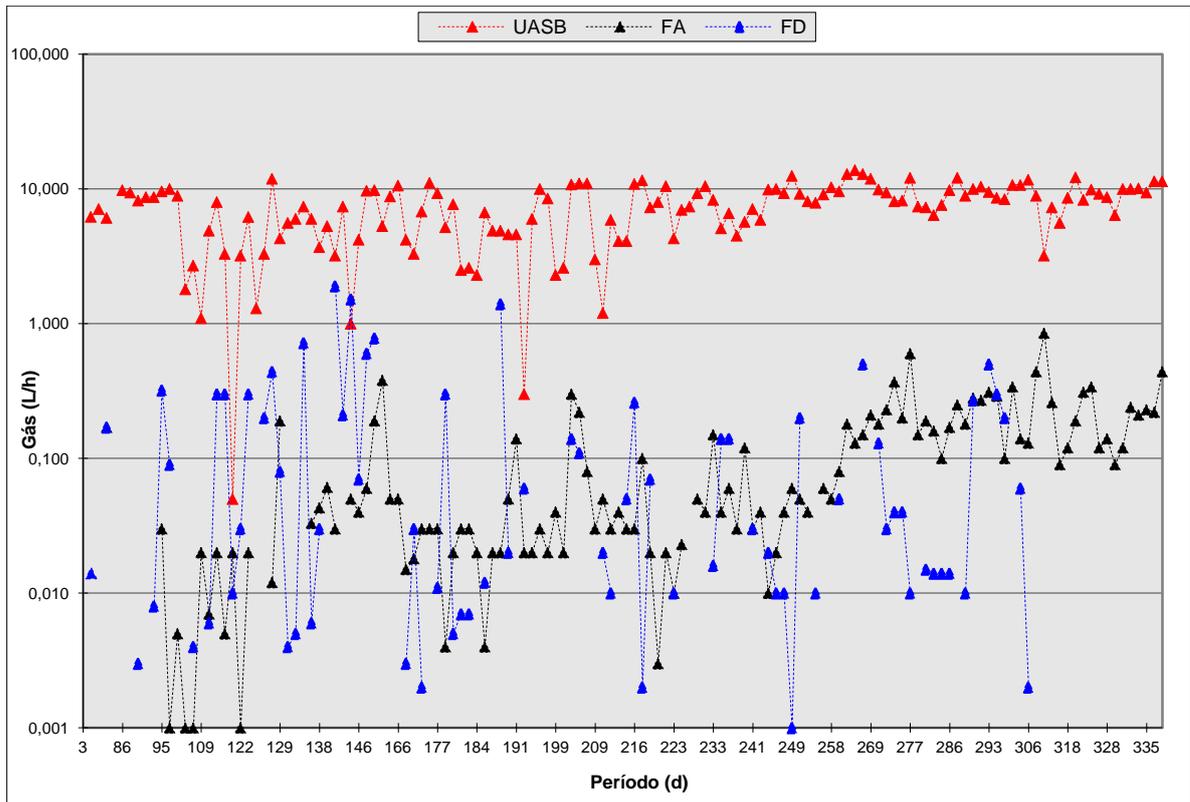


Figura 9.13 - Produção de Biogás

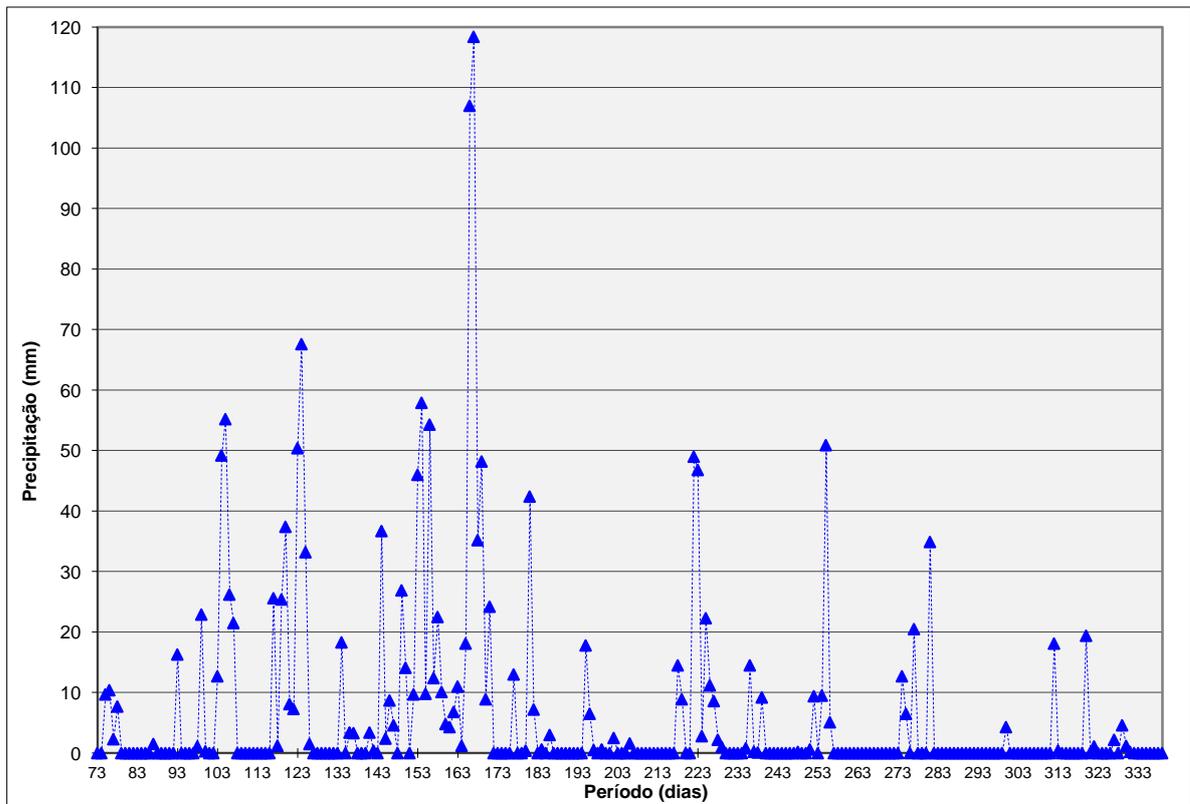


Figura 9.14 - Precipitações diárias - 1996/1997

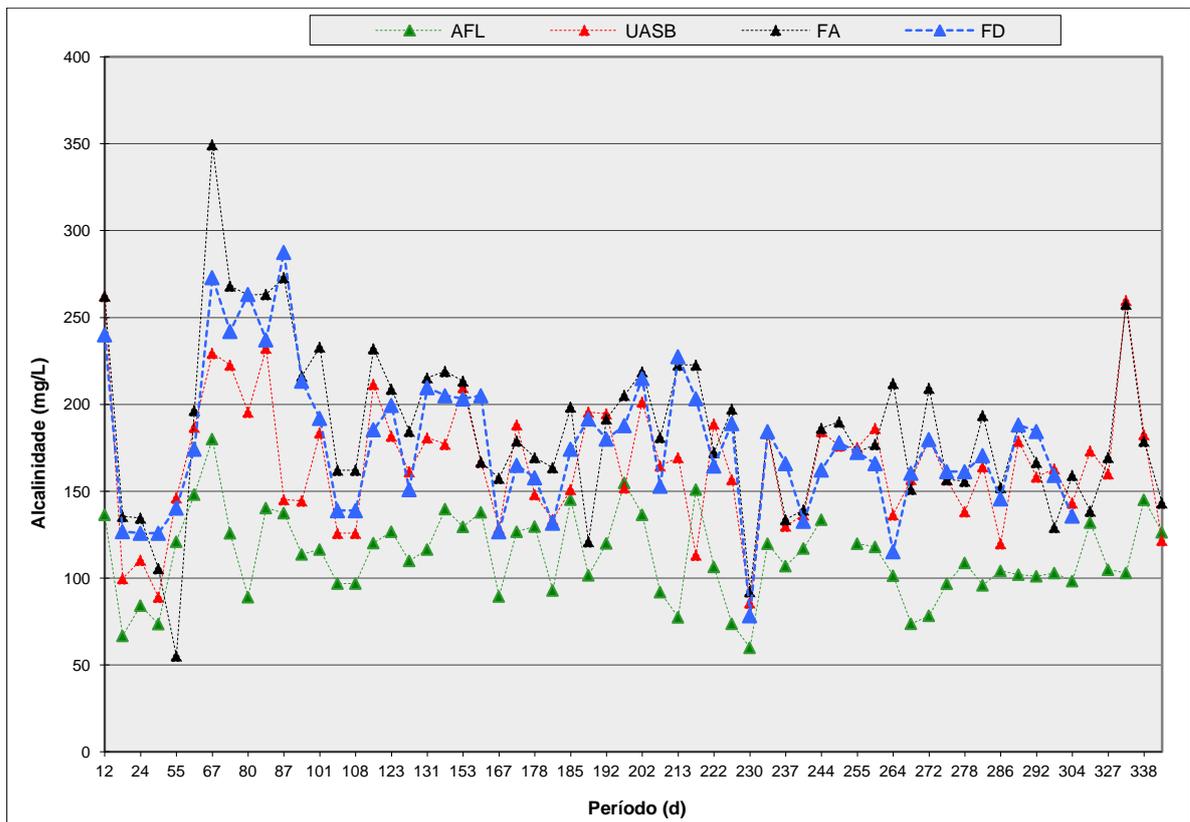


Figura 9.15 - Resultados de Alcalinidade

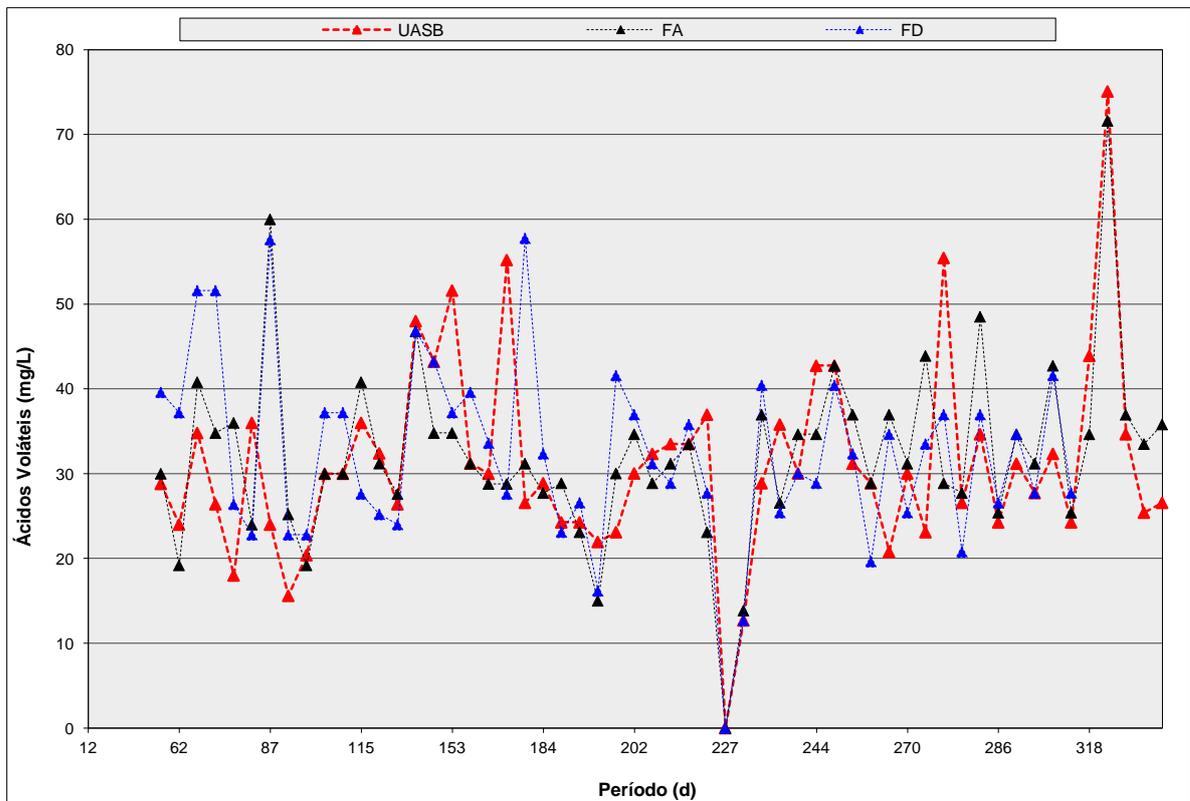


Figura 9.16 - Resultados de Ácidos Voláteis